Agronomía Mesoamericana

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Artículo científico
Volumen 31(2):405-418. Mayo-agosto, 2020
e-ISSN 2215-3608, doi:10.15517/am.v31i2.39647

Riego deficitario controlado su efecto sobre la nutrición, productividad y calidad de fruta en maracuyá[1]

Regulated deficit irrigation and its effect on the nutrition, productivity and quality on passionfruit

Gustavo Adolfo Rodríguez-Yzquierdo[2], Carmen Amalia Basso-de-Figuera[3], Gabriel Díaz Reyes[3], Rommel Igor León-Pacheco[4]

[1] Recepción: 13 de noviembre, 2019. Aceptación: 22 de enero, 2020. Este trabajo formó parte de la investigación desarrollada en el proyecto de grupo PEII Nº 2012001779, financiada por el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT), Venezuela.
[2] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Mosquera, Cundinamarca, Colombia. Apdo. 344300. grodriguezy@agrosavia.co (autor para correspondencia, https://orcid.org/0000-0003-3709-8534).
[3] Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. Apdo. 2101. carmen.basso@ucv.ve, gabriel.diaz@ucv.ve
[4] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Zona bananera, Magdalena, Colombia. Apdo. 478020. rleon@agrosavia.co (https://orcid.org/0000-0002-9928-5282).

Resumen

Introducción. Se ha registrado que el estrés por agua es uno de los principales factores ambientales responsables de las fluctuaciones estacionales en los rendimientos del maracuyá; sin embargo, hay una escasez de información sobre la influencia del estrés hídrico en diferentes componentes del crecimiento. **Objetivo.** Evaluar la técnica de riego deficitario controlado (RDC) en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) y sus posibles efectos sobre la nutrición de la planta, uso eficiente del agua, productividad del cultivo y calidad de fruta. **Materiales y métodos.** Se realizó un ensayo durante los años 2013 y 2014 en el Campo Experimental del Instituto de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela; bajo condiciones de bosque seco tropical. El diseño estadístico fue bloques al azar con tres tratamientos de riego (R1=100 % de Eto (evapotranspiración de referencia), R2=66 % de Eto y R3= 33 % de Eto)en las fases fenológicas no críticas del cultivo, cuatro réplicas y doce plantas por unidad experimental. Se definieron como fases críticas floración y fructificación. Se evaluaron variables nutricionales (contenido N, P, K, Ca y Mg en tejido foliar, y contenido de N, K y Ca en savia), eficiencia productiva (uso eficiente del agua, kg fruta planta^{-1} y kg fruta ha^{-1}) y calidad de fruta (variables físicas y químicas). **Resultados.** La aplicación del RDC no afectó las variables nutricionales ni el rendimiento del cultivo. En cuanto a calidad de fruta, solo se presentaron diferencias significativas para porcentaje (%) de cáscara y jugo, sin embargo, con R2 los valores no resultaron limitantes en ambas variables. **Conclusión.** La restricción de la dotación hídrica en fases no críticas no afectó el desempeño agronómico de la planta.

Palabras clave: déficit de humedad en el suelo, evapotranspiración, abastecimiento de agua, *Passiflora edulis*.

Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

Abstract

Introduction. Water stress has been recorded as one of the main environmental factors responsible for seasonal fluctuations in passion fruit yields. However, there is a shortage of information on the influence of water stress on different components of growth. **Objective.** To evaluate the controlled deficit irrigation (RDC) technique in the passion fruit cultivation (*Passiflora edulis* Sims) and its possible effects on plant nutrition, efficient use of water, crop productivity and fruit quality. **Materials and methods.** An trial was conducted during the years 2013 and 2014 in the Experimental Field of the Institute of Agronomy, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela; under tropical dry forest conditions. The statistical design was randomized blocks with three irrigation treatments (R1= 100 % of Eto (reference evapotranspiration), R2= 66 % of Eto, and R3= 33 % of Eto), in the non-critical phenological phases of the crop, four replications and twelve plants per experimental unit. Flowering and fructification were defined as critical phases. Nutritional variables (N, P, K, Ca and Mg content in leaf tissue, and N, K and Ca content in sap), production efficiency (efficient water use, kg fruit plant^{-1} and kg fruit ha^{-1}) and fruit quality (physical and chemical variables) were evaluated. **Results.** The application of RDC did not affect the nutritional variables or the crop yield. As regard to fruit quality, only significant differences were presented for percentage (%) of peel and juice, however, the values with R2, the values were not limiting in both variables. **Conclusion.** The restriction of the water supply in non-critical phases did not affect the agronomic performance of the plant.

Keywords: soil water deficit, evapotranspiration, water supply, *Passiflora edulis*.

Introducción

En Venezuela, el cultivo de maracuyá *Passiflora edulis* Sims (Passifloraceae) tiene gran importancia, dada la diversidad de usos de la fruta desde el punto de vista de su comercialización y procesamiento agroindustrial (jugo concentrado y diluido, néctares, licores, confites, entre otros), y para el consumo fresco (Aular y Casares, 2011).

Dentro del sistema productivo de maracuyá, el riego es una de las prácticas que se realiza en forma empírica; aunque es frecuente el uso de riego localizado, este se aplica sin criterios técnicos, lo cual afecta la eficiencia del recurso hídrico y a su vez, el desempeño agronómico de la planta (García et al., 2012). Adicionalmente, en Venezuela, la técnica de riego deficitario controlado no ha sido evaluada en el cultivo de maracuyá.

La escasez de agua constituye una importante limitación para el desarrollo agrícola. En muchas áreas, la competencia creciente por el agua, como consecuencia del aumento de la demanda para distintos usos, conlleva a un incremento del costo y una creciente limitación en su disponibilidad para su uso en la agricultura. Para abastecer de alimentos a la población humana y promover su desarrollo económico-social, se hace necesaria la incorporación y el aprovechamiento de los avances científicos y tecnológicos de ingeniería del riego, con énfasis en el diseño, funcionamiento, conservación y manejo de los sistemas de riego en la producción agrícola (Lagos et al., 2017).

