

DÉFICIT HÍDRICO EN DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS Y SU EFECTO SOBRE EL DESARROLLO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTA EN MARACUYÁ (*Passiflora edulis Sims*)*

Water deficit in different phenological phases and its effect on the development, yield and quality of fruit in passion fruit (*Passiflora edulis Sims*)

Gustavo Rodríguez¹, María Hernández², Carmen Basso², Tatiana Miranda¹ y Rommel León¹

RESUMEN

El maracuyá es un fruto apreciado en el mercado nacional e internacional por sus características organolépticas y nutricionales. La falta de agua es un problema bien conocido para diferentes especies, afectando la biomasa y su producción, siendo este último el efecto más visible en caso de plantas cultivadas. A pesar de ello, son pocos los estudios sobre el efecto de déficit hídrico en las fases fenológicas del cultivo de maracuyá. Para ello, se estableció un ensayo con aplicación de suplencias hídricas de 100 % de la evapotranspiración del cultivo (ETc) durante todo el ciclo (testigo), 50 % del ETc en el crecimiento apical, crecimiento lateral y floración y el resto del ciclo con 100 % ETc. El experimento se estableció como un diseño experimental en bloques al azar con 4 tratamientos, 6 repeticiones y 6 plantas por unidad experimental. Se determinaron variables asociadas al desarrollo del cultivo (altura de planta, número de hojas y fenología del cultivo), a la fisiología del cultivo (tasa neta de fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática, diferencial térmico cultivo-ambiente, índice de clorofila, potencial hídrico xilemático), rendimiento y calidad de fruta. Los resultados indicaron que los diferentes tratamientos no incidieron negativamente sobre las variables estudiadas, lo que indica que la planta de maracuyá es capaz de tolerar restricciones hídricas sin alterar sus funciones fisiológicas, ni afectar su desarrollo, rendimiento y calidad de la fruta. Esta información es de gran importancia ya que permite hacer un uso más eficiente del recurso agua en este cultivo.

Palabras clave: estrés hídrico, fenología, ecofisiología, evapotranspiración, riego.

ABSTRACT

The passion fruit is appreciated in the national and international market for its organoleptic and nutritional characteristics. The lack of water is a well-known problem for different species, affecting biomass and its production, this last being the most visible effect in the case of cultivated plants. Despite this, there are few studies on the effect of water deficit in the phenological phases of passion fruit cultivation. For this, an essay was established applying hydric substitutions of 100 % of evapotranspiration (ETc) throughout the cycle (control), 50 % of ETc in the apical growth, lateral growth and flowering and the rest of the cycle with 100 % ETc. The experiment was designed in random blocks with 4 treatments, 6 repetitions and 6 plants per experimental unit. Variables associated with crop development (plant height, number of leaves and crop phenology), yield, fruit quality and plant physiology (net rate of photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, thermal differential crop-environment, chlorophyll index, xylematic water potential) were determined. The results indicated that the different treatments did not adversely affect the variables studied, which indicates that the passion fruit plant is capable of tolerating water restrictions without altering its

(*)Recibido 27-4-2019

Aceptado: 20-03-2020

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Agrosavia. Mosquera, Cundinamarca. Apdo. 344300. grodriquezy@agrosavia.co <https://orcid.org/0000-0003-3709-8534>; rleon@agrosavia.co. <https://orcid.org/0000-0002-9928-5282>; tmiranda@agrosavia.co <https://orcid.org/0000-0003-4324-3662>.

²Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. Apdo. 2101; carmen.basso@ucv.ve <https://orcid.org/0000-0001-5272-165X>; mari-fe-1@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-2945-9902>

physiological functions, or affecting its development, yield and fruit quality. This information is of great importance since it allows to make a more efficient use of water in passion fruit cultivation.

Key words: water stress, phenology, ecophysiology, evapotranspiration, irrigation.

INTRODUCCIÓN

La familia Pasifloraceae tiene una gran diversidad de especies, 80 de ellas producen frutos comestibles. A pesar del éxito de algunas, otras especies aún son poco conocidas y de baja importancia económica (Bernacci *et al.* 2008). Por otro lado, el maracuyá tiene un gran valor comercial en diferentes países (Ocampo y Wyckhuys 2012). Representa un cultivo importante en la producción de fruta de Venezuela, dado el consumo como fruta fresca y el procesamiento de diferentes productos por parte de la agroindustria (Aular y Casares 2011).

En Venezuela, la producción de maracuyá corresponde principalmente a las regiones bajo la clasificación de Bosque Tropical Seco, que se caracterizan por presentar 5 a 6 meses con déficit hídrico. Además, el hecho del carácter semiperenne de este cultivo (entre dos a tres años) hace que los estudios sobre el efecto del estrés hídrico en la planta sean muy importantes de abordar (Rodríguez, 2016).

La falta de conocimiento en aspectos de la ecofisiología de los cultivos, así como lo errático y cambiante de las condiciones climáticas, afecta la producción agrícola. Uno de los factores más relevantes es la precipitación, que puede causar problemas debido a déficit o exceso (Basso *et al.* 2019). Sin embargo, el déficit hídrico afecta diferentes aspectos del desarrollo y la productividad del cultivo de pasifloras (Corrêa, 2004, Casierra-Posada y Roa, 2007, Fischer *et al.* 2009, Fischer, 2010).

