

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

DOCTORADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

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.

Ing. Agr. MSc. Gustavo Rodríguez

Maracay, enero 2016

**TESIS DOCTORAL PRESENTADA COMO REQUISITO FINAL PARA OPTAR
AL TÍTULO DE DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

Dr. Miguel Asdrúbal Arcia

Comité Asesor

Dr. Roberto Villafañe

Comité Asesor

Dra. Carmen Basso de Figuera

TUTORA



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DOCTORADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS



Comisión de Estudios
de Postgrado

VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Agronomía y el Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela, para examinar la **Tesis Doctoral** presentada por: **GUSTAVO ADOLFO RODRÍGUEZ YZQUIERDO**, Cédula de identidad N° 12.139.540, bajo el título **"EVALUACIÓN DEL MANEJO DE PARCHITA MARACUYÀ (*Passiflora edulis* Sims) EN CICLO ANUAL, CON RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO Y CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium* spp. A BASE DE *Trichoderma harzianum*"**, a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 19 de Enero de 2016 a las 10:30 AM., para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo en el aula 104 del Departamento e Instituto de Agronomía, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado **es pionero en la aplicación del Riego Deficitario Controlado en este cultivo, demuestra las bondades de su manejo en ciclo anual y abre la posibilidad de una nueva línea de investigación en Venezuela, basado en el uso racional del recurso hídrico tan limitante en la actualidad, como consecuencia del cambio climático.**



Igualmente el jurado acordó modificar el título, quedando el título definitivo de la siguiente manera: **"EVALUACIÓN DEL MANEJO DEL CULTIVO DE PARCHITA MARACUYÀ (*Passiflora edulis* Sims) EN CICLO ANUAL, CON RIEGO DEFICITARIO CONTROLADO Y CONTROL BIOLÓGICO DE *Fusarium* spp. A BASE DE *Trichoderma* spp."**.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 19 días del mes de Enero del año 2016. Conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del jurado la **Dra. Carmen Basso**.



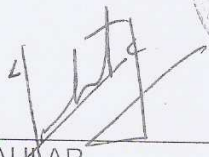
FRANKY MÉNDEZ
C.I. 5.648.757
FAGRO-UCV

Jurado designado por el Consejo
de la Facultad



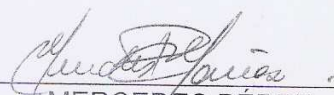
JOSE VICENTE LAZO
C.I. 3.054.595
FAGRO-UCV

Jurado designado por el Consejo
de la Facultad



JESUS AULAR
C.I. 4.608.391
UCLA

Jurado designado por el Consejo
de Estudios de Postgrado



MERCEDES PÉREZ
C.I. 5.145.642
INIA

Jurado designado por el Consejo
de Estudios de Postgrado



CARMEN BASSO
C.I. 3.934.787
FAGRO-UCV
Tutor

AGRADECIMIENTO

Es necesario expresar mi sincero agradecimiento a quienes en diferentes ámbitos colaboraron con la realización de la presente Tesis:

- A mi Tutora, Profa. Carmen Basso, por su valiosa orientación, opiniones y apoyo en los aspectos concernientes al desarrollo de la investigación.
- A diferentes colegas y amigos que contibuyeron asesorando en sus tópicos de especialidad, especialmente a los Profesores Wilfre Machado, Mercedes Pérez, Joceline Ascencio y Miguel Asdrúbal Arcia.
- Al Prof. Gabriel Díaz e Ing. Lennys Montana, a quienes les expreso mi más profundo agradecimiento por su incondicional apoyo en las actividades de campo y laboratorio durante los dos años de llevado el experimento.
- A mis compañeros de trabajo del Instituto de Agronomía, especialmente a los Profesores Marta Barrios, Humberto Moratinos, Petra Madriz y Tehuni González por compartir experiencias, opiniones u ofrecer algún consejo.
- Al Prof. Roberto Villafañe por su participación dentro del Comité Consejero.
- Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la UCV (CDCH) por la subvención matrícula como parte del financiamiento de mis estudios Doctorales, así como por los recursos recibidos del Proyecto de Investigación PG-01-8094-2011.
- Al FONACIT por el financimientto del Proyecto de Investigación PEII 2012-001779.

DEDICATORIA

A mis hijos, espero que con este ejemplo, vean que a pesar de las adversidades, todo en la vida con esfuerzo, sacrificio y contancia se puede lograr.

RESUMEN

A fin de evaluar el efecto del manejo del cultivo de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en ciclo anual, la aplicación del riego deficitario controlado (RDC) y el uso de *Trichoderma harzianum* como controlador biológico de *Fusarium* sp., se realizaron dos ensayos simultáneos durante los años 2012 y 2013 en el Campo Experimental del Instituto de Agronomía, FAGRO-UCV, diferenciados en cuanto a la aplicación (CT) o no (ST) del hongo antagonista. Durante el primer año, el diseño estadístico fue bloques al azar con 3 tratamientos de riego (100 % de Eto; 66 y 33% de Eto en fases fenológicas no críticas del cultivo como parte del RDC) cuatro repeticiones 2 observaciones por unidad experimental. En el segundo año, se incorporó el factor ciclo del cultivo (anual y continuo) por lo cual, el arreglo de tratamientos fue en parcelas divididas, siendo la parcela principal el riego y la secundaria el ciclo. La aplicación del RDC no afectó las variables de desarrollo del cultivo tales como: altura de planta, número de hojas, área foliar y duración de las fases fenológicas. Igualmente, no incidió negativamente en la fisiología, nutrición mineral y rendimiento del cultivo con los diferentes tratamientos de RDC. La calidad de fruta en el primer año presentó diferencias estadísticas solo para el % de cáscara y % de jugo, no obstante, no fueron valores limitantes dentro de los parámetros normalmente exigidos por la agroindustria. El manejo en ciclo anual permitió obtener desde el punto de vista de la eficiencia productiva, ventajas en cuanto al rendimiento del cultivo, ya que el rendimiento parcial de los dos ciclos anuales, fue superior al rendimiento del cultivo en ciclo continuo. Además, atributos de calidad como peso del fruto, acidez y SST/acidez fueron favorecidos por el manejo en ciclo anual. La aplicación de *Trichoderma harzianum* como estrategia de control biológico redujo el % de plantas enfermas en el ensayo CT en 58,81 y 54,72% para el primer y segundo año del cultivo, respectivamente; demostrando el potencial de uso de esta estrategia para suelos altamente afectados por hongos patogénicos causantes de marchitez del cultivo. Se recomienda la integración de RDC, manejo en ciclo anual y aplicación de *Trichoderma* en zonas de producción con características de alta incidencia de enfermedades del suelo, integrando labores culturales que no favorezcan el exceso de humedad en superficie.

Palabras clave: parchita, ciclo anual, riego deficitario controlado, *Trichoderma harzianum*.

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of crop management of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) in annual cycle, application of controlled deficit irrigation (CDI) and use of *Trichoderma harzianum* as biological control of *Fusarium* sp., two simultaneous trials were performed during the years 2012 and 2013 at the Experimental Field of the Institute of Agronomy, UCV FAGRO, differentiated in terms of application (CT) or not (ST) antagonist fungus. During the first year, the statistical design was randomized blocks with 3 irrigation treatments (100% Eto, 66 and 33% of Eto in non-critical phenological phases of the crop as part of the CDI) four repetitions and two observations per experimental unit. In the second year, the cycle crop (annually and continuous) was incorporated, whereby the arrangement of treatments was split plot, the main plot was irrigation and the secondary was cycle factor. The application of the CDI did not affect crop growth represented by plant height, leaf number, leaf area and duration of phenological phases. Likewise, there were not adverse effects on physiology, mineral nutrition and crop yield with the different CDI treatments. The fruit quality in the first year presented statistical differences ($P < 0.05$) only for peel and juice percentage, however, were not limiting values within the parameters normally required by agroindustry. Annual cycle management allowed obtaining advantages in terms of crop yield from the viewpoint of production efficiency, because the partial yield of two annual cycles was higher to the crop yield in continuous cycle. In addition, quality attributes such as weight fruit, acidity and TSS / acidity were favored by management on an annual cycle. The application of *Trichoderma harzianum* as biocontrol strategy reduced the percentage of diseased plants in CT essay on 58.81 and 54.72% for the first and second year of cultivation, respectively; demonstrating the potential of using this strategy on highly affected areas with wilt pathogenic fungi. The integration of CDI, annual cycle management and application of *Trichoderma* in production areas with high incidence of soil diseases is recommended, adding cultural practices as not to favor the excess surface moisture.

Key words: maracuyá, annual cycle, controlled deficit irrigation, *Trichoderma harzianum*

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Características generales del cultivo	4
Situación de los sistemas de producción en Venezuela.....	9
Ciclo productivo del cultivo. Manejo en ciclo anual	11
Importancia del riego y economía del agua.....	12
Requerimientos hídricos de la parchita maracuyá	14
Efecto del déficit hídrico en las plantas.....	20
Riego Deficitario Controlado (RDC)	25
Uso de Trichoderma spp. como controlador biológico de hongos patogénicos del suelo que afectan el cultivo de parchita maracuyá	30
METODOLOGÍA.....	36
1. Ubicación del ensayo.....	36
2. Diseño del Experimento	36
3. Manejo de la plantación.....	37
4. Variables evaluadas	41
4.1. En la planta:	41
4.2. Variables edáficas evaluadas:.....	45
4.3. Variables económicas	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
I- Desarrollo del cultivo	49
Altura de planta y número de hojas.....	49

-	Primer año.....	49
-	Segundo año.....	53
	Área por hoja y área foliar específica por hoja.....	56
II-	Fisiología del Cultivo	59
	Potencial hídrico xilemático.	59
-	Primer año.....	59
-	Segundo año.....	62
	Diferencial térmico cultivo-ambiente.....	65
-	Primer año.....	65
-	Segundo año.....	67
	Índice de Clorofila (Spad).	69
-	Primer año.....	69
-	Segundo año.....	71
III-	Nutrición del cultivo.....	73
	Nutrición en savia. Primer año	73
	Nitrato Primer año.....	73
	Potasio Primer año	75
	Calcio Primer año.....	77
	Nutrición en savia. Segundo año	78
	Nitrato Segundo año.....	79
	Potasio Segundo año	80
	Calcio Segundo año.....	82
	Análisis de nutrimentos en tejido foliar.	84
-	Primer año.....	84
-	Segundo año.....	85
IV-	Rendimiento.....	87