El déficit hídrico puede resultar en mayor o menor grado trascendente en función del momento fenológico en que ocurre al cultivo, y sirve como fundamento al denominado riego deficitario controlado (RDC), basado en la idea de reducir los aportes hídricos en aquellos periodos fenológicos en los que un déficit controlado no afecte sensiblemente a la producción y calidad de la cosecha, cubriendo plenamente la demanda de la planta en aquellas fases consideradas como críticas (Tapia et al., 2010).

En el cultivo de maracuyá no se reportan trabajos específicos con relación al uso de la técnica de riego deficitario controlado (RDC). No obstante, Fischer et al. (2009) señalaron que el suministro de agua es fundamental para el buen desarrollo del cultivo, especialmente después del trasplante y durante la época de floración, cuajado y llenado del fruto. Por otra parte, en condiciones de estrés hídrico se forman menor número de ramas, guías fructíferas, botones florales y menor proporción de flores abiertas (Fernández et al., 2014; Basso et al., 2019).

Agron. Mesoam. 31(2):405-418 mayo-agosto, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i2.39647

El estrés hídrico perjudica más el desarrollo del botón floral que la pérdida de flores o frutos dañados o caídos prematuramente (Rodríguez-Yzquierdo et al., 2020). Por su parte, el déficit hídrico durante el desarrollo del fruto puede favorecer la disminución de la masa, % de pulpa, diámetro y largo del fruto, principalmente cuando se presentan déficits hídricos en épocas cercanas a la floración (Cavichioli et al., 2011).

El monitoreo de las exigencias del cultivo y su estado nutricional constituye un factor relevante en el proceso productivo de maracuyá. La planta requiere grandes cantidades de N, K y Ca durante su ciclo de desarrollo. Mientras que el fruto, extrae mayores cantidades de K, seguido de N, siendo importante la fuente nitrogenada utilizada en la fertilización para obtener frutos de mayor peso (Álvarez et al., 2018; Rodríguez-Yzquierdo et al., 2020).

El contenido elemental en la hoja representa la acumulación del elemento. El análisis de savia es una herramienta adecuada para determinar lo que la planta está tomando en el momento del muestreo, siendo útil, además, porque la composición de la savia puede variar por un gran número de factores (Cadahía, 2008). Este análisis puede ser usado fundamentalmente para determinar problemas nutricionales puntuales y para comprobar la evolución de las reservas a lo largo del ciclo del cultivo. De esta manera, las fracciones minerales de la savia informan sobre el ritmo de absorción de nutrientes en el momento del muestreo.

En el caso de maracuyá, son escasas las investigaciones con determinación de nitrato en savia, además, no se señalan valores de referencia como rangos que indiquen su adecuado contenido en planta. La participación de este nutriente para el proceso de formación de flores, cuajado y llenado de frutos, así como el proceso de calidad del mismo en cuanto a sólidos solubles totales y acidez se refiere (Merino et al., 2015).

Se indica que el potasio es imprescindible para un correcto llenado del fruto, calidad y productividad del cultivo y sus necesidades son mayores al momento de floración. Del mismo modo, indican que el K^+ es el catión de mayor movilidad en la planta, y su disponibilidad se ve afectada y bastante influenciada por los contenidos de agua en el suelo (Fischer et al., 2009).

Al igual que en el caso del nitrato, no es común encontrar referencias de valores nutricionales para savia en este cultivo, sino más bien valores en tejido foliar, donde son abundantes las investigaciones al respecto.

Los rendimientos reportados en el cultivo de maracuyá son muy variables. Al respecto, para el caso de Brasil, Cavichioli et al. (2011), señalan productividades de 22,1 t ha^{-1}. Por su parte, García et al. (2013) obtuvieron rendimientos de 40 t ha^{-1} con materiales híbridos, igualmente en Brasil. Para la Región de Marília, en el Estado de São Paulo, Badiz et al. (2011) indicaron productividades entre 13,3 y 18,7 t ha^{-1}. Bajo las mismas condiciones experimentales, Rodríguez-Yzquierdo et al. (2020) reportaron rendimientos alrededor de las 15 t ha^{-1}.

El presente estudio tuvo por objetivo evaluar la técnica de riego deficitario controlado en el cultivo de maracuyá y sus posibles efectos en la nutrición de la planta, uso eficiente del agua, producción y calidad de fruta.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo

La investigación para evaluar la técnica de riego deficitario controlado en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), se llevó a cabo en el campo experimental del Instituto de Agronomía, Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, ubicado a 10°17'03''N y 67°36'16''O, a 455 msnm, en condiciones de bosque seco tropical. Se estableció el ensayo en el año 2012, el cultivo duró dos ciclos productivos completos, durante los años 2013 y 2014, en los cuales se aplicaron los tratamientos.

El suelo del lote bajo estudio está clasificado como Typic haplustepts, francosa fina, mixta, isohipertérmica y se caracteriza por presentar texturas limosas y franco arcillosas, con drenaje imperfecto tanto superficial como dentro del perfil del suelo (Cuadros 1, 2 y 3) (Rodríguez, 2016).

Cuadro 1. Caracterización inicial de las propiedades químicas del suelo a dos profundidades del perfil del suelo. Maracay, Venezuela. 2012.
Table 1. Initial soil characterization of chemical properties at two depths of the soil profile. Maracay, Venezuela. 2012.

Prof (cm)	pH	CE (dS m^{-1})	MO (%)	P (mg kg^{-1})	K (mg kg^{-1})	Ca (mg kg^{-1})	Mg (mg kg^{-1})	Na (mg kg^{-1})
0-20	6,91	0,17	0,97	24,05	91,15	186,05	115,91	62,28
20-40	7,13	0,17	1,02	20,38	80,40	115,55	98,50	46,72

Prof: profundidad; CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica / Prof: depths; CE: electrical conductivity; MO: organic matter.