Por otro lado, se sabe que la escasez de agua ha generado la necesidad de crear estrategias de riego destinadas a mejorar la eficiencia de su uso por las plantas. Durante su ciclo de vida, éstas tienen requerimientos de agua que varían según las diferentes etapas fenológicas (Azcon-Bieto y Talón, 2000, Chai *et al.* 2015). En tal sentido, es posible reducir las contribuciones de agua en ciertos

períodos fenológicos de tal manera que el déficit hídrico no afecte significativamente los rendimientos y la calidad de la fruta (Fischer *et al.* 2010). En esta investigación, se evaluó el efecto de la restricción de agua durante diferentes fases fenológicas sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del maracuyá en un área perteneciente al Bosque Tropical Seco, ubicada en Maracay, estado de Aragua, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en el Campo Experimental del Instituto de Agronomía, de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, ubicado a 10° 17'03" LN y 67° 36'16" LO, a 455 msnm. El suelo se clasifica como *Typic haplustepts*, francosa fina, mixta, isohipertérmica y se caracteriza por texturas limosas y franco arcillosas, con drenaje imperfecto dentro y fuera del perfil del suelo (Rodríguez 2016).

Descripción del experimento

Se utilizó como material vegetal plantas de maracuyá amarillo, provenientes de selecciones de semillas en ensayos anteriores. Las distancias de plantación utilizadas fueron 2 m entre plantas y 3 m entre hileras, equivalentes a 1666 plantas/ha. Las plantas se desarrollaron en espaldera vertical con un sistema de conducción tipo cortina y un solo cable colocado a una altura de 1,80 m de la superficie del suelo.

Para el suministro de agua del cultivo, se implementó el riego por goteo localizado con descarga de 1,24 l h⁻¹. Se llevó registro de los datos climáticos en la estación meteorológica CENIAP-INIA, ubicada a 10°17'14 " N y 67°36'02 " O a 455 metros sobre el nivel del mar y ubicada cerca del área experimental. Adicionalmente, en el área experimental se instaló un pluviómetro y atmómetro, para registrar la precipitación y

evapotranspiración potencial (Eto), durante el desarrollo experimental se presentan en respectivamente. Los resultados de estos registros la Figura 1.

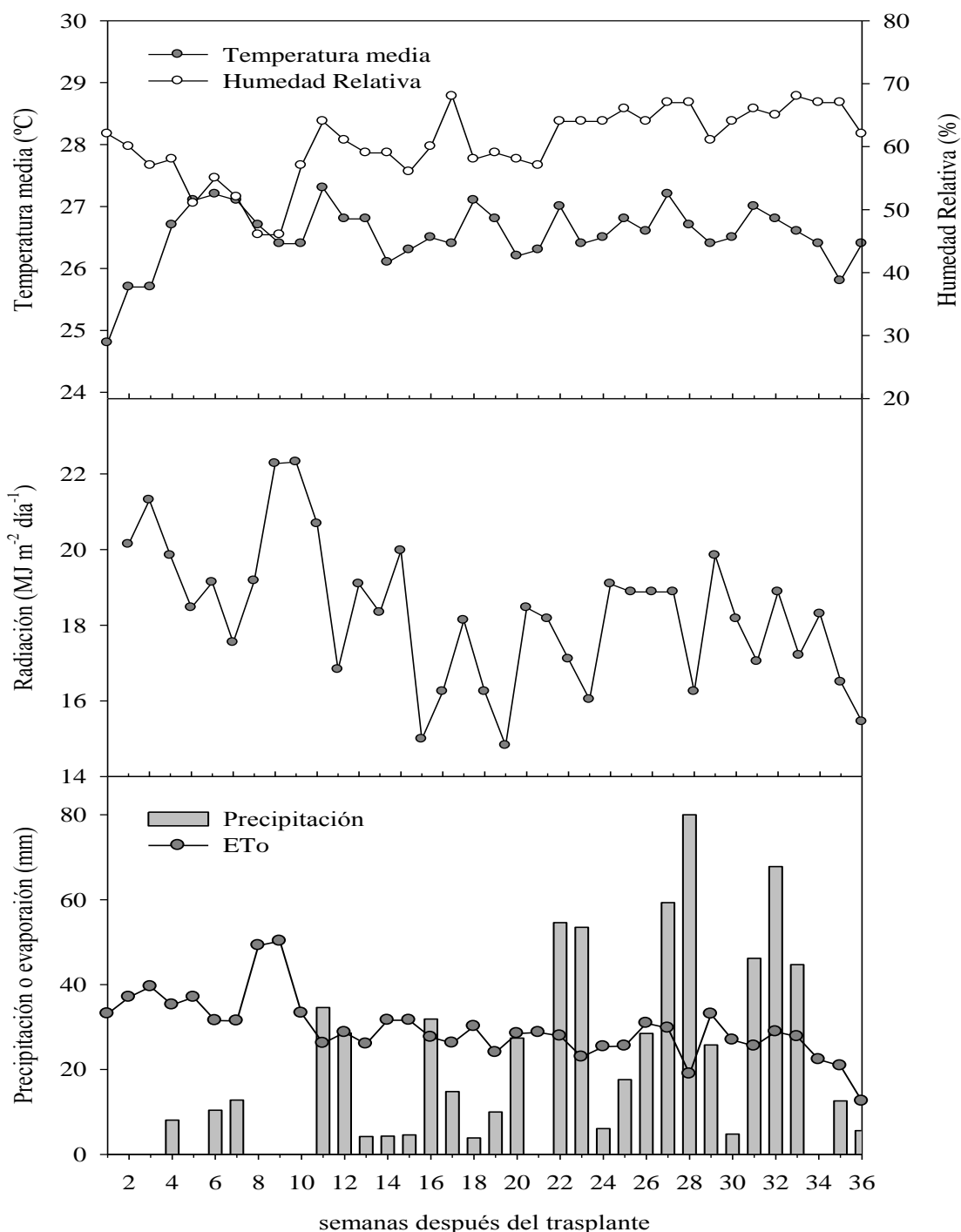


Figura 1. Registro de datos climáticos durante el desarrollo del experimento. (Fuente: INIA-CENIAP; periodo 9/03/2015 al 13/ 11/2015).