-	Primer año.....	87
-	Segundo año.....	91
V-	Calidad de fruta.	97
-	Primer año.....	97
-	Segundo año.....	101
VI-	Humedad del suelo y cantidad de agua aplicada al cultivo.	104
-	Primer año.....	104
-	Segundo año.....	108
VII-	Desarrollo radical.	113
-	Primer año.....	113
-	Segundo año.....	116
VIII-	Incidencia de Fusarium.	119
-	Primer año.....	119
-	Segundo año.....	122
IX-	Análisis económico	127
X-	Análisis de Componentes Principales Relación entre la incidencia de Fusarium, el rendimiento y las variables edáficas.	134
	Propiedades físicas del suelo	137
	CONCLUSIONES.....	143
	RECOMENDACIONES	145
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
	ANEXOS.....	170

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Cantidades de nutrimentos absorbidas y exportadas por el fruto en plantas de parchita maracuyá.	8
Cuadro 2. Caracterización inicial del suelo en cuanto a propiedades químicas a dos profundidades del perfil para ambos ensayos.....	45
Cuadro 3. Propiedades físicas del suelo en muestras no disturbadas a tres profundidades del perfil en el cultivo de parchita maracuyá para ambos ensayos	46
Cuadro 4. Caracterización inicial del suelo en cuanto al análisis textural en las tres primeras capas de suelo para ambos ensayos.	46
Cuadro 5. Caracterización de los valores de retención de humedad del suelo (%) a diferentes tensiones para ambos ensayos en la primera capa de suelo.....	46
Cuadro 6. Valores de altura de planta (cm) para el factor riego durante el primer ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.....	50
Cuadro 7. Valores de altura de planta (cm) para el factor <i>Trichoderma</i> durante el primer ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.	50
Cuadro 8. Valores de número de hojas por planta para el factor riego durante el primer ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.	50
R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. Alt: altura de planta. NH: número de hojas.	50
Cuadro 9. Valores de número de hojas por planta para el factor <i>Trichoderma</i> durante el primer ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.....	51
Cuadro 10. Días transcurridos hasta alcanzar la altura del alambre (DAA) en plantas de parchita maracuyá con relación al factor riego durante el primer ciclo del cultivo.	51
R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%.	51
Cuadro 11 Días transcurridos hasta alcanzar la altura del alambre (DAA) en plantas de parchita maracuyá con relación al factor <i>Trichoderma</i> durante el primer ciclo del cultivo.	51
Cuadro 12. Duración de las fases fenológicas (días) de plantas de parchita maracuyá de acuerdo al riego evaluado durante el primer ciclo de producción.	52
Cuadro 13. Duración de las fases fenológicas (días) de plantas de parchita maracuyá asociado al factor <i>Trichoderma</i> durante el primer ciclo de producción.	53
Cuadro 14. Valores de altura de planta para el factor riego durante el segundo ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.....	54

Cuadro 15. Valores de altura de planta para el factor <i>Trichoderma</i> durante el segundo ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá	54
Cuadro 16. Valores de número de hojas para el factor riego durante el segundo ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.....	55
Cuadro 17. Valores de número de hojas para el factor <i>Trichoderma</i> durante el segundo ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá	55
Cuadro 18. Días transcurridos hasta alcanzar la altura del alambre (DAA) en plantas de parchita maracuyá con relación al factor riego durante el segundo ciclo del cultivo.....	56
Cuadro 19. Días transcurridos hastaa alcanzar la altura del alambre (DAA) en plantas de parchita maracuyá con relación al factor <i>Trichoderma</i> durante el segundo ciclo del cultivo.....	56
Cuadro 20. Área por hoja (cm ²) y área foliar específica por hoja (cm ² .g ⁻¹) en plantas de parchita maracuyá en etapa de floración y cosecha de acuerdo al factor riego durante el primer año de producción.....	57
Cuadro 21. Área por hoja (cm ²) y área foliar específica por hoja (cm ² .g ⁻¹) en plantas de parchita maracuyá en etapa de floración y cosecha de acuerdo al factor <i>Trichoderma</i> durante el primer año de producción.	58
Cuadro 22. Potencial hídrico xilemático (MPa) en función al tipo de riego durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y reposo en el cultivo de parchita maracuyá.....	59
Cuadro 24. Valores de PHX en plantas de ciclo continuo en fase de reposo para el segundo año de producción en ambos ensayos, durante evaluación realizada el 24 de abril de 2013, para factor riego y <i>Trichoderma</i>	63
Cuadro 25. Valores promedio de PHX para plantas de ciclo anual en etapa de floración durante el segundo año de producción, en evaluación realizada el 16 de junio de 2013.	63
Cuadro 26. Valores de PHX en plantas de ciclo anual en etapa de fructificación durante el segundo año de evaluación, en evaluación realizada el 16 de septiembre de 2013.....	64
Cuadro 27. Valores de diferencial térmico cultivo-ambiente durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y reposo en el cultivo de parchita maracuyá.....	66
Cuadro 28. Valores de diferencial térmico cultivo-ambiente en fase de floración, fructificación y reposo para factor <i>Trichoderma</i> en el cultivo de parchita maracuyá.	67
Cuadro 29. Valores de DIFT en plantas de ciclo continuo en fase de reposo para el segundo año de producción, durante evaluación realizada el 24 de abril de 2013, para factores riego y <i>Trichoderma</i>	67
Cuadro 30. Valores promedio de DIFT para plantas de ciclo anual en etapa de floración durante el segundo año de producción, el 16 de junio de 2013 para factores riego y <i>Trichoderma</i>	68

.R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. DIFT: diferencial térmico cultivo-ambiente. CT: con aplicación de <i>Trichoderma</i> ; ST: sin aplicación de <i>Trichoderma</i>	68
Cuadro 31. Valores promedio de DIFT para plantas de ciclo anual en etapa de fructificación durante el segundo año de producción, realizada el 16 de septiembre de 2013 para factores riego y <i>Trichoderma</i>	69
Cuadro 32. Valores de índice de clorofila (unidades Spad) durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y reposo en el cultivo de parchita maracuyá para el factor riego.	70
Cuadro 33. Valores de índice de clorofila (unidades Spad) en fase de floración, fructificación y reposo para factor <i>Trichoderma</i> en el cultivo de parchita maracuyá.	71
Cuadro 34. Valores de Índice de Clorofila (unidades Spad) en plantas de ciclo continuo en fase de reposo para el segundo año de producción, el 24 de abril de 2013, para factor riego y <i>Trichoderma</i>	71
Cuadro 35. Valores promedio de Índice de Clorofila (unidades Spad) para plantas de ciclo anual en etapa de floración durante el segundo año de producción, en evaluación realizada el 16 de junio de 2013.	72
Cuadro 36. Valores promedio de Índice de Clorofila (unidades spad) para plantas de ciclo anual en etapa de fructificación durante el segundo año de producción, en evaluación realizada el 16 de septiembre de 2013.	72
Cuadro 37. Valores de nitrato en savia (mg.L ⁻¹) durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.	73
Cuadro 38. Valores de nitrato en savia (mg.L ⁻¹) para el factor <i>Trichoderma</i> en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el primer ciclo de cultivo.	75
Cuadro 39. Valores de potasio en savia (mg.L ⁻¹) durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.	76
Cuadro 40. Valores de potasio en savia (mg/L) durante el primer año de evaluación para el factor <i>Trichoderma</i> en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, en el cultivo de parchita maracuyá.	76
Cuadro 41. Valores de calcio en savia (mg.L ⁻¹) durante el primer año de evaluación para el factor riego en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.	77
Cuadro 42. Valores de calcio en savia (mg.L ⁻¹) durante el primer año de evaluación para ambos ensayos en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, en el cultivo de parchita maracuyá.	78

Cuadro 43. Valores de nitrato en savia (mg.L ⁻¹) durante el segundo año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.	79
Cuadro 44. Valores de nitrato en savia (mg.L ⁻¹) en función al factor <i>Trichoderma</i> en fase de floración, fructificación y final de cosecha, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo ciclo de cultivo.	79
Cuadro 45. Valores de nitrato en savia (mg.L ⁻¹) en cuanto al factor ciclo en fase de floración, fructificación y final de cosecha, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo año evaluado.	80
Cuadro 46. Valores de potasio en savia (mg.L ⁻¹) durante el segundo año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.	81
Cuadro 47. Valores de calcio en savia (mg.L ⁻¹) para el factor <i>Trichoderma</i> en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo ciclo de cultivo.	81
Cuadro 48. Valores de calcio en savia (mg.L ⁻¹) en cuanto al factor ciclo en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo año evaluado.....	82
Cuadro 49. Valores de calcio en savia (mg.L ⁻¹) durante el segundo año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.	82
Cuadro 50. Valores de calcio en savia (mg.L ⁻¹) para factor <i>Trichoderma</i> en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo ciclo de cultivo.	83
Cuadro 51. Valores de calcio en savia (mg.L ⁻¹) en cuanto al factor ciclo en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo año evaluado.....	83
Cuadro 52. Resultados de la interacción Riego x Ciclo en etapa de fructificación y cosecha para el contenido de calcio en savia (mg.L ⁻¹) en plantas de parchita maracuyá durante segundo año de cultivo.	84
Cuadro 53. Concentración de macroelementos en tejido foliar durante el primer año de evaluación en etapa de floración para factor riego y ciclo.....	85
Cuadro 54. Concentración de macroelementos en tejido foliar durante el segundo año de evaluación en etapa de floración y final de cosecha para plantas en ciclo anual.	86
Cuadro 55. Rendimiento obtenido en el cultivo de parchita maracuyá durante el primer ciclo de producción, de acuerdo a los factores riego y <i>Trichoderma</i>	88
Cuadro 56. Interacción significativa entre los factores <i>Trichoderma</i> y Ciclo para las variables de rendimiento (kg.pl ⁻¹ y t.ha ⁻¹) en parchita maracuyá durante el segundo año de producción.	91