Cuadro 2. Propiedades físicas del suelo en muestras no alteradas a tres profundidades del perfil en el cultivo de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), para ambos ensayos. Maracay, Venezuela. 2012.

Table 2. Physical properties of the soil in undisturbed samples at three depths of the profile in the passion fruit for both trials. Maracay, Venezuela. 2012.

Prof (cm)	Da (Mg m^{-3})	EPT (%)	EP > 15 μm	Ksat (cm h^{-1})	MR (kPa)
0-12	1,45	43,36	7,28	3,97	199,60
13-25	1,55	45,20	7,43	4,11	255,30
26-39	1,50	45,29	8,97	2,95	181,20

Da: densidad aparente; EPT: espacio poroso total; EP<15μm: porosidad de aireación; Ksat: conductividad hidráulica saturada; MR: módulo de ruptura / Da: bulk density; EPT: total porosity space; EP<15μm: aeration porosity; Ksat: saturated hidraulic conductivity; MR: break module.

Cuadro 3. Caracterización inicial del suelo en cuanto al análisis textural en las tres primeras capas de suelo para ambos ensayos. Maracay, Venezuela. 2012.

Table 3. Initial soil characterization of textural analysis in the first three layers of soil for both trials. Maracay, Venezuela. 2012.

Prof (cm)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clasificación textural	amf (%)	af (%)	am (%)	ag (%)	amg (%)
0-12	12,12	37,66	50,24	F	26,29	18,45	5,20	1,12	0,93
13-25	12,58	39,58	47,79	F	25,40	17,33	4,45	1,25	1,29
26-39	12,25	40,41	46,03	F	25,16	17,62	3,95	1,12	0,83

Prof: profundidad de la capa muestreada; F. franco; amf: arena muy fina; af: arena fina; am: arena media; ag: arena gruesa; amg: arena muy gruesa / Prof: depth of the sampled layer; F. Franco; amf: very fine sand; af: fine sand; am: medium sand; ag: coarse sand; amg: very thick sand.

Diseño del experimento

Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres tratamientos, cuatro réplicas y dos observaciones por unidad experimental (UE), para un total en cada ensayo de 12 UE con 12 plantas en cada una de ellas. Los tratamientos estuvieron conformados por tres manejos de la suplencia de agua al cultivo, descritos a continuación:

Riego 1 (R1): testigo donde se suministró a la plantación el 100 % de la demanda hídrica del cultivo (ETc) durante todo su ciclo de desarrollo, en sus distintas fases fenológicas.

Agron. Mesoam. 31(2):405-418 mayo-agosto, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i2.39647

Riego 2 (R2): riego deficitario controlado (RDC) al 66 % del requerimiento hídrico en aquellas fases fenológicas no críticas (crecimiento apical, lateral y reposo vegetativo) mientras que en las fases críticas (floración y fructificación) se aplicó el 100 % de la demanda hídrica.

Riego 3 (R3): riego deficitario controlado (RDC) al 33 % de la demanda hídrica del cultivo en fases no críticas del mismo, aplicando el 100 % en floración y fructificación.

Durante el primer año de evaluación se aplicaron 105 días con manejo de RDC, mientras que en el segundo año se aplicó durante 95 días en las fases no críticas (crecimiento apical, crecimiento lateral y reposo vegetativo) del cultivo.

Manejo de la plantación

Como material vegetal se utilizaron semillas de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* Sims) variedad Región Central, proveniente de selecciones de ensayos previamente establecidos en el área experimental, con frutos seleccionados en función de atributos de calidad como tamaño, masa y color (Rodríguez, 2016; Basso et al., 2019). Se realizó el manejo de plantas en fase de vivero bajo condiciones de umbráculo, luego de transcurridas seis semanas, se obtuvieron plantas de tamaño adecuado (50 cm aproximadamente y con el primer zarcillo formado) para el trasplante definitivo en campo.

El riego utilizado en el ensayo fue localizado, mediante cintas de goteo con un lateral por espaldera y una descarga de 1,24 l h^{-1}. En la fase de establecimiento, a todas las plantas del ensayo, indistintamente del tipo de riego, se les suministró la cantidad requerida para su óptimo desarrollo (100 % de Etc), desde el momento del trasplante hasta el primer mes del ciclo de cultivo.

Se aplicaron tres riegos por semana, con base en la evapotranspiración diaria medida con un atmómetro en el área experimental. Del mismo modo, se cuantificaron las entradas de agua al sistema por concepto de precipitación mediante un pluviómetro y las cantidades de agua aplicadas vía riego al cultivo con uso de un contador volumétrico ubicado en el cabezal de riego. Para determinar el contenido de humedad en el suelo, en cada unidad experimental se instalaron sensores de tensión de humedad (watermark), con los criterios de tensión entre -20 y -60 kPa, propuestos por Rodríguez (2016), con el fin de verificar las frecuencias de riego dependiendo de las condiciones climáticas a lo largo del ciclo del cultivo, con base en el agua almacenada en el suelo. El caudal total aplicado (m^3) para el año 1 fue de 124,84, 106,47 y 88,16 para R1, R2 y R3, respectivamente. Para el caso del año 2 fue de 102,96, 92,58 y 81,99 m^3 para R1, R2 y R3.

La plantación fue conducida con un sistema tipo cortina por medio de espalderas verticales con un solo alambre ubicado a 1,80 m de altura, orientadas en sentido E-O. El arreglo espacial del cultivo en campo fue de 2 m entre plantas y 3 m entre espalderas, arrojando una densidad de 1666 plantas/ha.

El cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) se realizó por medio de la evapotranspiración de referencia (ETo), medida en forma diaria en el área experimental con un atmómetro marca ETage, y los valores de Kc para cada etapa de desarrollo, utilizándose los valores propuestos por Rodríguez (2016): fase desarrollo inicial (etapa de vivero) Kc= 0,3, fase de crecimiento vegetativo apical Kc= 0,4, fase de crecimiento vegetativo lateral Kc= 0,5; fase de floración, fructificación y maduración del fruto Kc= 0,9; fase de reposo vegetativo Kc= 0,8, e inicio de floración y fructificación del segundo ciclo Kc= 0,7.