Diseño del experimento

El diseño experimental fue de bloques al azar con 4 tratamientos, 6 repeticiones y 6 plantas

por unidad experimental, para un total de 144 plantas en un área de 864 m². Los tratamientos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo.

Tratamiento	Descripción
T1	Suministro del 100 % ETc durante todo el ciclo del cultivo (control).
T2	Suministro del 50 % ETc durante la fase fenológica de crecimiento apical (desde la semana 3 a 6 después del trasplante) y 100 % ETc en el resto del ciclo.
T3	Suministro del 50 % ETc durante la fase fenológica de crecimiento lateral (desde la semana 7 a 12 después del trasplante) y 100 % ETc en el resto del ciclo.
T4	Suministro del 50 % ETc durante la fase fenológica de floración (desde la semana 13 a 21 después del trasplante) y 100 % ETc en el resto del ciclo.

Durante los primeros 15 días después del trasplante, el 100 % del requerimiento de riego se aplicó a todas las plantas para un adecuado establecimiento. Después, la restricción de agua se inició de acuerdo con los tratamientos indicados en la Tabla 1, se aplicó riego 3 veces por semana. Las determinaciones de los volúmenes de agua suministrados se calcularon con base en la ETc dada por la fórmula $ETc = ETo \cdot Kc$. Los valores de ETo se estimaron mediante el método del tanque A; se utilizó como valor de Kp 0,8 y como coeficientes de cultivo (Kc) se tomaron los indicados por Corrêa (2004), descritos a continuación:

- Fase de crecimiento apical: 0,4
- Fase de crecimiento lateral: 0,5.
- Fase de floración, fructificación y maduración de la fruta: 0,9.

Variables evaluadas

A. Desarrollo del cultivo

Altura de la planta y número de hojas: se determinó en 4 plantas por unidad experimental hasta el momento en que el 50 % del total de plantas llegó al alambre. Se midió desde la superficie del suelo hasta la inserción en el tallo de la última hoja emergida.

- **Duración de fases fenológicas:** cuando el 50 % de las plantas alcanzaron cada fase fenológica, se tomó la duración en semanas de acuerdo a la clasificación propuesta por Rodríguez (2016). Las fases fenológicas fueron las siguientes:

- a) Crecimiento apical: incluido desde el momento del trasplante hasta que la planta alcanzó la altura de la espaldera.
- b) Crecimiento lateral: definida una vez que se ha realizado la poda terminal de la planta, hasta el momento en que aparece el primer botón floral.
- c) Floración: comprende desde la aparición del primer botón floral hasta la aparición del primer fruto.
- d) Fructificación: desde la aparición del primer fruto (tamaño mayor a 2 cm) hasta el final del primer período de cosecha.

B. Variables fisiológicas

- Intercambio gaseoso

Se utilizó un equipo medidor de gas infrarrojo (IRGA) marca IC-340 Photosynthesys, se determinó la fotosíntesis neta (A ; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), la transpiración (E ; $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y la conductancia estomática (G_s ; $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Las evaluaciones se llevaron a cabo en la fase de crecimiento lateral y floración entre 10 y 11 am en dos plantas por unidad experimental, tomando la cuarta hoja sentido ápice-base de ramas laterales ubicadas en el tercio medio de la planta.

- Diferencial térmico cultivo-ambiente (°C)

Se midió la temperatura de la hoja (T_c) así como la del aire circundante (T_a) con el equipo IRGA; Por diferencia entre ambos, se calculó el diferencial térmico (Jackson *et al.* 1981). La medición se realizó en dos plantas por unidad

experimental, en la misma hoja indicadora señalada anteriormente.

- Índice de clorofila (unidades SPAD)

Mediante el uso de un equipo SPAD marca Konica-Minolta, modelo 502, se realizaron evaluaciones en las fases de crecimiento lateral y floración. Las mediciones se realizaron en la misma hoja indicadora, en dos plantas por unidad experimental y dos observaciones por planta.

- Potencial hídrico xilemático (MPa)

Se determinó con la cámara de presión (Scholander *et al.* 1965), se cubrió la hoja indicadora con bolsas de aluminio, dos horas antes de la lectura, de acuerdo con la metodología propuesta por Naor (2000). Las evaluaciones se realizaron entre 10 am y 12 m.

C. Rendimiento y calidad de fruta

Se tomó un registro del peso (g) y el número de frutos por planta en cada unidad experimental, cosechando diariamente las frutas maduras que cayeron al suelo, para obtener el rendimiento de los tratamientos evaluados. De igual modo, sobre los datos de producción por planta se realizó la estimación de productividad del cultivo (kg/ha).