Cuadro 57. Variables de rendimiento para el segundo año de producción con respecto al factor riego en plantas de parchita maracuyá.	94
Cuadro 58. Producción acumulada para los dos años de experimentación en función al factor <i>Trichoderma</i>	94
Cuadro 59. Rendimiento de acuerdo al riego utilizado y ciclo durante los años de evaluación para ambos ensayos.	95
Cuadro 60. Productividad acumulada durante los dos años de evaluación del cultivo para ambos ciclos y ensayos estudiados.	96
Cuadro 61. Variables de calidad en frutos de parchita maracuyá en función del factor riego y <i>Trichoderma</i> durante el primer año del cultivo.	97
Cuadro 62. Clasificación de calidad de fruta por calibre en Brasil (CEAGESP, 2001).	100
Cuadro 63. Variables de calidad en frutos de parchita maracuyá en función de los factores riego, <i>Trichoderma</i> y ciclo durante el segundo año del cultivo.	102
Cuadro 64. Valores de porcentaje de jugo en frutos de parchita maracuyá en la interacción entre los factores riego x <i>Trichoderma</i>	104
Cuadro 65. Clasificación de los rangos de tensión de agua en el suelo para el equipo Watermark.	105
Cuadro 66. Cantidad de agua aplicada (m ³) en forma de riego al cultivo de parchita maracuyá durante los dos ciclos de evaluación en función del tipo de ciclo (anual y continuo)	109
Cuadro 67. Relación del consumo de agua de riego aplicada al cultivo por kg de fruta producida en plantas de parchita maracuyá durante el primer año de evaluación.	111
Cuadro 68. Relación del consumo de agua de riego aplicada al cultivo por kg de fruta producida en plantas de parchita maracuyá durante el segundo año de evaluación para cada factor considerado.	112
Cuadro 69. Profundidad efectiva del sistema radical en plantas de parchita maracuyá de un año de edad para cada tipo de riego evaluado.	114
Cuadro 70. Variables evaluadas en el sistema radical de plantas de parchita para los tres estratos estudiados de acuerdo al tipo de riego.	115
Cuadro 71. Variables evaluadas en el sistema radical de plantas de parchita para los tres estratos estudiados en el perfil para el factor <i>Trichoderma</i> en ambos ensayos.	116
Cuadro 72. Evaluación del sistema radical en plantas bajo ciclo continuo al final del segundo año de estudio para ambos ensayos.	117

Cuadro 73. Incidencia de <i>Fusarium</i> para primer año de establecimiento del cultivo de acuerdo al tipo de riego en ambos ensayos evaluados.	121
Cuadro 74. Incidencia de <i>Fusarium</i> en plantas bajo ciclo anual y continuo durante el segundo año de evaluación.	123
Cuadro 75. Estructura de costos para el primer y segundo año de producción (2012-2013) con base al establecimiento del cultivo en el área experimental.	128
Cuadro 76. Resumen de costos totales de producción y rentabilidad (ganancia neta) en función del manejo en ciclo anual y continuo para ambos ensayos en el cultivo de parchita.	131
Cuadro 77. Análisis de rentabilidad en función del tipo de riego suministrado al cultivo de parchita en ambos ensayos y durante los dos años de evaluación.	132
Cuadro 78. Rentabilidad acumulada durante los dos años de evaluación en ciclo anual y continuo para el cultivo de parchita maracuyá en función al riego deficitario controlado en ambos ensayos.	133
Cuadro 79. Clasificación textural de los tres horizontes muestreados en campo para cada unidad experimental en ambos ensayos.	138
Cuadro 80. Promedio de la granulometría de partículas finas del suelo en ambos ensayos de las 24 unidades experimentales muestreadas en ambos lotes.	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento promedio mensual (kg.planta^{-1}) en función al tipo de riego, durante el primer ciclo del cultivo para ambos ensayos.	90
Figura 2. Rendimiento promedio mensual (kg.planta^{-1}) en función al tipo de riego, para el segundo año de evaluación en plantas de ciclo anual y continuo para ambos ensayos.	93
Figura 3. Comportamiento del potencial hídrico del suelo para cada tipo de riego durante el primer año de evaluación.	106
Figura 4. Cantidad de agua aplicada en forma de riego y curva de precipitación durante el primer año de evaluación del ensayo.	108
Figura 5. Cantidad de agua aplicada en forma de riego (m^3) y curva de precipitación durante el segundo año de evaluación del ensayo en plantas bajo ciclo anual.	110
Figura 6. Incidencia de <i>Fusarium</i> durante el primer ciclo del cultivo en función de los riegos evaluados, en plantas de parchita maracuyá para ambos ensayos.	121
Figura 7. Incidencia de <i>Fusarium</i> durante el segundo ciclo anual en función de los riegos evaluados, en plantas de parchita maracuyá para ambos ensayos.....	125
Figura. 8. Incidencia de <i>Fusarium</i> en plantas de ciclo continuo en función de los riegos evaluados para ambos ensayos durante el segundo año de cultivo.	125

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resumen ANAVAR combinado para altura de planta en el primer año de evaluación.

Anexo 2. Resumen ANAVAR combinado para número de hojas en el primer año de evaluación.

Anexo 3. Resumen ANAVAR combinado para fenología del cultivo en el primer año de evaluación.

Anexo 4. Resumen ANAVAR combinado para el área foliar en el primer año de evaluación.

Anexo 5. Resumen ANAVAR combinado para potencial hídrico xilemático en el primer año de evaluación

Anexo 6. Resumen ANAVAR combinado para diferencial térmico en el primer año de evaluación

Anexo 7. Resumen ANAVAR combinado para índice de clorofila en el primer año de evaluación.

Anexo 8. Resumen ANAVAR combinado para nitrato en savia en el primer año de evaluación.

Anexo 9. Resumen ANAVAR combinado para calcio en savia en el primer año de evaluación.

Anexo 10. Resumen ANAVAR combinado para potasio en savia en el primer año de evaluación.

Anexo 11. Resumen ANAVAR combinado para los nutrientes determinados en tejido foliar en el primer año de evaluación.

Anexo 12. Resumen ANAVAR combinado para las variables evaluadas en raíces en el primer año de evaluación.

Anexo 13. Resumen ANAVAR combinado variables de rendimiento en el primer año de evaluación.

Anexo 14. Resumen ANAVAR combinado para incidencia de *Fusarium* en el primer año de evaluación.

Anexo 15. Resumen ANAVAR combinado para variables físicas de calidad de fruta en el primer año de evaluación.

Anexo 16. Resumen ANAVAR combinado para variables químicas de calidad para primer año de evaluación.

Anexo 17. Resumen ANAVAR combinado para relación consumo agua de riego por kg de fruta en el primer año de evaluación.

Anexo 18. Resumen ANAVAR combinado para altura de planta en el segundo año de evaluación en plantas bajo segundo ciclo anual.

Anexo 19. Resumen ANAVAR combinado para número de hojas en el segundo año de evaluación en plantas bajo segundo ciclo anual.

Anexo 20. Resumen ANAVAR combinado para el potencial hídrico xilemático y SPAD en el segundo año de evaluación en plantas bajo ciclo anual

Anexo 21. Resumen ANAVAR combinado para el diferencial térmico cultivo-ambiente en el segundo año de evaluación en plantas bajo ciclo anual

Anexo 22. Resumen ANAVAR combinado para las variables fisiológicas en el segundo año de evaluación en plantas bajo ciclo continuo

Anexo 23. Resumen ANAVAR combinado para nitrato, calcio y potasio en savia en el segundo año de evaluación

Anexo 24. Resumen ANAVAR combinado para los nutrientes determinados en tejido foliar durante el segundo año de evaluación

Anexo 25. Resumen ANAVAR combinado para las variables de rendimiento en el segundo año de evaluación.

Anexo 26. Resumen ANAVAR combinado para las variables físicas de calidad de fruta en el segundo año de evaluación

Anexo 27. Resumen ANAVAR combinado para las variables químicas de calidad de fruta en el segundo año de evaluación.

Anexo 28. Resumen ANAVAR combinado para relación consumo agua de riego por kg de fruta en el segundo año de evaluación.

Anexo 29. Resumen ANAVAR combinado para incidencia de *Fusarium* en el segundo año de evaluación.

Anexo 30. Matriz de correlación y probabilidad de las variables edáficas, rendimiento e incidencia de *Fusarium* durante los dos años de evaluación.

Anexo 31. Autovalores de los componentes principales generados.

Anexo 32. Autovalores de cada variable para los diferentes componentes generados

Anexo 33. Análisis de regresión de entre las variables rendimiento e incidencia de *Fusarium* con los componentes generados.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el cultivo de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) 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.

Los sistemas de producción en el país presentan una serie de limitaciones, las cuales afectan el rendimiento y calidad de la fruta. Dichas limitantes son de variada índole, no obstante, el riego deficiente, la alta incidencia de hongos del suelo causante de enfermedades del sistema radical y el mal manejo de distintas prácticas culturales tales como podas, sistemas de conducción, fertilización, entre otras, destacan como elementos por mejorar en este cultivo.

La frecuente incidencia de *Fusarium* spp. sobre el cultivo ha causado un serio deterioro en la productividad del rubro en diferentes regiones del país, provocando además una disminución del tiempo de producción de la planta en el campo. Aunque ésta es capaz de producir por tres o cuatro años, en la actualidad el ciclo del cultivo es de dos años o incluso menos, en muchas zonas del país.

Esto hace pensar en la posibilidad de evaluar alternativas tecnológicas que afronten dicha problemática. Para ello, surge la posibilidad del manejo del cultivo en ciclo anual, comparado con la producción en ciclo continuo tradicionalmente utilizada por los agricultores. Esto pudiera ser una estrategia que promueva mayor eficiencia y productividad en el cultivo.

Otra alternativa sería el control de la humedad del suelo mediante el uso de riego localizado, evitando las condiciones que favorecen el desarrollo de *Fusarium* en el mismo. No obstante, el cultivo durante su ciclo hace un consumo diferencial de agua de acuerdo con la etapa fenológica en la que se encuentre.

Este principio ha servido como fundamento para la técnica de Riego Deficitario Controlado (RDC), la cual ha dado buenos resultados en frutales perennes, tales como vid y

melocotonero. Dicha alternativa permite disminuir la lámina de riego en aquellas fases fenológicas que no son consideradas críticas para el cultivo, respetando el requerimiento total de lámina en aquellas que si lo son, sin disminuir los rendimientos ni la calidad de fruta. Siendo el agua un recurso cada vez más valioso y escaso, esta práctica representa un ahorro y mayor eficiencia dentro del sistema productivo.

Por otra parte, el uso de estrategias de control biológico dentro del enfoque de manejo integrado de enfermedades, cada vez cobra más relevancia en los sistemas de producción agrícola en el mundo. Dentro de esta premisa, el uso de *Trichoderma* spp. ha dado excelentes resultados en la prevención y control de hongos del suelo que atacan a los cultivos. Por ello, un manejo de este microorganismo incorporado a la tecnología de producción de plantas en etapa de vivero, así como en campo, pudiera aminorar la problemática causada por *Fusarium* sobre el cultivo de parchita maracuyá.