La fertilización se realizó mediante fertirriego y fertilizaciones edáficas, y se estableció como requerimiento nutricional del cultivo 150 g de N, 80 g de P_2O_5 y 300 g de K_2O, por planta por año; con base en experiencias previas llevadas a cabo en el área experimental, y los resultados del análisis químico de suelo realizado en la caracterización inicial del lote. Se realizó un fraccionamiento del requerimiento nutricional en función de las fases fenológicas: crecimiento apical (10 % del total requerido), crecimiento lateral (15 %), floración (25 %), fructificación (30 %) y reposo vegetativo (20 %). La fertilización se calculó en dosis por planta y fue hecha homogéneamente en cada unidad experimental.

ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i2.39647

Variables evaluadas

En la planta

Contenido de N, P, K, Ca y Mg en el tejido foliar (%): se tomó en el periodo de plena floración la cuarta hoja desde el ápice hacia la base (hoja madura recientemente expandida) en cuatro plantas por unidad experimental y cuatro hojas por planta, de acuerdo con metodología señalada por Rodríguez (2016).

Contenido de $N\text{-}NO_3^-$, K^+ y Ca^{2+} en savia (mg l^{-1}): mediante el empleo de medidores de iones selectivos en la hoja madura recientemente expandida (hoja 4 sentido ápice-base), se realizaron muestreos en fase de floración, fructificación y final de cosecha en cada unidad experimental, siguiendo las recomendaciones de Cadahía (2008). Para la determinación de K^+ y Ca^{2+} se utilizó un electrodo selectivo de iones marca Denver Instrument, mientras que en el caso de $N\text{-}NO_3^-$ se empleó un medidor de ion selectivo marca Hanna.

Rendimiento (kg planta^{-1} y t ha^{-1}): se cosechó el total de frutos en las doce plantas de cada unidad experimental y se calculó el promedio de kg producidos por planta durante su ciclo completo de cosecha.

Calidad de fruta: se determinaron las variables comúnmente asociadas a la calidad de fruta en maracuyá, tales como: masa promedio por fruto (g), longitud (cm), diámetro (cm), % pulpa, % de cáscara, % de jugo, pH, sólidos solubles totales (SST en grados Brix), acidez titulable (mediante titulación con NaOH 0,1 N; % ácido ascórbico) y relación SST/acidez de acuerdo con la metodología señalada por Rodríguez-Yzquierdo et al. (2020). El muestreo se realizó en el periodo de máxima cosecha, tomando doce frutos por unidad experimental. Se recogieron frutos maduros fisiológicamente, que presentaran color amarillo. La cosecha se realizó diariamente recogiendo los frutos caídos al suelo.

Uso eficiente de agua (WUE): es la relación consumo de agua de riego por kg de fruta producida (l kg^{-1}). Mediante el registro de la cantidad de agua aplicada vía riego y el rendimiento en cada unidad experimental, se estableció la relación de eficiencia en el consumo de agua de riego para producir un kg de fruta en cada año de evaluación.

Se realizó una caracterización inicial del suelo en cuanto a sus propiedades químicas y físicas en cada unidad experimental.

Las propiedades químicas del suelo se determinaron mediante un análisis de rutina, a profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm.

Se realizó una caracterización física del lote en cada capa de suelo encontrada en el perfil hasta los 40 cm de profundidad. Se usó un toma muestras tipo Uhland para la determinación de densidad aparente (Mg m^{-3}), espacio poroso total (%), espacio poroso de aireación (%), módulo de ruptura (kPa) y conductividad hidráulica saturada (cm h^{-1}), en muestras de suelos no alteradas de acuerdo a la metodología propuesta por Rodríguez (2016). Igualmente, se determinó en muestras disgregadas, la distribución del tamaño de partículas por el método de Bouyucos, así como la clasificación textural y fraccionamiento de arenas.

Análisis de resultados

De acuerdo con el diseño propuesto y previa verificación del cumplimiento de los supuestos del análisis de varianza y en caso de significación estadística, las medias de los tratamientos se analizaron mediante pruebas de rango múltiple de Waller-Duncan con un nivel de significación α=0,05. Se utilizó el programa SAS versión 8.0 para el análisis de los resultados.

Agron. Mesoam. 31(2):405-418 mayo-agosto, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i2.39647

Resultados

Nutrición en savia

Contenido de nitrato en savia

Para el caso del ion nitrato, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en ambos años evaluados. Sin embargo, la tendencia presentada en las plantas de maracuyá sometidas a los diferentes tipos de riego, mostró que durante la etapa de floración del primer año de evaluación, el contenido de NO_3^- fue superior en R1 (con valores que variaron entre 600 y 700 mg l^{-1}), mientras que en R2 y R3 los valores fueron ligeramente inferiores (Cuadro 4).

Cuadro 4. Valores de nitrato en savia (mg l^{-1}) durante dos años de evaluación, en etapas de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo con la dotación hídrica en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). Maracay, Venezuela. 2013-2014.
Table 4. Nitrate values in sap (mg l^{-1}) during two years of evaluation during flowering, fruiting and final harvest, according to water supply in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). Maracay, Venezuela. 2013-2014.

	Año 1			Año 2		
Riego	**NO_3 flo (mg l^{-1})**	**NO_3 fruct (mg l^{-1})**	**NO_3 finco (mg l^{-1})**	**NO_3 flo (mg l^{-1})**	**NO_3 fruct (mg l^{-1})**	**NO_3 finco (mg l^{-1})**
R1	647,89	741,34	573,13	739,26	620,37	566,9
R2	533,68	652,04	573,13	571,05	519,97	468,4
R3	539,91	635,43	645,81	647,89	570,45	533,5
%CV	24,40	13,44	12,22	33,19	29,35	30,80

R1: 100 % de demanda hídrica; R2: 66 %; R3: 33 %; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha. %CV: coeficiente de variación / R1: 100 % of water demand; R2: 66 %; R3: 33 %; flo: flowering phase; fruct: fruiting phase; Finco: end of harvest phase. %CV: variation coefficient.