Para los análisis de calidad de fruta, se muestrearon seis frutos maduros por unidad experimental e hicieron determinaciones de variables físicas y químicas en el período de máxima fructificación. Se determinaron las siguientes variables:

- **Variables físicas:** peso promedio del fruto (g), largo (c), ancho (cm), relación longitud/ ancho, % de jugo, % de cáscara y % de semillas, grosor de cáscara (mm).

- **Variables químicas:** pH (con un medidor de pH portátil anna), sólidos solubles totales (% SST se usó un refractómetro de marca Hitech), acidez (titulación con NaOH 0.1N) y relación SST/Acidez.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se analizaron con el programa SAS versión 8.13. Se realizaron pruebas

T para las mediciones realizadas en la fase de crecimiento apical. A las variables evaluadas en las otras etapas de desarrollo se les aplicó un análisis de varianza con $\alpha = 0,05$ y pruebas de rango múltiple de Waller-Duncan con el mismo nivel de significación. En el caso de la duración de las fases fenológicas, se aplicaron estadísticas no paramétricas (rangos de suma de Wilcoxon y Friedman).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Desarrollo de la planta

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos para el momento de la evaluación de altura (100 % ETo y crecimiento apical con 50 % ETo) en la tercera, cuarta, quinta y sexta semana después del trasplante. Se observó el mismo comportamiento en el número de hojas (Tabla 2).

En este sentido, se ha señalado que, en maracuyá, así como en otras plantas, el consumo de agua está estrechamente relacionado con el desarrollo; mientras el suministro de agua a la planta sea adecuado, el crecimiento aumenta o no se ve afectado negativamente (Borges *et al.* 2002; García *et al.* 2012). Sin embargo, en esta investigación, una restricción de agua del 50 % ETo durante la etapa de crecimiento apical no afectó el crecimiento, lo que sugiere que la planta de maracuyá tiene cierta capacidad de adaptación, que le permite ajustar los procesos fisiológicos para tolerar restricciones hídricas asociadas al riego aplicado.

Con respecto a la fenología de la planta, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos para ninguna de las cuatro fases evaluadas (Tabla 3). El tiempo transcurrido hasta fructificación fue de 14 semanas, con un promedio de 6,6; 6,16 y 8,9 semanas para crecimiento apical, crecimiento lateral y floración, respectivamente. Esto indica que el efecto de la restricción de agua en un 50 % de ETo no causó cambios en la duración de las diferentes fases fenológicas. En tal sentido, Rodríguez (2016) encontró una respuesta similar, sin obtener diferencias estadísticas en las fases fenológicas con riegos de 100; 66 y 33 % ETo.

Tabla 2. Altura de planta y número de hojas en plantas de maracuyá hasta 6 semanas después del trasplante en tratamientos con 100 y 50 % de ETo, en fase de crecimiento apical.

Tratamiento	3 sddt		4 sddt		5 sddt		6 sddt	
	Alt	NH	Alt	NH	Alt	NH	Alt	NH
100 % ETo	68,0	9	83,3	11	113,3	14	145,9	21
CA50 % ETo	75,4	10	95,8	12	126,8	16	150,9	9
p < t	0,156	0,353	0,071	0,564	0,154	0,292	0,674	0,392

CA: fase crecimiento apical; sddt: semanas después del trasplante; Alt: altura de planta; NH: número de hojas. Prueba de t (p<t) con $\alpha=0,05$

Tabla 3. Duración de las fases fenológicas en plantas de maracuyá sometidas a déficit hídrico durante diferentes etapas del desarrollo.

Tratamiento	Crecimiento apical	Crecimiento lateral	Floración	Fructificación
100 % ETo	6,8	6,4	9,0	13,9
CA 50 % ETo	6,5	6,0	8,9	14,2
CL 50 % ETo	-	6,1	8,9	13,4
FL 50 % ETo	-	-	9,1	14,1
Nivel de significación	0,182 ⁺	0,964 ⁺⁺	0,195 ⁺⁺	0,643
CV (%)	-	53,42	23,48	8,21

CA: fase de crecimiento apical; CL: fase de crecimiento lateral; FL: fase de floración

⁺ Suma de rango de Wilcoxon; ⁺⁺Friedman.

B. Fisiología de la planta

No hubo diferencias entre los tratamientos para las variables evaluadas. Estos resultados indican que la restricción de agua aplicada en las diferentes fases fenológicas no afectó significativamente la respuesta fotosintética, la transpiración y la conductancia estomática de la planta (Figura 2).

Pérez y Melgarejo (2015) indican valores referenciales de fotosíntesis neta (A) entre 10 a 20 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, transpiración (E) entre 1 a 5 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y conductancia estomática (Gs) entre 100 hasta 250 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para plantas de maracuyá morado o gulupa, en fases de floración y fructificación en condiciones normales de desarrollo. Estos valores coinciden con los encontrados en las fases fenológicas evaluadas, excepto los de transpiración y conductancia estomática de las plantas con flores que fueron inferiores al rango indicado. Esto sugiere que los valores muy diferentes de E y Gs obtenidos en las dos fases fenológicas probablemente se deban a las condiciones climáticas que ocurrieron al momento de la

evaluación, sin embargo, no afectó la capacidad fotosintética de la planta.