En Venezuela, la técnica de riego deficitario controlado y el manejo del cultivo en ciclo anual no han sido evaluados en parchita maracuyá. Del mismo modo, el uso de *Trichoderma* como controlador biológico de enfermedades causadas por hongos del suelo, no ha sido abordado en forma consistente.

Por esta razón, la presente investigación pretende evaluar el efecto del manejo del cultivo en ciclo anual sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto en parchita maracuyá, usando riego deficitario controlado y aplicando estrategias de control biológico con base a *Trichoderma* spp.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del manejo del cultivo de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en ciclo anual y continuo, sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto, usando riego deficitario controlado y aplicando estrategias de control biológico de *Fusarium spp* con base al hongo *Trichoderma harzianum*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto del manejo del cultivo en ciclo anual y continuo sobre el desarrollo, rendimiento y aspectos de calidad de fruta en parchita maracuyá.
- Evaluar la técnica de riego deficitario controlado en el desarrollo del cultivo de parchita maracuyá, comparado con un riego de suministro total de demanda hídrica, aplicando riego por goteo.
- Determinar la estrategia de riego más beneficiosa para el manejo del cultivo de parchita en función del rendimiento, calidad de fruta y cantidad de agua utilizada por kg de fruto cosechado.
- Evaluar variables fisiológicas asociadas al estatus hídrico de la planta y nutricionales bajo los tratamientos seleccionados.
- Evaluar los efectos del *Trichoderma harzianum* sobre la incidencia del hongo *Fusarium spp*. en el cultivo de parchita, aplicando riego deficitario controlado.
- Evaluar el patrón de distribución de raíces en el cultivo de parchita al final del ciclo de la planta en función del manejo anual y continuo, los diferentes esquemas de riego y la presencia de *Trichoderma harzianum* en el suelo.
- Caracterizar la estructura de costos y rentabilidad de los diferentes manejos aplicados al cultivo para determinar el más apropiado desde el punto de vista técnico y económico.

REVISIÓN DE LITERATURA

Características generales del cultivo

En Venezuela, dentro de las especies pertenecientes a la familia Pasifloraceae, la más importante ha sido la parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). Para el año 2010 se señalan 3.275 ha de superficie cosechada, una producción aproximada de 56.115 t y un rendimiento de 17.13 t.ha⁻¹. Los principales estados productores son Zulia, Mérida, Barinas, Aragua, Carabobo, Cojedes, Yaracuy, Apure, Monagas y Apure (MPPAT, 2010).

La especie se considera originaria de Brasil, específicamente de la región del Amazonas, aunque el origen de la parchita maracuyá no está claramente definido, ya que la misma deriva de una mutación de la parchita morada, siendo una incógnita si proviene de Australia o Brasil (León, 2000).

La parchita pertenece al orden Passiflorales, familia Passifloraceae, género *Passiflora* y especie *Passiflora edulis* Sims (Bernacci *et al.*, 2008). Es una planta trepadora, con hojas simples, alternas, comúnmente trilobuladas o digitadas, con márgenes finamente dentados, de color verde profundo, brillante en el haz y pálido en el envés. Posee zarcillos, los cuales son redondos en forma de espiral, que se originan en las axilas de las hojas, se fijan al tacto con cualquier superficie y son los responsables del hábito trepador de la planta. El tallo es cilíndrico, leñoso y a medida que se acerca hacia el ápice va perdiendo consistencia (León, 2000).

Miranda (2009) señala que el sistema radical se desarrolla óptimamente en profundidades hasta 60 cm en el perfil del suelo, profundidades entre 20 y 40 cm se consideran como moderadas y las inferiores a 20 cm no son aptas para el cultivo. Del mismo modo, León (2000) indica que el sistema radical es bastante superficial, ramificado, sin raíz pivotante, distribuido en un 90% en los primeros 45 cm del suelo. En cuanto a su extensión lateral, el 68% del total de raíces se encuentran a una distancia de 60 cm del tronco de la planta, factor importante a considerar a la hora de realizar la práctica de fertilización

Las flores son perfectas, con un androginóforo bien desarrollado; nacen de la axila de las hojas y están sostenidas por tres grandes brácteas verdes que se asemejan a las hojas. Las

flores consisten de tres sépalos de color blanco verdoso, cinco pétalos blancos y una corona formada por un abanico de filamentos que irradian hacia afuera, cuya base es de color púrpura. Sobre el androginóforo se encuentra el androceo, formado por 5 estambres con anteras grandes, las cuales contienen los granos de polen que son de color amarillo y pesados, lo cual dificulta su polinización por el viento, siendo necesaria la intervención de insectos polinizadores, principalmente el cigarrón (*Xylocopa spp.*). El gineceo se encuentra por encima de los estambres; está formado por un ovario tricarpelar, unilocular y multiovulado, con un estigma tripartido sostenido por un estilo. La curvatura de este estilo al momento de la antesis da origen a tres tipos de flores: flor con estilo sin curvatura (rectas), flores con estilo parcialmente curvo y flores con estilo totalmente curvo (Roa, 2002).

Ruggiero (1980) señala que las anteras maduran antes que el estigma, existiendo entonces una dicogamia protándrica. Las flores en parchita maracuyá abren entre las 12:30 p.m y las 3:00 p.m, permaneciendo abiertas hasta el final de la tarde. Una vez cerradas no vuelven a abrir. El tiempo de apertura floral es muy importante, ya que allí se encontrará la mayor actividad de los polinizadores, factor clave a considerar para la aplicación de insecticidas sobre el cultivo, si fuera necesario.

Haddad y Millán (1975) señalan que en la zona central del país la apertura de las flores inicia a partir del mediodía, disminuyendo notablemente después de las 6 de la tarde. Las flores abren una sola vez y mueren al no ser polinizadas. Por su parte, Lima (1999) indica que la floración es considerada como un periodo crítico del cultivo, en el cual se intensifica notablemente la absorción de nutrientes como N, K y Ca, siendo esta etapa correspondida con un aumento en la tasa de crecimiento de la planta.

La parchita maracuyá presenta el fenómeno de autoincompatibilidad, por lo cual, la acción de los polinizadores es necesaria para garantizar la polinización cruzada, siendo un aspecto imprescindible en la obtención de buenos rendimientos (Avilán *et al.*, 1992).

El fruto es una baya, de forma globosa u ovoide, con epicarpio de color amarillo, consistencia dura y lisa. Presenta entre 200 a 300 semillas, cada una rodeada por un arilo que contiene un jugo aromático y rico en nutrientes y vitaminas. Alcanza su madurez a los

60-70 días después de polinizado y es un fruto climatérico. Las semillas son de color negro o violeta oscuro, rodeada de un arilo que contiene el jugo característico de la fruta, además, las semillas poseen aceites en un 20 a 25% y un 10% de proteína (León, 2000).

En cuanto a la composición del jugo, Malavolta *et al.* (1989) destaca los contenidos relativamente altos de vitamina A y ácido ascórbico. Su color es debido a la presencia de carotenoides de color amarillo intenso y su aroma, por la presencia de unos 18 tipos de aceites volátiles, siendo los de mayor proporción hexilica-proato, hexil-butirato, etil-caproato y etil-butirato. Por su parte, Freitas (1987) señala que desde el punto de vista farmacológico existen algunos constituyentes como el passicol, el cual tiene actividad contra bacterias y hongos. Del mismo modo, posee algunos alcaloides como la passiflorina, hoy identificado como hamana, la hamina y el harmol, relacionados con la actividad calmante del jugo.

La propagación del cultivo puede ser por semillas, estaca o injerto, siendo lo más común en los sistemas de producción de Venezuela la propagación por semilla. Es deseable el uso de la injertación como una práctica que puede contribuir a reducir la susceptibilidad a patógenos del suelo como hongos, bacterias y nematodos, los cuales afectan notablemente al cultivo (Aular, 2005).

El clima ideal para el cultivo de parchita se encuentra en regiones tropicales y subtropicales, no soportando heladas ni vientos fríos, la temperatura óptima oscila entre 23 a 25°C, aunque se adapta desde los 21 hasta los 35°C. Por encima de esta temperatura aumenta el crecimiento, pero disminuye la producción por la deshidratación de los estigmas, imposibilitando la fecundación de los ovarios. Igualmente, Fischer *et al.* (2009) indican que la temperatura óptima para el cultivo se encuentra entre 24 y 28°C.

En cuanto a la altitud, comercialmente se cultiva desde los 0 a 1000 msnm. La humedad relativa debe estar alrededor de 60%, zonas con valores superiores son proclives al desarrollo de problemas fitosanitarios en el cultivo (Araújo *et al.*, 2006)

En cuanto a la precipitación, para un óptimo desarrollo la planta requiere zonas con 800 a 1700 mm distribuidos regularmente durante el año (Sousa y Meletti, 1997; Lima, 1999).

Nakasone y Paull (1998) señalan que en las condiciones de Hawái, el cultivo de maracuyá ha sido producido exitosamente con precipitaciones entre 1000 a 1500 mm y riego adicional durante épocas secas. Por su parte Lima (1999) señala que el cultivo requiere una precipitación entre los 800 y 1750 mm.año⁻¹ y una mínima promedio de 80 mm.mes⁻¹.

Fischer *et al.* (2009) señalan que la sequía puede afectar negativamente la iniciación floral y con las altas temperaturas, el crecimiento vegetativo se acelera pero disminuye la producción, dado que ocurre la deshidratación del líquido estigmático, imposibilitando la fecundación de la flor.

Con respecto a la luz, Fischer (2010) refiere que la planta puede percibir el efecto de la luz a través de los siguientes factores: cantidad de luz (intensidad lumínica), calidad de luz (longitud de onda) y horas luz por día (fotoperiodo). Del mismo modo, señala que la parchita maracuyá está calificada como la pasiflorácea más tropical en sus requerimientos.

Watson y Bowers (1965) determinaron que la parchita es una planta de días largos, que requiere 12 horas de luz o más para su óptima floración. Contrariamente, días cortos traen como consecuencia poca floración y modificaciones en la planta, sobre todo en la menor longitud de los entrenudos. Por otra parte, Didier (2001) señala que las plantas necesitan entre 10 y 11 horas luz/día, mientras que la formación de flores se inhibe con menos de 8 horas/luz, resultados que coinciden con investigaciones realizadas por Menzel y Simpson (1994); Sousa y Meletti (1997) y Lima (1999).