Contenido de potasio en savia

En cuanto al potasio, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre riegos en ninguna de las fases fenológicas muestreadas en los dos años de evaluación (Cuadro 5). Para el momento de floración, se mantuvo el K^+ en altas concentraciones, oscilando su contenido entre 2644,2 y 3755,6 mg l^{-1}. Al ocurrir la formación y desarrollo del fruto, el contenido disminuyó (valores inferiores a 1716 mg l^{-1}).

Contenido de calcio en savia

No se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de calcio en savia para los tratamientos de riego evaluados en las tres fases fenológicas estudiadas para los dos años de evaluación (Cuadro 6). La tendencia fue a mantener valores relativamente similares en las distintas fases fenológicas, con una leve reducción del contenido en la etapa de fructificación, volviendo en la fase final de cosecha a recuperar ligeramente los valores. En el cultivo de

Cuadro 5. Valores de potasio en savia (mg l^{-1}) durante dos años de evaluación en etapas de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo con la dotación hídrica en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). Maracay, Venezuela, 2013-2014.

Table 5. Potassium values in sap (mg l^{-1}) during two years of evaluation during flowering, fruiting and final harvest, according to water supply in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). Maracay, Venezuela, 2013-2014.

Riego	Año 1			Año 2		
	K flo (mg l^{-1})	K fruct (mg l^{-1})	K finco (mg l^{-1})	K flo (mg l^{-1})	K fruct (mg l^{-1})	K finco (mg l^{-1})
R1	3755,6	1478,1	1391,7	2968,4	1795,9	1508,8
R2	3702,2	1384,8	1376,7	2905,8	1764,4	1630,7
R3	3629,5	1414,7	1263,3	2644,2	1822,8	1716,3
%CV	20,19	23,71	22,72	25,34	28,86	33,66

R1: 100 % de demanda hídrica; R2: 66 %; R3: 33 %; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; fincos: fase de final de cosecha. %CV. Coeficiente de variación / R1: 100 % of water demand; R2: 66 %; R3: 33 %; flo: flowering phase; fruct: fruiting phase; farms: end of harvest phase. %CV: coefficient of variation.

Cuadro 6. Valores de calcio en savia (mg l^{-1}) durante dos años de evaluación (2013-2014) en etapas de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo con la dotación hídrica en el cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). Maracay, Venezuela. 2013-2014.
Table 6. Calcium values in sap (mg l^{-1}) during two years of evaluation (2013-2014) during flowering, fruiting and final harvest, according to water supply in passion fruit cultivation (*Passiflora edulis* Sims). Maracay, Venezuela. 2013-2014.

Riego	Año 1			Año 2		
	Ca flo (mg l^{-1})	Ca fruct (mg l^{-1})	Ca finco (mg l^{-1})	Ca flo (mg l^{-1})	Ca fruct (mg l^{-1})	Ca finco (mg l^{-1})
R1	3118,1	2796,6	3092,8	2767,0	2594,5	2791,7
R2	2896,9	2925	3008,4	2846,6	2446,5	2690,8
R3	3113,9	2700,5	2803,1	2965,8	2707,6	2817,8
%CV	21,58	18,09	16,07	13,59	14,16	17,38

R1: 100% de demanda hídrica; R2: 66 %; R3: 33 %; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; fincos: fase de final de cosecha. % CV: coeficiente de variación / R1: 100 % of water demand; R2: 66 %; R3: 33 %; flo: flowering phase; fruct: fruiting phase; farms: end of harvest phase. % CV: variation coefficient.

maracuyá tampoco se encuentran valores referenciales de contenidos de calcio en savia, por lo cual, no se señalaron niveles de suficiencia o deficiencia de este catión en la planta.

Análisis de nutrimentos en tejido foliar

Los resultados del contenido de macronutrimentos en tejido foliar para el año 1 y 2, se presentan en los Cuadros 7 y 8, respectivamente. No se obtuvieron diferencias estadísticas en los nutrientes evaluados para los distintos tipos de riego en ambos años evaluados.

Rendimiento del cultivo

Los resultados de la productividad para cada tipo de riego evaluado se presentan en el Cuadro 9. El RDC no generó diferencias significativas entre tratamientos. Esto indica que la planta fue capaz de tener una buena producción con un uso más eficiente del agua suministrada.

Agron. Mesoam. 31(2):405-418 mayo-agosto, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i2.39647

Cuadro 7. Concentración de macroelementos en tejido foliar de plantas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) durante el primer año de evaluación en etapa de floración, de acuerdo con la dotación hídrica. Maracay, Venezuela. 2013.
Table 7. Concentration of macroelements in leaf tissue of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) plants, during the first year of evaluation in flowering stage, according to water supply. Maracay, Venezuela. 2013.

	Etapa de floración				
Riego	**N %)**	**P (%)**	**K (%)**	**Ca (%)**	**Mg (%)**
R1	4,66	0,54	2,26	1,85	1,15
R2	4,57	0,49	2,19	1,71	1,22
R3	4,61	0,56	2,13	1,94	1,31
%CV	11,33	8,57	9,82	19,58	18,14

R1: 100 % de demanda hídrica; R2: 66 %; R3: 33 %. % CV: coeficiente de variación / R1: 100 % of water demand; R2: 66 %; R3: 33 %. % CV: variation coefficient.

Cuadro 8. Concentración de macroelementos en tejido foliar de plantas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) durante el segundo año de evaluación en etapa de floración, de acuerdo con la dotación hídrica. Maracay, Venezuela. 2014.

Table 8. Concentration of macroelements in leaf tissue of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) plants during the second year of evaluation in flowering stage, according to water supply. Maracay, Venezuela. 2014.