Diferencial térmico cultivo-ambiente

No se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, lo que indica que la restricción en el volumen de agua aplicada no causó estrés hídrico en las plantas (Figura 3). Por su parte, Rodríguez (2016) obtuvo resultados similares al mencionar que restricciones del 66 y 33 % ETo en fases fenológicas no críticas del cultivo (crecimiento apical y lateral), no tuvieron un efecto significativo en esta variable.

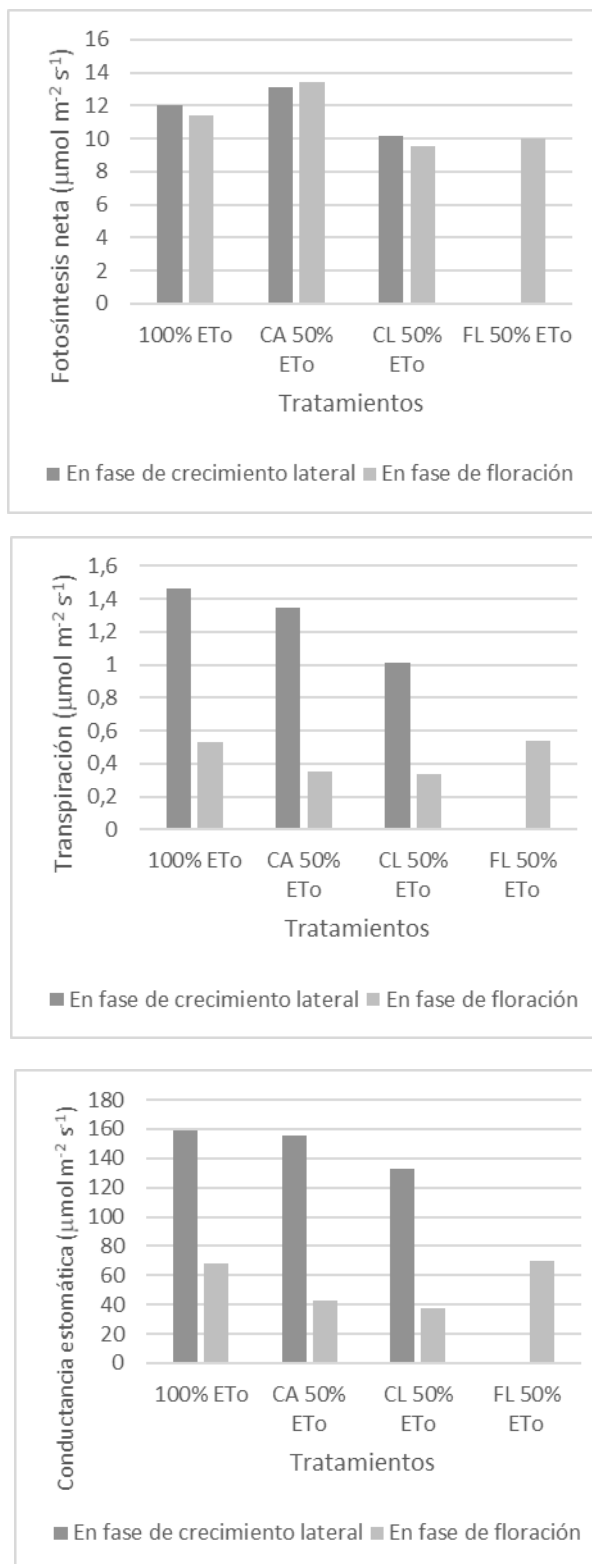


Figura 2. Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y conductancia estomática ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) en plantas de maracuyá sometidas a déficit hídrico en diferentes fases fenológicas.

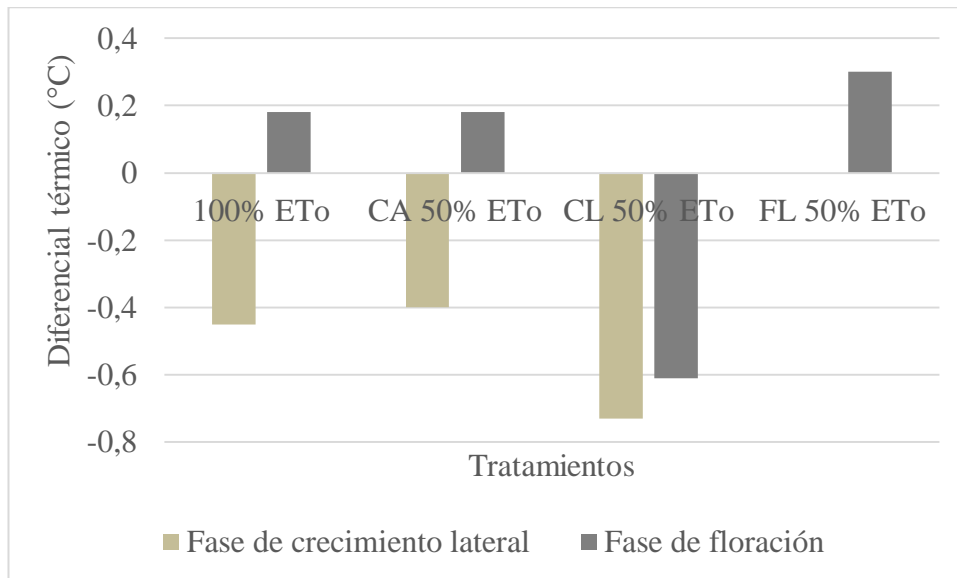


Figura 3. Diferencial térmico cultivo-ambiente en plantas de maracuyá sometidas a déficit hídrico en distintas fases fenológicas.