Los últimos autores refieren que la producción de pasifloráceas está confinada a ciertas épocas del año, con cambios en la fructificación debido a variaciones en temperatura, fotoperiodo, irradiación o precipitación, estando dichos factores relacionados entre sí.

En cuanto al viento se refiere, deben descartarse zonas donde prevalezcan velocidades considerables, por el daño a las plantas o caída de las estructuras de soporte, a menos que se tengan eficientes barreras o cortinas rompe vientos (Haddad y Millán, 1975; Lima, 1999).

Para el caso de los factores edáficos, la parchita maracuyá requiere de suelos con texturas medias, profundos, de buen drenaje interno y externo, fertilidad media a alta, pH entre 5,5 y 7,0. Las raíces son susceptibles al encharcamiento, por lo cual, en terrenos planos, es

deseable realizar un pequeño camellón para sembrarla sobre el mismo. Suelos arcillosos y con drenaje deficiente deben ser evitados. De igual manera, requiere en el perfil del suelo al menos 45 cm de profundidad con buen drenaje para su óptimo desarrollo (Manica, 1981). Por su parte, Fischer *et al.* (2009) señalan que las pasifloras prosperan bien en suelos sueltos (francos a franco arenosos), profundos, ricos en materia orgánica y bien drenados.

En cuanto a las exigencias nutricionales, Ruggiero (1980) señala que el cultivo de parchita posee un orden jerárquico de extracción de nutrimentos, en la forma siguiente: N>K>Ca>S>Mg>P>Fe>B>Mn>Zn>Cu>Mo. Del mismo modo, indica que una plantación de 1500 plantas.ha⁻¹ y un rendimiento de 35 ton.ha⁻¹ para el primer ciclo de producción, extrae 250 kg N, 17 kg P, 184 kg K, 151 kg Ca, 14 kg Mg, 25 kg S, 295 g B, 198 g Cu, 780 g Fe, 281 g Mn y 216 g Zn. El mismo autor refiere que la absorción de todos los nutrientes aumenta considerablemente a partir de los 250 días después de la siembra, edad que se corresponde al estado de pre-floración. También es muy rápido el crecimiento del sistema radical entre los 210 a 300 días de edad, lo cual se corresponde a su vez con un acelerado desarrollo de la parte aérea, siendo muy importante la aplicación del fertilizante en estos períodos durante el primer ciclo de producción.

Haag *et al.* (1973) señalan las cantidades absorbidas por la planta de parchita y las exportadas por el fruto en plantas con edad de 370 días y densidad poblacional de 1500 plantas/ha (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidades de nutrimentos absorbidas y exportadas por el fruto en plantas de parchita maracuyá.

	Cantidad de nutriente (kg.ha ⁻¹)						Cantidad de nutriente (g.ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn	Bo	Cu
AB	205	17	184	152	14	25	2810	779	317	296	199
EX	45,55	6,90	73,80	6,75	4,05	4,05	180,15	88,05	108,15	37,80	64,05

AB: cantidad absorbida por la planta; EX: cantidad exportada por el fruto

Por su parte, Borges *et al.* (2002a) indican que la planta extrae por hectárea alrededor de 250 kg de nitrógeno, 240 kg de potasio, 160 kg de calcio, 30 kg de azufre, 25 kg de fósforo, y 20 kg de magnesio dentro de los macronutrimentos. Para los microelementos, señalan extracciones de 3 kg de manganeso, 800 g de hierro, 400 g de zinc, 330 g de boro y 250 g

de cobre. Esto con base a una plantación de 800 plantas.ha⁻¹ y un rendimiento promedio de 22,1 ton.ha⁻¹.

Situación de los sistemas de producción en Venezuela

En Venezuela, la vida útil de los huertos de parchita en muchos casos no llega a los 2 años de producción, lo cual puede deberse a la presencia de los hongos del suelo *Fusarium solani* y *Phytophthora sp*, causantes de daños en el sistema radical, provocando muerte repentina o marchitez. Los efectos de la marchitez por *Fusarium* son drásticos, pudiendo incluso morir las plantas 6 meses luego de la siembra. La enfermedad está asociada a las heridas, bien sean por implementos agrícolas, insectos del suelo o nematodos (Aular, 2005; Aular y Casares, 2011).

Otras enfermedades importantes en el cultivo de parchita son la muerte regresiva de las ramas, causada por el hongo *Lasiodiplodia theobromae*; pudrición seca de la raíz, causada por *Fusarium oxysporium*; pudrición de la raíz y el cuello, causada por *Phytophthora parasítica* y antracnosis, causada por *Colletotrichum gloesporioides* (Suárez, 2004).

Por su parte, Pérez (2002) señala que no existen programas de obtención y mejoramiento de materiales genéticos en Venezuela; además, el manejo de los viveros es precario, teniendo problemas por materiales heterogéneos y poco productivos, así como materiales contaminados por mal uso del sustrato y ausencia de viveros especializados.

En cuanto a las prácticas hortícolas, Aular (2005) indica que no se ha generalizado la práctica de poda de formación o de limpieza, favoreciendo el crecimiento descontrolado y las condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades causadas por hongos.

Bautista (2002) señala que la fertilización se realiza de manera inapropiada, dejando el fertilizante en superficie o haciendo mal manejo de las dosis requeridas por la planta, generando desbalances nutricionales. Del mismo modo, indica que son pocos los casos en los que se hacen correctivos de pH y aplicaciones de microelementos en el cultivo.

Para el caso del riego, Aular (2005) señala que no ha sido abordado correctamente, dado que en las principales zonas productoras se hace evidente el estrés hídrico en las plantaciones. Por otra parte, la adopción de métodos inapropiados de riego, tal como riego

por surcos, favorece el desarrollo y dispersión de hongos causantes de enfermedades que afectan notablemente al cultivo. En este sentido, el autor propone el riego localizado, especialmente el goteo, como una alternativa tecnológica idónea para el cultivo de la parchita.

Al respecto, García *et al.* (2012) evaluaron el efecto de riego localizado y por gravedad sobre el desarrollo vegetativo del cultivo, indicando que las variables de crecimiento entre ambos riegos fueron similares. No obstante, el ahorro en el consumo de agua con el sistema localizado es mayor, por lo cual recomiendan su uso en los sistemas de producción de este cultivo, debido a que la suplencia de agua es directamente en la zona radicular, proporcionando la humedad adecuada para que el cultivo pueda desarrollarse.

Dentro de otras prácticas culturales deficientes en los sistemas de producción en Venezuela, se señalan las bajas densidades de plantación y fallas en la instalación y mantenimiento de las espalderas en las zonas productoras (Rosendo y Terán, 2002)

Un problema comúnmente detectado es el precario manejo de la cosecha y postcosecha de los frutos, ocasionando un rápido deterioro y pérdidas considerables. Generalmente no se utilizan adecuados índices de cosecha, se presentan fallas en el transporte por falta de adecuación, no existen normas de calidad, selección y clasificación, así como el manejo de la fruta se hace en sacos de nylon de 40 kg, lo cual es inapropiado para este fruto perecedero (Aular, 2002).

En cuanto al abordaje de la investigación necesaria para el cultivo de parchita en Venezuela, Aular (2005) señala como aspectos prioritarios el control de hongos y nematodos, evaluación de nuevos sistemas de conducción y empleo de altas densidades, aplicar la polinización manual, mejorar la tecnología de viveros y el manejo postcosecha, entre otros.

Por otra parte, García (2002) propone el uso de controladores biológicos como manejo alternativo al control químico de insectos plaga y enfermedades. En el primer caso, señala el uso de *Bacillus thuringiensis* para el control de gusanos del follaje (*Dione* spp.) y trampas con proteína hidrolizada para el control de mosca de la fruta (*Anastrepha* sp.). Del

mismo modo, con relación a los nematodos recomienda el uso de *Paecilomyces lilacinus*. En cuanto a las enfermedades, el autor propone para el control de hongos del suelo aplicaciones de varias especies de *Trichoderma* (*T. lignorum*, *T. aureoviride*, *T. longibrachiatum*) y *Gliocladium roseum*, como hongos antagonistas.

Ciclo productivo del cultivo. Manejo en ciclo anual

En cuanto al ciclo productivo, la planta de parchita puede producir potencialmente hasta los 6 u 8 años de edad, pero la vida comercialmente útil en los sistemas de producción en Brasil se reduce a 3 o 4 cuatro años (Malavolta *et al.*, 1989). Diferentes autores señalan que la capacidad productiva del cultivo se encuentra entre los 2 a 4 años luego de la siembra en plantaciones comerciales (Ruggiero, 1980; Manica, 1981; Avilán *et al.*, 1992; Clemente *et al.*, 2003; Tomaz, 2006; Hafle, 2009). No obstante, en Venezuela producto de la incidencia de hongos patogénicos del suelo, las plantaciones han venido disminuyendo su vida útil a menos de dos años, incluso en casos extremos sin completar el primer año de cultivo (Aular, 2005; Aular y Casares, 2011)

Diferentes estudios en parchita que han sido evaluados por más de dos años de producción continua, evidencian la disminución en la producción a medida que transcurren los años bajo cultivo. En dichos trabajos es evidente una reducción variable del primero al segundo año, haciéndose mucho más acentuada para el tercer ciclo de producción, declinando considerablemente el rendimiento del cultivo (Bowers y Dedolph, 1959; Gachanja y Gurnah, 1980; Gurnah y Gachanja, 1984).

En este sentido, Sampaio *et al.* (2008) evaluaron el cultivo de parchita en ciclo anual en función de la incidencia del virus del endurecimiento del fruto (PWV). De esta manera, obtuvieron rendimientos superiores en el segundo año de producción las plantas manejadas en ciclo anual comparadas con aquellas de dos ciclos continuos. Por su parte, Oliveira (2006) y Yuki *et al.* (2006) indican que el virus del endurecimiento del fruto es el causante de los mayores perjuicios sobre el cultivo. Señalan igualmente que antes de aparecer esta enfermedad, el cultivo era manejado por lo menos durante tres años continuos, sin embargo, el cultivo prácticamente se torna anual en regiones productoras de Brasil como Minas Gerais y Alta Paulista.

Del mismo modo, Rezende (2006) señala que el manejo anual del cultivo de la parchita pudiera ser una alternativa adecuada, siempre y cuando se cuente con un sistema de riego por goteo que garantice el correcto y oportuno suministro de agua para un óptimo desarrollo y rendimiento del cultivo.