	Etapa de floración				
Riego	**N (%)**	**P (%)**	**K (%)**	**Ca (%)**	**Mg (%)**
R1	3,86	0,092	1,73	1,34	0,30
R2	3,88	0,096	1,72	1,24	0,29
R3	3,89	0,093	1,68	1,35	0,30
%CV	8,85	13,63	7,40	9,11	14,38

R1: 100 % de demanda hídrica; R2: 66 %; R3: 33 %. % CV: coeficiente de variación / R1: 100 % of water demand; R2: 66 %; R3: 33 %. % CV: coefficient of variation.

Calidad de fruta

En el primer ciclo productivo solo hubo diferencias significativas para el porcentaje de cáscara y porcentaje de jugo, y el tratamiento R2 fue el que presentó los menores valores de cáscara y los mayores de jugo, por lo cual, la aplicación de RDC al 66 % de Eto mejoró atributos en la calidad de fruta, tanto para consumo fresco como agroindustrial (Cuadro 10). En el segundo año de evaluación no hubo diferencias significativas (Cuadro 10).

Relación del consumo de agua de riego aplicada por kg de fruta producida

La cantidad de agua aplicada y el rendimiento de cada unidad experimental durante los dos años, mostraron una alta eficiencia en el uso del agua, lo cual es importante considerar desde el punto de vista productivo y económico. Esta relación es conocida como uso eficiente de agua y los resultados para ambos años de evaluación se muestran en la Cuadro 11, para esta variable existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados. Las plantas en R3 y R2 consumieron menos agua para producir un kg de fruta, lo cual indicó una mayor eficiencia en el uso de agua por el RDC.

ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i2.39647

Cuadro 9. Rendimiento del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) durante dos años de producción en los tratamientos de riego evaluados. Maracay, Venezuela. 2013-2014.

Table 9. Passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) yield during two years of production, depending on the irrigation treatments evaluated. Maracay, Venezuela. 2013-2014.

	Año 1		Año 2	
Riego	**kg planta^{-1}**	**t ha^{-1}**	**kg planta^{-1}**	**t ha^{-1}**
R1	8,87	14,77	6,92	11,52
R2	8,63	14,37	7,27	12,11
R3	7,94	13,22	6,75	11,24
%CV	24,27	27,66	37,61	41,55

R1: 100 % de demanda hídrica; R2: 66 %; R3: 33 %. % CV: coeficiente de variación / R1: 100 % of water demand; R2: 66 %; R3: 33 %. % CV: variation coefficient.

Cuadro 10. Variables de calidad en frutos de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), de acuerdo con los tratamientos de riego en dos años de cultivo. Maracay, Venezuela. 2013-2014.

Table 10. Quality variables in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims), according to irrigation treatments during two year of the crop. Maracay, Venezuela. 2013-2014.

Riego 2013	**Masa fruto (g)**	**Rel. L/A**	**Grosor promedio**	**% cáscara**	**% semilla**	**% jugo**	**SST (%)**	**Acidez (A)**	**Rel. SST/A**	**pH**
R1	190,72	1,20	6,52	46,21 ab	8,73	48,43 ab	15,66	3,34	4,88	3,33
R2	184,99	1,18	6,02	42,02 b	5,86	52,11 a	16,03	3,33	4,83	3,33
R3	196,44	1,17	6,37	48,56 a	5,65	45,78 b	15,95	3,30	4,91	3,32
%CV	7,88	5,23	10,68	8,17	5,19	7,70	13,34	2,46	9,63	7,33
2014										
R1	166,70	1,16	6,08	46,86	6,71	46,41	13,48	3,18	4,37	3,42
R2	172,64	1,19	6,33	47,29	5,54	47,16	13,50	3,08	4,50	3,44
R3	174,63	1,15	6,24	44,70	5,69	49,64	13,55	3,14	4,40	3,42
%CV	14,81	6,38	11,95	13,62	13,66	12,92	11,44	10,99	9,74	3,26

R1: 100 % demanda hídrica; R2: RDC 66 %; R3: RDC 33 %. Rel L/A: relación largo/ancho; SST: sólidos solubles totales; Rel SST/A: relación solidos solubles totales/acidez. % CV: coeficiente de variación. Medias con letras diferentes dentro de una misma columna para cada factor, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de medias de Waller-Duncan α=0,05/R1: 100 % water demand; R2: RDC 66 %; R3: RDC 33 %. Rel L/A: length/width ratio; SST: total soluble solids; Rel SST / A: total soluble solids/acidity ratio relation. % CV: variation coefficient. Means with different letters within the same column for each factor correspond to statistically significant differences according to the Waller-Duncan means test α= 0.05.

Cuadro 11. Consumo de agua irrigada por kg de fruta producida en plantas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), durante dos años de evaluación. Maracay, Venezuela. 2013-2014.

Table 11. Consumption of irrigation water per kg of fruit produced in passion fruit plants (*Passiflora edulis* Sims) during two years of evaluation. Maracay, Venezuela. 2013-2014.

	Año 1	Año 2
Riego	**Relación consumo de agua de riego por kg de fruta (l kg^{-1})**	**Relación consumo de agua de riego por kg de fruta (l kg^{-1})**
R1	100,92 a	76,21 a
R2	87,13 b	68,19 b
R3	70,18 c	57,67 c

R1: 100 % demanda hídrica; R2: RDC 66 %; R3: RDC 33 %. % CV: coeficiente de variación. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponde con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de Waller-Duncan α=0,05 / R1: 100 % water demand; R2: RDC 66 %; R3: RDC 33 %. % CV: variation coefficient. Different letters within the same column correspond to statistically significant differences according to the Waller-Duncan test α = 0.05.

Agron. Mesoam. 31(2):405-418 mayo-agosto, 2020
ISSN 2215-3608 doi:10.15517/am.v31i2.39647

Discusión

El suelo bajo estudio presentó condiciones favorables para el cultivo e maracuyá, se caracterizó por tener un pH en el rango a la neutralidad, que favoreció la disponibilidad de la mayoría de los nutrimentos, conductividad eléctrica baja, y poseía una fertilidad natural media. Desde el punto de vista físico, la textura era franca, sin embargo, al analizar el % de arenas finas y muy finas, son las que mayormente predominaron, lo cual confirió al suelo una limitante para la infiltración de agua en el perfil, ya que estas partículas se comportan en forma similar al limo. Por esta razón, los riegos para este tipo de suelos deben ser fraccionados, para garantizar una correcta penetración del agua hacia capas más profundas (Rodríguez, 2016).