Como se muestra en la Figura 3, los valores de diferenciales térmicos alcanzados en algunas de las mediciones fueron negativos, lo que indica que la planta no presentó estrés hídrico a pesar de la aplicación de riego restringido al 50 % ETo. Cabe señalar que el estrés hídrico provoca el cierre de los estomas y el consiguiente aumento de la temperatura interna de la hoja, ya que no se produce la transpiración del cultivo (López *et al.* 2009). En ese sentido, se observa que, al momento de la floración, hubo valores positivos, pero no fueron relevantes por presentar diferencias menores a 1°C.

De igual modo, Jackson *et al.* (1981) indican que las plantas con valores positivos altos de diferencial térmico cultivo-ambiente ($T_c - T_a$) se encuentran en condiciones de mayor déficit de agua y valores más bajos, corresponden a plantas bien regadas.

Índice de clorofila

La Tabla 4 muestra los resultados de la evaluación del índice de clorofila en la fase de crecimiento lateral y floración. Se presentaron diferencias ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos en la fase de floración, sin embargo, la variación entre los valores fue muy baja (45,68 a 47,97 Spad). De acuerdo con Castro *et al.* (2011), las unidades Spad están estrechamente relacionadas con la

concentración de clorofila, expresada por el grado de verdor de las hojas. Como el valor es mayor, las hojas son más verdes. En condiciones de estrés hídrico por déficit o exceso se producen procesos que conducen a la degradación de los pigmentos. De igual modo ocurre por deficiencias nutricionales, o senescencia de las hojas, y los valores tienden a disminuir (Basso *et al.* 2019).

Gaudio (2011) señala que las plantas de maracuyá sometidas a estrés hídrico tienen valores entre 30 y 40 unidades Spad, y manifiestan clorosis foliar, mientras que los valores normales oscilan entre 40 y 50 unidades. Los resultados encontrados en la presente investigación indican que las plantas presentaron niveles normales de clorofila y similares a los reportados por Rodríguez (2016) y Basso *et al.* (2019).

Potencial hídrico xilemático

Para esta variable se obtuvieron diferencias significativas (Tabla 4). En tal sentido, Pérez y Melgarejo (2015) señalan que los valores del potencial hídrico se expresan negativamente y que cuanto se encuentre más cerca de cero (0), menor es el estrés en la planta. Por otro lado, a medida que se vuelven más negativos, la planta presenta condiciones de estrés hídrico, ya que el agua se retiene más fuertemente en los tejidos.

Tabla 4. Índice de clorofila (Spad) y potencial hídrico xilemático (MPa) en plantas de maracuyá sometidas a déficit hídrico durante distintas fases fenológicas.

Tratamientos	Índice de clorofila (unidades Spad)		Potencial hídrico xilemático (MPa)	
	Fase Crecimiento lateral	Fase floración	Fase Crecimiento lateral	Fase Floración
100% ETo	45,04	47,33 ab	- 1,19	-1,23 b*
CA 50% ETo	44,15	45,68 c	- 1,27	-1,26 b
CL 50% ETo	43,70	47,97 a	- 1,36	-1,20 b
FL 50% ETo	-	46,50 bc		-1,51 a
p < F	0,758	0,018	0,193	0,045
CV (%)	7,25	2,42	12,19	17,28

CA: fase crecimiento apical; CL: fase crecimiento lateral; FL: fase floración. CV: coeficiente de variación.

*Letras diferentes en una misma columna se corresponden con diferencias significativas (Waller-Duncan, $p \leq 0,05$)

Los valores del potencial hídrico xilemático en la fase de crecimiento lateral fueron homogéneos entre tratamientos y mayores de -2 MPa. En tal sentido, Rodríguez (2016) señala valores similares a los indicados en esta investigación e indica que no fueron limitantes para el desarrollo de plantas de maracuyá y sus funciones fisiológicas. En fase de floración los valores presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, sin embargo, no fueron limitantes en cuanto a un posible estrés hídrico, ya que fueron mayores de -2,0 MPa, valor señalado como crítico para el cultivo de maracuyá (Basso *et al.* 2019).

Estudios realizados por Pérez y Melgarejo (2015) reportan potenciales de agua en las hojas de -1.2 y -1.5 MPa en plantas de gulupa (*Passiflora edulis*) en la etapa de floración y fructificación, respectivamente, sin condiciones de estrés hídrico. Estos investigadores indican que no se considera que estos valores limiten el rendimiento fisiológico de la planta. En la presente investigación no hubo estrés hídrico severo, lo que sugiere que la planta de maracuyá tiene cierta capacidad para tolerar esta condición y mantener sus funciones fisiológicas de manera adecuada.

C. Rendimiento y calidad de fruta

No se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos para la variable rendimiento. El promedio fue de 9,06 kg planta⁻¹ y el número

promedio de frutos por planta fue 53,5 (Tabla 5). Comportamiento similar fue reportado por Rodríguez (2016) cuando aplicó riego deficitario de 66 y 33 % ETo en las etapas de crecimiento apical y lateral, respectivamente, no se observaron efectos negativos en el rendimiento del cultivo de maracuyá.