Importancia del riego y economía del agua.

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 (Santos *et al.*, 2010).

La agricultura irrigada es responsable por el uso del 69% del agua consumida en el mundo, con una tendencia a la escasez de recursos hídricos. En el contexto del calentamiento global, es necesario el aumento de la eficiencia en el uso del agua para los cultivos (Rodrigues *et al.*, 2010).

Cisneros (2003) señala que el riego agrícola, por su estrecha relación con el uso, el manejo y la conservación del agua, es una de esas áreas dentro de la agricultura que requiere de mayores estudios, avances tecnológicos y de la aplicación de los mismos sin deteriorar el medio ambiente. El autor indica que dentro de las limitantes del factor suelo en el mundo, la que representa mayor porcentaje es la presencia de suelos muy secos (28%), seguido por problemas químicos (23%), suelos poco profundos (22%), suelos demasiado húmedos (10%), suelos permanentemente congelados (11%) y sin limitaciones severas (6%).

Por su parte, Aguilar y Martínez (1986) refieren que del agua presente en la tierra, un 97,57% pertenece a los océanos y tan solo un 0,29% es agua dulce, es decir, proveniente de ríos y lagos, mientras que en los casquetes polares existe un 2,14 % de agua dulce. Esto hace ver lo limitado del recurso hídrico y la necesidad de usarlo en forma racional y eficiente.

La programación del riego consiste en establecer la frecuencia y cantidad de agua a aplicar a un cultivo, de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas en las que éste se encuentre, permitiendo entre otras cosas, hacer un uso más eficiente del agua, aumentar los rendimientos y ahorro de energía, entre otras ventajas (Israelsen y Hansen, 1985; Maldonado *et al.*, 2006).

Actualmente, existen tres formas de programar el riego; la primera consiste en analizar el potencial hídrico del suelo por medio de tensiómetros, sensores dieléctricos, sondas de neutrones, los cuales intentan proporcionar niveles de agotamiento hídrico permisible en el suelo. La segunda forma, comprende la medición del estado hídrico de la planta, mediante indicadores inherentes a la misma, tales como el potencial hídrico xilemático, la resistencia difusiva y la temperatura foliar por medio del uso de termometría infrarroja. Por último, la tercera forma de programación hace referencia al uso del balance hídrico que integra el sistema continuo suelo-planta-clima, para generar información acerca del tiempo y frecuencia de riego, determinando así la demanda hídrica del cultivo (Martín de Santa Olalla y De Juan, 1993; Urdaneta *et al.*, 2003).

Existen métodos indirectos para determinar el contenido de humedad del suelo, mediante la medición de alguna propiedad relacionada con el estado hídrico, por lo cual, se requiere de equipos calibrados bien sea instalados en forma permanente en el campo o portátiles de uso puntual. En este sentido, la técnica de reflectometría de dominio temporal (TDR) mide la constante dieléctrica del suelo, siendo una determinación muy precisa y de carácter portátil (Emekli *et al.*, 2007).

Por su parte, Pérez (2001) señala que el potencial matricial de agua en el suelo se obtiene fácilmente a partir de tensiómetros y bloques de resistencia eléctrica, ambos de fácil adaptación para automatización del riego (electrotensiómetros y sensores de resistencia tipo Watermark). Al respecto, el autor refiere que el rango de funcionamiento del sensor Watermark es -200 kPa y se ha encontrado buena correlación con el potencial hídrico de la planta.

Jones (1990) señala que la disponibilidad de agua en el suelo para los cultivos depende más de su potencial que de su contenido, por lo que el primero de ellos es un mejor indicador

del agua con relación al desarrollo de la planta. Igualmente, refiere que los procesos involucrados en el control del estatus hídrico de las plantas son: potencial de agua en el suelo, transpiración del cultivo, conductancia hidráulica en las vías de flujo del movimiento del agua en la planta y relación entre el potencial hídrico y ciertas medidas del estatus de agua en la planta (conductancia estomática, contenido relativo de agua, potencial osmótico, entre otras).

Marques *et al.* (2009) señalan que el cultivo de parchita maracuyá puede ser regado por superficie y aspersión localizada. Este último método facilita la aplicación de fertilizante vía agua de riego, aumentando la eficiencia de los mismos, reduciendo la mano de obra y permite flexibilizar la época de aplicación de nutrientes, fraccionándolos conforme a la necesidad y fenología del cultivo. Del mismo modo, Oliveira *et al.* (2002) refieren que agricultores que hacen uso de riego localizado pueden aumentar su productividad de 15 a 45 t.ha⁻¹.

Requerimientos hídricos de la parchita maracuyá

Para el cultivo de parchita en regiones sub-húmedas y semi-áridas, donde hay menor disponibilidad hídrica, el riego es esencial para garantizar la producción, no sólo por incrementar el rendimiento, sino también para mejorar la calidad de los frutos, aparte de garantizar una producción en forma continua y uniforme a lo largo del año (Oliveira *et al.*, 2002).

Menzel y Simpson (1994) consideran que el cultivo de parchita requiere de grandes cantidades de agua para una producción satisfactoria de frutos. Ellos indican que los déficits hídricos disminuyen el desarrollo foliar, la producción de flores y el tamaño del fruto. Del mismo modo, refieren que los efectos del déficit se pueden observar durante el ciclo en que ocurre, así como también en el próximo ciclo, producto de la disminución del número de ramas o guías fructíferas.

Manica (1981) señala que la cantidad de agua es uno de los factores que más condiciona la floración del cultivo de parchita. La falta de humedad provoca una disminución en el crecimiento de las hojas y los frutos, y cuando hay estrés hídrico y los frutos están formados, pueden crecer con arrugamientos que perjudican la calidad de la producción.

Fischer (2005) señala que en pasifloras, la tolerancia a la sequía es poca debido a su sistema radical fibroso y superficial, trayendo como consecuencia bajo estas condiciones, poca inducción floral, hasta llegar a la defoliación de la planta. La baja producción en plantas con estrés hídrico está más asociada a una disminución de botones florales que a la abscisión prematura de flores y frutos.

El mismo autor indica que la alta humedad relativa dificulta la transpiración adecuada de la planta y cuando esto viene acompañado de vientos calurosos, puede originar marchitamiento de flores, deshidratación y cese de fotosíntesis debido al cierre estomático, pudiendo ocasionar adicionalmente muerte de brotes tiernos así como deficiente absorción de los nutrientes que son tomados por flujo masal, tornándose la planta sensible al desarrollo de enfermedades y disminuyendo la eficacia de las aplicaciones de agroquímicos en forma de aspersión foliar. Humedades entre 70 y 75% son las más adecuadas para el cultivo.

Por otra parte, en condiciones de estrés hídrico se forman menor número de ramas, guías fructíferas, botones florales y menor proporción de flores abiertas. El estrés hídrico perjudica más el desarrollo del botón floral que la pérdida de flores o frutos dañados o caídos prematuramente (Marques *et al.*, 2009).

Lima (1999) señala que todos los métodos de irrigación pueden ser usados en el cultivo de parchita (superficie, aspersión o localizado), no obstante, el riego por superficie es el menos indicado, ya que causa condiciones de exceso de agua en el suelo que pueden traducirse en mayor incidencia de enfermedades en el cultivo. Del mismo modo, el riego por aspersión presenta el problema de que si es aplicado en momentos en los cuales están abiertas las flores, pueden mojarse los estigmas, y estos deben estar secos al menos dos horas para que el polen pueda ser viable, siendo lo recomendable la aplicación de este tipo de riego en horas tempranas de la mañana o al final de la tarde.

La misma autora indica en cuanto al riego localizado, que se utiliza la microaspersión o el goteo. En el primer caso, tiene la ventaja de promover una mayor superficie mojada del suelo, permitiendo la expansión del sistema radical, sin embargo, puede provocar un

microclima transitorio durante parte del ciclo del cultivo que favorece la aparición de enfermedades.

En cuanto al rendimiento se refiere, con el uso del riego es posible pasar de 15 t.ha⁻¹ en promedio, a 45 t.ha⁻¹. El sistema de riego por goteo ha venido ganando gran aceptación por los productores, ya que proporciona condiciones de humedad y aireación que favorecen el pleno desarrollo de las plantas y altas producciones (Lima, 1999; Oliveira *et al.*, 2002). Del mismo modo, Martins *et al.* (1998) y Souza (2000) señalan que con sistemas de riego localizado se obtienen rendimientos entre 35 y 45 t.ha⁻¹

Por otra parte, la versatilidad de la fertirrigación permite incorporar en forma eficiente los nutrimentos al suelo en cantidades aprovechables por el sistema radical, economizando fertilizantes, mano de obra y manteniendo los niveles de humedad del suelo en rangos óptimos para la planta. Además, se puede flexibilizar la época de aplicación de nutrientes, los cuales pueden ser fraccionados conforme a la necesidad del cultivo y sus diversos estadios de desarrollo o ciclo fenológico (Oliveira *et al.*, 2002; Marques *et al.*, 2009).

Con relación a la calidad del fruto, Lucas (2002) evaluando diferentes láminas de riego en el cultivo de parchita, que variaron entre 63,3 y 220,5 mm, encontró efectos significativos de éstas sobre el peso del fruto, densidad de jugo, espesor de la cáscara, rendimiento del jugo, sólidos solubles totales (SST) y producción total de frutos por planta.

Sin embargo, suelen encontrarse resultados contrastantes sobre el efecto del riego sobre la calidad del fruto. Melo y Naves (2006) señalaron no encontrar diferencias significativas con el uso de diferentes láminas de irrigación (40, 80 y 120% de la Etc) sobre los parámetros, acidez titulable, SST, pH, peso promedio, diámetro transversal y longitudinal y número de frutos por planta. Del mismo modo, Marques *et al.* (2009) no encontraron diferencias significativas utilizando diferentes láminas de riego para las mismas variables señaladas anteriormente.

En cuanto a la tensión de humedad en el suelo adecuada para el cultivo, Koetz (2006) señala que bajas láminas de riego pueden ser utilizadas con una tensión inferior a -60 kPa, sin comprometer la producción y calidad del fruto, obteniendo una mayor proporción de

frutos de parchita tipo extra AAA (dentro de la clasificación realizada en Brasil) y con buenas características organolépticas. Sin embargo, Souza (2000) y Lucas (2002) señalan valores de potencial hídrico del suelo de -20 kPa como límite para el manejo de la irrigación. El mismo valor es propuesto por Staveley y Wolstenholme (1990) señalando que durante los periodos de diferenciación floral y cuajamiento del fruto, las plantas son muy sensibles al déficit hídrico.