En cuanto a la parte de nutrición de la planta relacionado con nitrato en savia, los mayores valores en R1 pueden atribuirse a que durante las fases fenológicas previas (crecimiento apical y lateral de la planta), la dotación hídrica fue adecuada para el cultivo, lo cual permitió una mayor movilización y acumulación de este elemento en sus tejidos. Resultados similares fueron obtenidos por Merino et al. (2015), quienes señalaron que con el aumento en las láminas de riego utilizadas, se incrementó el contenido de nitrógeno orgánico en savia.

Para el caso de la etapa de final de cosecha, los valores de nitrato disminuyeron en todos los riegos comparado con los obtenidos en plena fructificación. Esto puede deberse al consumo para poder cumplir con los procesos de formación y llenado del fruto en plena etapa productiva del cultivo, siendo la fruta un sumidero importante de nutrientes (Thaiz y Zeiger, 2010).

Las diferencias encontradas entre los años 1 y 2 se debieron fundamentalmente a que para el primer año las fases fenológicas estuvieron claramente definidas por ser el primer ciclo del cultivo (crecimiento apical, lateral, floración y fructificación), mientras que en el segundo año por ser una planta de ciclo continuo, pudieron encontrarse al mismo momento ramas en crecimiento, floración y fructificación, por lo cual las demandas de nutrimentos fueron mayores y sus contenidos tendieron a ser diferenciales entre los dos años evaluados. Las relaciones fuente-sumidero fueron diferentes entre estos dos años y por ende, los contenidos de nutrimentos encontrados en savia y tejido foliar también fueron distintos para el primer y segundo ciclo productivo. Esto sumado a las variaciones de las condiciones ambientales entre ambos años, contribuyeron a la expresión diferencial de los resultados en la parte nutricional y de producción (Rodríguez, 2016; Rodríguez-Yzquierdo et al., 2020). Una tendencia similar fue observada para el caso de K en savia, donde los mayores valores se presentaron en R1 y disminuyeron progresivamente los contenidos desde floración, fructificación, hasta final de cosecha. En este caso, el K fue el mayor elemento demandado para la fructificación, lo cual se evidenció por la mayor tasa de consumo comparada con el N (Rodríguez, 2016).

Los contenidos en savia de Ca^{+2} fueron más estables a lo largo del ciclo fenológico que el NO_3^- y K^+, sin manifestar cambios notables de una fase a otra. Esto pudo deberse a que el calcio es un elemento notablemente estructural y su función está asociada a la formación y rigidez de los tejidos (Thaiz y Zeiger, 2010). Dado que la planta de maracuyá es un cultivo de producción continua, es decir, que durante la fructificación sigue habiendo producción de flores y ramas nuevas, su acumulación sigue ocurriendo en los tejidos en desarrollo, sin manifestar una tendencia en cuanto a su contenido respecto al tratamiento de riego aplicado.

No se observó un efecto desfavorable de la aplicación del riego deficitario controlado (RDC) sobre la nutrición del cultivo con base en los resultados obtenidos para N, K y Ca en savia. Al respecto, Chai et al. (2016) señalaron que el estrés por déficit hídrico reduce la acumulación total de nutrientes en la parte aérea de la planta.

Para el caso de los elementos en tejido foliar, con relación al rango de suficiencia de cada elemento, los contenidos de N, P, Ca y Mg estuvieron dentro de los valores óptimos señalados por Rodríguez (2016) y Rodríguez-Yzquierdo et al. (2020) en la fase de floración. Mientras que el K estuvo ligeramente por debajo del nivel crítico inferior del rango óptimo señalado por los mismos autores. No obstante, no se manifestaron deficiencias de este nutrimento en las plantas a lo largo del ciclo productivo.

La continuidad durante dos ciclos de producción del RDC no ejerció efectos adversos sobre los aspectos del desarrollo del cultivo, así como la absorción y movilización de los nutrientes por parte de la planta.

Los resultados de rendimiento encontrados en la presente investigación se encontraron en un rango similar a los reportados por Badiz et al. (2011) y Rodríguez-Yzquierdo et al. (2020).

Durante el segundo año de evaluación, la productividad descendió ligeramente respecto al primer año, sin embargo, no se evidencia efecto perjudicial sobre el rendimiento con el uso de RDC en el segundo ciclo productivo.

El primer año de evaluación los frutos provenientes de las plantas con R3 obtuvieron la mayor limitante en cuanto a calidad se refiere, ya que se presentó menor cantidad de jugo y mayor grosor de la cáscara en comparación a los frutos de R1 y R2. Resultados similares fueron obtenidos por Cavichiolli et al. (2011), evaluando diferentes láminas de riego, encontrando menor masa del fruto y porcentaje de jugo, así como mayor espesor de la cáscara a menores láminas de riego aplicadas.

El rendimiento no se vio afectado significativamente por la aplicación del RDC en el primer ciclo de producción, pero hay que tomar en cuenta que la restricción en la dotación hídrica en R3 pudiera afectar algunos parámetros de calidad, específicamente el % de jugo y grosor de cáscara, que dependiendo del tipo de mercado al cual se esté comercializando la fruta, representaría ciertas restricciones, fundamentalmente en el caso de las exigencias de la agroindustria. Por esta razón, la evaluación particular en cada región productora de la técnica de RDC en cuanto a productividad y calidad, debe ser realizada para determinar la factibilidad de adopción en forma comercial en un sistema de producción determinado.