La Tabla 5 muestra el rendimiento de las plantas de maracuyá durante el primer ciclo de producción, sin encontrar diferencias significativas. Esto tiene implicaciones importantes en el manejo del riego, permite ahorros significativos en los volúmenes de agua aplicados. Los resultados encontrados se corresponden con los reportados para la región central del país y en otras investigaciones desarrolladas en el área experimental (Rodríguez, 2016; Basso *et al.* 2019; Rodríguez *et al.* 2020).

En cuanto a la calidad de fruta, los valores promedio de las variables físicas evaluadas se presentan en la Tabla 6; las frutas alcanzaron buenas características con y sin restricción de agua en los distintos tratamientos. Se presentaron diferencias significativas para la largo del fruto (cm), siendo ligeramente más largos los frutos de las plantas con restricción en 50 % ETo durante las fases de crecimiento lateral y floración.

En líneas generales los resultados encontrados en las variables asociada a calidad

física se corresponden a los encontrados por Rodríguez *et al.* (2020). Rodríguez (2016) señala que cuando se aplicó 33 % de ETo, observó un mayor porcentaje de cáscara y menor porcentaje de jugo, en comparación con las frutas de plantas regadas con 100 y 66 % de ETo. Por su parte, Cordeiro *et al.* (2001) encontraron que plantas con 100 % de ETo, en comparación con 75 y 50 % de ETo, mostraron un mayor peso de fruta. Estos efectos negativos no se observaron en la presente investigación.

En cuanto a las variables químicas (Tabla 7), no hubo diferencias significativas. Se observó un comportamiento promedio de 3,1; 15,52; 4,7 y 3,39 para pH, SST (° Brix), acidez (%) y relación SST / acidez, respectivamente. La restricción de agua aplicada no afectó la calidad química de la fruta bajo las condiciones experimentales y los valores corresponden a rangos normales de acuerdo con lo informado por Aular y Rodríguez (2003); Cavichioli *et al.* (2008); Marques *et al.* (2009); Molina (2011); Coimbra *et al.* (2012); Rodríguez (2016) y Rodríguez *et al.* (2020).

Tabla 5. Rendimiento en el primer ciclo de producción en plantas de maracuyá sometidas a déficit hídrico en diferentes fases fenológicas.

Tratamientos	Rendimiento (kg/planta)	Nº frutos/planta	Rendimiento (kg/ha)
100% ETo	9,63	59,5	16.043
CA 50% ETo	8,55	49,0	14.244
CL 50% ETo	9,19	51,5	15.310
FL 50% ETo	8,89	54,0	14.810
p < F	0,980	0,856	0,882
CV (%)	25,74	19,78	24,87

CA: fase crecimiento apical; CL: fase crecimiento lateral; FL: fase de floración.

Tabla 6. Variables de calidad física en frutos de maracuyá de plantas sometidas a déficit hídrico en distintas fases fenológicas.

Tratamiento	Peso/fruto(g)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Relación largo/ancho	Grosor de cáscara (mm)	% jugo	% cáscara	% semillas
100 % ETo	230,4	96,4 b*	83,5	1,15	7,33	45,5	46,7	7,9
CA 50 % ETo	223,7	96,9 b	82,6	1,17	7,36	45,1	46,7	8,2
CL 50 % ETo	249,5	102,2 a	88,1	1,16	7,28	43,2	49,2	7,6
FL 50 % ETo	229,0	99,0 ab	83,2	1,19	6,19	47,1	44,9	8,0
p < F	0,366	0,039	0,116	0,348	0,330	0,538	0,545	0,870
CV (%)	11,10	3,51	4,79	3,10	17,80	10,00	10,85	18,14

CA: fase crecimiento apical; CL: fase crecimiento lateral; FL: fase de floración. *Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo con la prueba de Waller-Duncan test (p < 0,05)

Tabla 7. Variables de calidad química en frutos de maracuyá de plantas sometidas a déficit hídrico en diferentes fases fenológicas.

Tratamientos	pH	SST (° brix)	Acidez (%)	Relación SST/Acidez
100 % ETo	3,1	15,3	4,9	3,22
CA 50 % ETo	3,1	15,7	4,7	3,43
CL 50 % ETo	3,1	15,6	4,7	3,35
FL 50 % ETo	3,1	15,5	4,5	3,56
p < F	0,802	0,730	0,553	0,172
CV (%)	2,98	3,28	7,85	7,60

CA: fase crecimiento apical; CL: fase crecimiento lateral; FL: fase de floración. SST: sólidos solubles totales

CONCLUSIONES

Con base en los resultados encontrados, el cultivo de maracuyá podría tener comportamiento de tolerancia a condiciones de déficit hídrico. Cuando se restringió el 50 % de la ETo durante alguna fase fenológica hasta el momento de floración, no se ven afectadas en forma significativa las funciones fisiológicas, ciclo de la planta, rendimiento o calidad de fruta.