Lima (1999) indica que el mantenimiento del tenor de agua en el suelo a niveles próximos del límite superior de disponibilidad de agua en el bulbo mojado, permite una absorción de agua cercana a la absorción potencial de la planta. Por eso, mayores frecuencias de aplicación de agua son deseables en este cultivo, adoptándose frecuentemente el intervalo de un día entre riegos en zonas productoras de Brasil.

Por otra parte, en el cultivo de parchita se han realizado diferentes estudios para determinar el consumo de agua por la planta en función de su ciclo fenológico, ya que éste varía de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo. En este sentido, Alencar (2000) midiendo la evapotranspiración durante 180 días después del transplante, obtuvo un consumo de agua de 4,68 mm.día⁻¹ y valores de coeficiente de cultivo entre 0,51 y 1,10.

Maciel *et al.* (1994) proponen para el cultivo de parchita en la Región Centroccidental de Venezuela, la división de siete estadios de desarrollo en función de la fenología del cultivo. A continuación se describen cada uno de ellos.

Estadio I: crecimiento vegetativo inicial o fase juvenil (etapa de vivero)

Estadio II: crecimiento vegetativo apical

Estadio III: crecimiento vegetativo lateral

Estadio IV: floración y fructificación

Estadio V: maduración de frutos

Estadio VI: post-maduración de frutos

Estadio VII: renovación de ramas

Los autores señalan que para el caso del comienzo de un nuevo ciclo del cultivo, la planta se encontraría en una condición equivalente a la fase IV; ésto a los efectos del cálculo de la Etc del cultivo como factor clave para el establecimiento del requerimiento hídrico de la planta. La duración de cada una de estas fases es variable en función de las características particulares de la localidad donde se encuentre el cultivo (latitud, altitud, temperatura, suelos, manejo, entre otros).

Con relación al Kc, Corrêa (2004) en la región de Piracicaba, Brasil encontró valores de 0,3; 0,4; 0,5; 0,9; 0,9 y 0,7 para las fases II a la VII, respectivamente. Del mismo modo, el consumo hídrico total fue de 655 mm en 447 días de ciclo de cultivo, con una acumulación térmica de 5.888 grados-día. Valores de Kc muy similares son señalados igualmente por De Lima (2004).

Por su parte, Araújo (2005) refiere valores extremos de consumo de agua para la época de otoño e invierno de 5 L.planta.día⁻¹, mientras que en época de verano, los valores aumentan a 8 L.planta.día⁻¹. Del mismo modo, señala valores de Kc de 0,6 (crecimiento apical), 0,9 (crecimiento lateral), 1,2 (floración y fructificación), 1,0 (maduración del fruto) y 0,8 (reposo).

Del mismo modo, Silva *et al.* (2006) observaron en Piracicaba, Brasil, duraciones de 80 días en fase I; 70 días en fase II (Kc=0,62); 30 días en fase 3 (Kc=0,92); 68 días en fase IV (Kc=1,22); 49 días en fase V (Kc=1,0); 52 días en fase VI (Kc=0,82) y 46 días en fase VII (Kc=1,0). La Etc total a los 450 días después de la siembra fue de 1171 y 1083 mm en parcelas orientadas N-S y E-O respectivamente. Los valores extremos de consumo fueron 5 L.planta.día⁻¹ durante otoño e invierno y 8 L.planta.día⁻¹ en verano, utilizando riego por aspersión.

Igualmente, Souza *et al.* (2008) determinó un Kc máximo de 1,24 a partir de la medida de la evapotranspiración del cultivo (ETc) usando lisímetros de drenaje y la evapotranspiración de referencia (Et₀), calculada por el método de Penman-Monteith. Del mismo modo, Silva y Klar (2002) encontraron incrementos en los valores de Kc con el

desarrollo del cultivo hasta los 230 días después de la siembra (con un valor máximo de 1,12); a partir de esa fecha se observó un descenso paulatino del Kc hasta llegar a valores en torno a 0,69.

Costa *et al.* (2005) evaluando la producción de parchita en condiciones de sequía, señalan que durante el período seco, el consumo de agua promedio con riego localizado fue de 3 litros por planta. En cuanto al aspecto fenológico, con el uso del riego localizado observaron inicio de floración a los 120 días después de la siembra y los primeros frutos fueron cosechados a los 200 días.

En el mismo sentido, Dorado y Ríos (2009) evaluando diferentes suministros hídricos (0,5; 0,75; 1,0 y 1,25% de Eto) y 6 niveles de fertilización (diferentes combinaciones entre química y orgánica) obtuvieron los mayores rendimientos con 1,0 % de Eto y fertilización química (29,83 t.ha⁻¹) y 0,75% Eto y fertilización orgánica (28,54 t.ha⁻¹).

Por su parte, Faria (2009) evaluó diferentes láminas de riego y ambientes de producción sobre la productividad y calidad del fruto en parchita, encontrando que los déficits severos afectaron el peso, diámetro y clasificación comercial de los frutos, obteniendo menor proporción del tipo extra AAA. En cuanto a la producción a campo abierto y en ambiente controlado, se obtuvieron mejores rendimientos en el segundo caso.

Menzel *et al.* (1986) señalan que cuando el potencial hídrico del suelo disminuye considerablemente, el crecimiento vegetativo se ve afectado por el déficit hídrico, llegando al punto de no ocurrir la diferenciación floral en condiciones severas de estrés. En este sentido, los autores refieren que el potencial hídrico del suelo no debe disminuir del rango entre -13 a -20kPa para una producción óptima de frutos, especialmente en los periodos críticos de floración y cuajado del fruto. Del mismo modo, Casierra-Posada y Roa (2007) evaluaron el efecto del déficit hídrico moderado en el suelo sobre el crecimiento y desarrollo en granadilla (*Passiflora ligularis*), encontrando que en plantas expuestas a déficit hídrico hasta -70kPa, ocurrió disminución del área foliar, número de hojas por planta, crecimiento longitudinal de ramas y relación parte aérea/parte radical.

Otros estudios ecofisiológicos en parchita señalan valores de potencial hídrico en condiciones no limitantes inferiores a -1,0 MPa (Pérez y Melgarejo 2012; 2015). Igualmente, Fernández *et al* (2014) señalan valores de -0,2 MPa asociados a potencial mátrico de -70 kPa.

Efecto del déficit hídrico en las plantas.

Las plantas son incapaces de moverse de un lado a otro en busca del ambiente más apropiado para su crecimiento, por lo tanto, están sometidas frecuentemente a condiciones de estrés medioambiental. El concepto de estrés implica la presencia de un factor externo a la planta, provocado por el medio ambiente cambiante que ejerce una influencia negativa sobre su óptimo desarrollo (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

El estrés puede medirse con relación a la supervivencia de la planta, rendimiento del cultivo, el crecimiento o acumulación de biomasa, o bien con los procesos primarios que están relacionados con el crecimiento global (uso de CO₂, absorción de nutrientes), así como la generación de productos del metabolismo en respuesta al estrés (Buchanan *et al.*, 2000).

El efecto más inmediato del estrés hídrico es la reducción del crecimiento, siendo los procesos de expansión y división celular muy sensibles a los déficits hídricos. Otro efecto sobre la modificación en el desarrollo y morfología vegetal es el cambio en la relación raíz/parte aérea, donde se favorece el crecimiento radical en búsqueda de agua del suelo en capas más profundas. Igualmente, puede aumentar la abscisión de hojas y frutos (Hirt y Shinozaki, 2004)

Algunas especies necesitan de un periodo corto de sequía para estimular la iniciación floral o provocar la emergencia de yemas florales ya diferenciadas; mientras que en otras, el déficit hídrico durante la fase posterior a la cosecha, se traduce en una deficiente inducción floral en cultivos perennes. Igualmente, déficit de agua en la fase de floración y formación del fruto pueden afectar notablemente el rendimiento y calidad del mismo (Torrecillas *et al.*, 1998)

La carencia de agua en el suelo se traduce en la disminución del potencial hídrico y de la conductancia estomática de las plantas. Los estomas tienden a cerrarse con la disminución del potencial hídrico foliar, a su vez causado por diferentes factores (contenido de agua en el suelo, humedad relativa del aire, intensidad luminosa, etc.). Como consecuencia del estrés hídrico se disminuye la tasa de transpiración, acompañado de una reducción en la absorción de CO_2 y por ende, de la fotosíntesis. Igualmente, el déficit hídrico limita la fotosíntesis a través de sus efectos sobre los procesos enzimáticos, transporte electrónico y contenido de clorofila (Azcón-Bieto y Talón, 2000; Fitter y Hay, 2002)

En este sentido, Fischer (2010) señala que el déficit hídrico se produce cuando la pérdida por transpiración es mayor que el coeficiente de absorción de agua del suelo. Las épocas secas afectan marcadamente el crecimiento de la planta, causando el cierre parcial de los estomas, reduciendo notablemente la fotosíntesis.

Por su parte, Pérez (2001) indica que la conductancia estomática (G_s) mide el grado de apertura de los estomas y puede ser usado como un índice del estado hídrico de la planta y es útil para evaluar la recuperación de la misma después de un estrés asociado a condiciones de falta o exceso de humedad en el suelo.

Del mismo modo, Heldt y Heldt (2005) señalan que prácticamente todos los aspectos del metabolismo y estructura celular son afectados por el estrés hídrico. Entre los cambios más notables se pueden mencionar el incremento de las reacciones degradativas en relación a las de síntesis, menor síntesis de proteínas, aumento en la concentración de aminoácidos libres (especialmente prolina, glicina y betaína); todo esto generando cambios importantes en la actividad enzimática de la planta.

Igualmente, Nobel (2008) señala que las plantas sometidas a estrés hídrico aumentan las concentraciones de ácido abscísico (ABA) en diferentes órganos de la planta, como consecuencia del cierre estomático. Contrariamente, se disminuyen las concentraciones de citoquininas (CK), así como en ciertos casos el ácido indol acético (AIA).