Para el segundo año de evaluación, la tendencia observada fue similar a la del primer ciclo productivo, en donde los tratamientos de RDC obtuvieron un uso más eficiente del agua para producir un kg de fruta. Por tal motivo, el RDC resulta una estrategia de manejo que bajo las condiciones de experimentación arrojó resultados favorables desde el punto de vista productivo, haciendo un uso más eficiente del agua suministrada a la planta por vía de riego, sin afectar el rendimiento y la calidad del fruto en el segundo año de evaluación. Comparando los resultados obtenidos entre R3 y R1, la aplicación de RDC representó un 30 % menos de agua utilizada para producir la misma cantidad de fruta. Resultados similares han sido señalados en diferentes cultivos por Zhou et al. (2014) y Chai et al. (2016).

Conclusiones

El riego deficitario controlado con reducción de lámina en 66 % de la evapotranspiración de referencia, Eto en fases no críticas (RDC), puede ser una técnica del manejo del agua que puede ser validada en maracuyá, al no afectar negativamente el estatus nutricional de la planta, rendimiento del cultivo y calidad de fruta, con un uso más eficiente del agua por la planta para producir fruta, como alternativa de manejo del recurso hídrico en este cultivo.

Se deben hacer evaluaciones de esta técnica bajo diferentes ambientes y determinar su eficiencia como estrategia de manejo del riego antes de establecer recomendaciones generales en este cultivo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH-UCV) por los recursos financieros para el desarrollo del proyecto Nº PG-01-8094-2011/1 “Evaluación de técnicas agrícolas sustentables en el cultivo de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) con base en el uso de riego deficitario controlado, manejo en ciclo anual y control biológico de enfermedades” desarrollado en la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Venezuela.

Literatura citada

Aular, J., y M. Casares. 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. Rev. Bras. Frutic. 33:187-198. doi:10.1590/S0100-29452011000500022

Álvarez, H., J. Pionce, J. Castro, W. Viera, y A. Sotomayor. 2018. Densidades poblacionales y fertilización nitrogenada en maracuyá. Rev. Científ. Ecuat. 5:1-6.

Badiz, F., A. Martins, M. Esperancini, A. Vidal, e F. Okamoto. 2011. Custo de produção do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). Rev. Bras. Frutic. 33:441-446. doi:10.1590/S0100-29452011000500058

Basso, C., G. Rodríguez, G. Rivero, R. León, M. Barrios, y G. Díaz. 2019. Respuesta del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) a condiciones de estrés por inundación. Bioagro 31(3):185-192.

Cadahía, C. 2008. La savia como índice de fertilización. Cultivos agroenergéticos, hortícolas, ornamentales y frutales. Ediciones Paraninfo S.A., ESP.

Cavichioli, J., L. Corrêa, M. García, e I. Fischer. 2011. Desenvolvimento, produtividade e sobrevivência de maracujazeiro-amarelo enxertado e cultivado em área com histórico de morte prematura de plantas. Rev. Bras. Frutic. 33:567-574. doi:10.1590/S0100-29452011005000075

Chai, Q., Y. Gan, C. Zhao, H.L. Xu, R. Waskon, Y. Niu, and K. Siddique. 2016. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. Agron. Sustain. Dev. 36:3. doi:10.1007/s13593-015-0338-6

Fernández, G., M. Melgarejo, y N. Rodríguez. 2014. Algunos aspectos de la fotosíntesis y potenciales hídricos de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) en estado reproductivo en el Huila, Colombia. Rev. Colomb. Cienc. Hortic. 8:206-216. doi:10.17584/rcch.2014v8i2.3214

Fischer, G., F. Casierra-Posada, y W. Piedrahíta. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En: D. Miranda, editor, Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba, Bogotá, Colombia. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, COL. p. 45-67.

García, C., O. Nunes, C. Da-Silva, e J. De-Oliveira. 2013. Avaliação agronômica de parentais e híbridos de maracujazeiro-amarelo. Rev. Bras. Frutic. 35:191-198. doi:10.1590/S0100-29452013000100022

García, Y., J. Rivero, y J. Brito. 2012. Evaluación del efecto de dos sistemas de riego sobre el desarrollo vegetativo del cultivo de la parchita maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Deneger) en el Valle de Quibor, Venezuela. Irriga 17:264-273. doi:10.15809/irriga.2012v17n2p264

Lagos, L., W. Lama, J. Hirzel, C. Souto, y M. Lillo. 2017. Evaluación del riego deficitario controlado sobre la producción de kiwi (*Actinidia deliciosa*). Agrociencia 51:359-372.

Merino, J., C. Basso, M. Barrios, y R. Villafañe. 2015. Efecto del método de riego sobre niveles de nitrógeno en suelo y plantas de parchita (*Passiflora edulis* Sims) fertilizadas con tres fuentes de nitrógeno. Rev. Fac. Agron. 41(1):9-18.

Rodríguez, G. 2016. Evaluación del manejo del cultivo parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en ciclo anual, con riego deficitario controlado y control biológico de *Fusarium* spp. a base de *Trichoderma* spp. Tesis PhD., Universidad Central de Venezuela, Maracay, VEN.

Rodríguez-Yzquierdo, G.A., H.E. Pradenas-Aguila, C.A. Basso-de-Figuera, M. Barrios-García, R.I. León-Pacheco, y M. Pérez-Macias. 2020. Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. Agron. Mesoam. 31:117-128. doi:10.15517/am.v31i1.36815

Tapia, M., A. Larios, I. Abrisqueta, O. Mounzer, J. Vera, J. Abrisqueta, y M.C. Ruíz. 2010. Riego deficitario en melocotonero. Análisis del rendimiento y de la eficiencia en el uso del agua. Rev. Fitotec. Mex. 33(esp 4):89-93.

Thaiz, L., and E. Zeiger. 2010. Plant physiology. 5th ed. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA.

Zhou, S., B. Medlyn, S. Sabaté, D. Sperlich, and I. Prentice. 2014. Short-term water stress impacts on stomatal, mesophyll and biochemical limitation to photosynthesis differ consistently among tree species from contrasting climates. Tree Physiol. 34:1035-1046. doi:10.1093/treephys/tpu072.