REFERENCIAS

- Aular, J y Rodríguez, J. 2003. Algunas características físicas y químicas de cuatro especies de pasifloras. *Bioagro (Ven)*. 15(1):41-46.
- Aular, J. y Casares, M. 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. *Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal*. 33(1): 187-198.
- Azcón-Bieto, J y Talón, M. 2000. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Ediciones Universidad de Barcelona/McGraw-Hill. Madrid, España. 515 p.
- Basso, C., Rodríguez, G., Rivero, G., León, R., Barrios, M. y Díaz, G. 2019. Respuesta del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) a estrés por inundación. *Bioagro* 31(3):185-192.
- Bernacci, L., Vilela, N., Da Silva, I. and Molina, L. 2008. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite yellow passion fruit (and others colors). *Rev. Bras. Frutic.* 30(2):566-576.
- Borges, A., Correa, R., Lima, A. e Almeida, I. 2002. Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo, e na produtividade do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 24(1): 208-213. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452002000100045>.
- Casierra-Posada, F y Roa, H. 2007. Efecto del déficit hídrico moderado en el suelo sobre el crecimiento y distribución de material seca en granadilla (*Passiflora ligularis*). *Revista UDCA Actual Divulg. y Cient.* 9(2):169-180.
- Castro, F., Campostrini, E., Torres-Netto, A. and Hespanhol, L. 2011. Relationship between photochemical efficiency (JIP-Test parameters) and portable chlorophyll meter Reading in papaya plants. *Braz. Plant. Physiol.* 23:295-304.
- Cavichioli, J., Ruggiero, C. e Volpe, C. 2008. CaracterizaÇão físico-química de frutos de maracujazeiro-amaerlosubmetidos á iluminaÇão artificial, irrigaÇão e sombreamento. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal*. 30(3):649-656.
- Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H., Waskon, R., Niu, Y. and Siddique, K. 2015. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36(1): 338-359.
- Coimbra, K., Peixoto, J., De Sousa, M. e Junqueira, N. 2012. Produtividade e qualidade de frutos de progênies de maracujazeiro-azedo cultivados no distrito federal. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal*. 34(49):1121-1128.
- Cordeiro, A., Martins, D., Monnerat, P., Salassier, B. e Da Silva, J. 2001. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro amarelo associadas a estação fenológica, adubaçao potassica e lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal*. 23(2): 403-408. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452001000200041>.
- Corrêa, R. 2004. Evapotranspiração e coeficiente de cultura em dois ciclos de produção do maracujazeiro amarelo. Tese de Mestre. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. pp. 22-68.

- Fischer, G. 2010. Condiciones ambientales que afectan el desarrollo y calidad de las pasifloráceas. *In: Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Passiflora*. Colombia. pp. 10-22.
- Fischer, G., Casierra-Posada, F. y Piedrahíta, W. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. *In: Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra-Posada, F., Piedrahíta, W. y Florez, L. (eds.). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. pp. 45-67.
- Fischer, I., Marqués, A., Fileti, M., Marqués, R., De Arrula, M. e Bueno, C. 2010. Avaliação de passifloras, fungicidas e *Trichoderma* para o manejo da podridão-do-colo do maracujazeiro causada por *Nectria haematococca*. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal. 32(3): 709-717. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000090>.
- García, Y., Rivero, J. y Brito, J. 2012. Evaluación del efecto de dos sistemas de riego sobre el desarrollo vegetativo del cultivo de la parchita maracuyá (*P. edulis* var *flavicarpa* Deg) en el Valle de Quíbor, Venezuela. *Irriga, Botucatu*. 17(2): 264-273. Doi: <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v17n2p264>.
- Gaudio, M. 2011. Respostas ecofisiológicas e bioquímicas do maracujazeiro (*Passiflora edulis* Sims) ao déficit hídrico. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória. Brasil. Tesis de Mestre. 70 p.
- Jackson, R., Idso, S., Reginato, R. and Pinter, P. 1981. Canopy temperatures as a crop water stress indicator. *Water Resources Research*. 17: 1133-1138. Doi: <https://doi.org/10.1029/WR017i004p01133>
- López, R., Arteaga, R., Vásquez, M., López, I. y Sánchez, I. 2009. Índice de estrés hídrico como indicador del momento de riego en cultivos agrícolas. *Agricultura Técnica en México*. 35(1): 97-111.
- Marques, M., Bonomo, R., De Sena, D., Rodrigues, R. e Ragagnin, V. 2009. Produção do maracujazeiro amarelo em condições de sequeiro e irrigado em Jataí, GO. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. 3(1):13-21. Doi: [10.7127/rbai.v3n100019](https://doi.org/10.7127/rbai.v3n100019).
- Molina, L. 2011. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*. Jaboticabal. 33: 83-91. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500012>
- Naor, A. 2000. Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. *Acta Horticulturae*. 537: 447-454. Doi: [10.17660/ActaHortic.2000.537.52](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.537.52).
- Ocampo, J. y Wyckhuys, K. 2012. Tecnología para el cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* f. *Edulis* Sims) en Colombia. Centro de Bio-Sistemas Universidad Jorge Tadeo Lanzano, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, República de Colombia. Bogotá. 68 p.
- Pérez, L. y Melgarejo, M. 2015. Photosynthetic performance and leaf water potential of gulupa (*Passiflora edulis* Sims) in the reproductive phase in three locations in the Colombian Andes. *Acta Biológica Colombiana*. 20(1):183-194. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v20n1.42196>.
- Rodríguez, G. 2016. Evaluación del manejo de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en ciclo anual, con riego deficitario controlado y control biológico de *Fusarium* spp. a base de *Trichoderma* spp.

Universidad Central de Venezuela. Tesis de Doctorado. Venezuela. 200 p.

Rodríguez, G; Pradenas, H; Basso, C; Barrios, M; León, R; Perez, M. 2020. Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*. 31(1):117-128.

Scholander, P.F.; H. Hammel; E. Bradstreet; E. Hemmingsen. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148:339.