Por otra parte, Salisbury y Ross (1994) señalan que cuando las condiciones de suministro hídrico son limitadas, el cierre de los estomas altera el balance de energía, produciendo

aumento de la temperatura foliar, esto basado en el hecho de que mediante el proceso de transpiración se produce el enfriamiento de la hoja, es decir, un descenso en la temperatura foliar con respecto a la del aire. En condiciones de suministro hídrico limitado, los estomas se cierran y el balance de energía en la cubierta vegetal se ve alterado, produciéndose un aumento de la temperatura foliar, esta diferencia cultivo-ambiente está relacionado con el potencial hídrico de la hoja.

En este sentido, Lobo *et al.* (2004) señalan que la temperatura foliar evaluada mediante termometría infrarroja, representa un indicador cuantitativo que puede ser utilizado para la determinación de diferentes regímenes hídricos de las plantas.

En este sentido, Anconelli y Battilani (2000) utilizaron la temperatura de la hoja para evaluar el rendimiento y calidad del cultivo de uva en respuesta a diferentes niveles de riego, obteniendo excelentes resultados con el empleo de la termometría infrarroja, usada como elemento en la programación del riego.

Contrariamente, Massai *et al.* (2001) trabajando con melocotonero (*Prunus persica*), indican que debido a que los factores climáticos sufren variaciones pronunciadas durante el transcurso del día, la temperatura de la hoja parece ser un parámetro no fiable para el monitoreo del riego en producciones de árboles frutales.

No obstante, basado en estos fundamentos algunos autores han desarrollado propuestas de Índices de Estrés Hídrico tomando en consideración distintos parámetros ambientales y del cultivo, los cuales han sido evaluados en diferentes cultivos y condiciones de manejo del riego (Jackson *et al.*, 1977; 1981; Idso *et al.*, 1981; Idso, 1982; Gardner *et al.*, 1992)

El potencial hídrico foliar es quizás el parámetro más utilizado para definir el estado hídrico de las plantas. Resulta afectado por otros factores tanto de origen ambiental como endógeno, lo que provoca variaciones en sus niveles en base al momento del día y a lo largo de la fenología de la planta, edad de la hoja, así como la orientación y posición en el dosel (Pérez, 2001).

Jones (1990) señala que la determinación del potencial hídrico foliar es adecuada cuando se correlaciona con el turgor de la planta. Más recientemente, se ha incrementado la tendencia

en medir el potencial hídrico xilemático como el valor del potencial hídrico de la hoja previamente cubierta con bolsas aluminizadas por un periodo previo y luego determinado con la cámara de presión o bomba de Scholander, metodología propuesta por Begg y Turner (1970).

Al respecto Turner (1988) indica que cuando la planta está transpirando, la cámara de presión no mide el potencial del xilema en el órgano muestreado. Sin embargo, en plantas que no se encuentren transpirando, el potencial de la misma estará en equilibrio, y el potencial de la hoja será muy cercano al de la raíz. Consecuentemente, en plantas transpirando es inapropiado referir el potencial medido en la hoja como el potencial hídrico xilemático, necesitando un acondicionamiento previo de la hoja para llegar a este valor. Además el potencial hídrico foliar presenta como desventaja que es extremadamente variable en función a las condiciones ambientales y la tasa de transpiración y no es muy sensible frente a los cambios en procesos de adecuada y deficitaria irrigación en la planta.

Por otra parte, el potencial hídrico xilemático tiene la ventaja de ser menos variable, ofrece mejor correlación con el déficit de presión de vapor y refleja mejor la falta de agua en el suelo que el potencial hídrico foliar, por lo cual su medición en ensayos de irrigación es más favorable para la correcta interpretación de los resultados. Para ello, la hoja debe estar en equilibrio hídrico antes de la escisión (debe ser cubierta con bolsas recubiertas de papel aluminio por 1 o 2 horas), donde la presión medida en la cámara, representa la tensión en la que se encontraba la savia en el xilema antes del corte, como el potencial osmótico de la savia es muy pequeño, generalmente se desprecia (Pérez, 2001).

Desde el punto de vista metodológico, Ferreyra *et al.* (2007) señalan que en la determinación del potencial hídrico foliar o xilemático con la cámara de presión, deben considerarse varios elementos. Al respecto, indican que el corte del peciolo de la hoja debe ser limpio y sin inclinación, además, la determinación debe hacerse rápidamente, para lo cual no debe pasar más de un minuto desde el corte hasta su evaluación en la bomba de Scholander.

En el cultivo de duraznero, Lampinem *et al.* (2001) evaluaron dos niveles de déficit hídrico sobre el rendimiento, calidad y retorno económico durante tres años consecutivos. Para

determinar el efecto del estrés hídrico en la planta, evaluaron el potencial hídrico del tallo en horas del mediodía. Con los niveles moderados y severos de estrés (38 y 57% de disminución de ETc), los valores de potencial hídrico disminuyeron considerablemente en comparación al testigo (100% ETc). A pesar de ello, no hubo diferencias entre los tratamientos para el rendimiento, mas sin embargo, en el tratamiento con la mayor restricción hídrica, se observaron daños asociados a estrés hídrico tales como rajaduras del fruto y menor porcentaje de jugo. Igualmente, dicho tratamiento ocasionó la menor tasa de retorno económico en el cuarto año de estudio, lo cual sugiere un efecto acumulativo perjudicial a largo plazo. Los autores señalan que potenciales hídricos de -1,5 kPa en hoja parecieran valores apropiados para mantener a la planta con restricción hídrica, sin afectar la cosecha del cultivo.

Choné *et al.* (2001) refieren al potencial hídrico del tallo como un indicador sensible al contenido de agua en el cultivo de vid. Ellos evaluaron el potencial hídrico de la hoja (Ψ_H) y tallo (Ψ_T) al mediodía, en California, USA. El diferencial entre Ψ_T y Ψ_H permitió obtener una medida indirecta de la transpiración del cultivo, en respuesta a las variaciones en la humedad del suelo y el déficit de presión de vapor del aire circundante; sin embargo, el potencial medido en el tallo mostró mejores bondades como indicador de estrés hídrico en la planta.

En el cultivo de carambola (*Averrhoa carambola*) se evaluaron cuatro niveles de déficit hídrico (10,5; 26,5; 45 y 55% de ETc) y su efecto en diferentes fases fenológicas. Los déficits severos ocasionaron menor extensión de ramas y disminución de la floración y fructificación. En cuanto a la fisiología del cultivo, el déficit hídrico promovió la disminución del potencial hídrico foliar y reducción en la conductancia estomática (Al-Yahyai *et al.*, 2003; Al-Yahyai *et al.*, 2005a). Del mismo modo, en un estudio similar se observó un descenso en el potencial hídrico, reducción de la transpiración y la considerable disminución de la asimilación neta de CO₂ por la planta (Al-Yahyai *et al.*, 2005b).

Thaiz y Zeigr (2006) señalan que el potencial hídrico de la planta es una medida su estatus hídrico y proporciona un índice relativo del estrés que pueda estar experimentando la misma. Al respecto, proponen una escala de estrés hídrico para el caso de plantas leñosas, donde valores entre 0 y -1,0 MPa es una planta o célula en condiciones normales; valores

entre -1,0 a -2,0 MPa son condiciones medias de estrés y valores inferiores a -2,0 MPa se corresponden con situaciones severas de estrés.

Riego Deficitario Controlado (RDC)

El hecho de que el déficit hídrico pueda resultar en mayor o menor grado trascendente en función del momento fenológico en que ocurre al cultivo, ha surgido 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 (Chalmers, 1986; Domingo *et al.*, 1996; Kirda, 2002)

En atención a esta estrategia, es necesario el conocimiento de los periodos críticos del cultivo, el nivel de coincidencia entre el ciclo vegetativo y reproductivo, las características del suelo y clima, el sistema de riego, el material vegetal y los mecanismos de resistencia a la sequía, entre otros (Moutonnet, 2002).

La técnica de RDC surge a partir de los trabajos de Chalmers *et al.*, (1981) donde se pretendía controlar el exceso de vigor en plantaciones frutales, específicamente melocotonero, sin que la producción se viera afectada. En este cultivo, se puso de manifiesto que disminuciones en el suministro de agua durante el periodo de pleno crecimiento vegetativo, no ocasionó disminución en la productividad, permitiendo a su vez regular el ciclo de crecimiento de la planta.

Chalmers *et al.* (1985) señalan que el contenido de agua en el suelo debe ser controlado con facilidad y precisión, evitando que existan periodos húmedos y secos de larga duración. La reducción de agua aplicada en los periodos no críticos, no debe implicar la supresión del riego, a fin de evitar la aparición de situaciones de estrés hídrico severo que pudieran dar origen a efectos adversos no deseados. En este sentido, los sistemas de riego programados con altas frecuencias y pequeñas dosis en riegos localizados, tienden a concentrar el sistema radical, y justamente los sistemas radicales pequeños y concentrados tienen la capacidad de ajustar el volumen ocupado por las raíces más rápidamente; con ello, se asegura una rápida

absorción y permite regular el grado de déficit hídrico a alcanzar, aspecto favorable para el manejo de RDC.

FAO (2002) señala que el déficit hídrico debe ser evaluado considerando la respuesta en campo en cuanto al desarrollo y rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, para el caso de papa sembrada en Oregon, USA, el RDC no resultó una alternativa viable como opción para el manejo del riego. No obstante, en el cultivo de frutales esta práctica ha sido adoptada con éxito en melocotonero y vid. Del mismo modo, indica que se ha venido evaluando otra técnica denominada sequía parcial en la zona radical (PRD), la cual consiste en alternar en la planta una mitad con déficit hídrico y la otra humedecida cada 10 o 14 días. Esta técnica se plantea como una práctica promisorio en la inducción de tolerancia al estrés en árboles frutales. Como ventaja, ambas técnicas incrementan el uso eficiente del agua en la planta.

La técnica de sequía parcial de la zona radical se basa en que el sistema radical produce una mayor concentración de ácido abscísico (ABA), ocasionando un cierre parcial de los estomas y como consecuencia, disminuye la cantidad de agua transpirada por la planta, con un mínimo efecto sobre la absorción de CO₂ y sobre el proceso fotosintético (Davies *et al.*, 2002). En un trabajo de validación de esta técnica en el cultivo de lima para la región del semiárido Baiano, Brasil; Rodrigues *et al.* (2010) encontraron que reducciones de 25 y 50% de Etc de un solo lado del sistema radical, no afectó el rendimiento ni la calidad del fruto, basado en características como diámetro y peso de los mismos.

El riego RDC ha sido probado para mejorar el control en el vigor vegetativo en árboles frutales con el fin de optimizar el tamaño del fruto y su calidad. Usualmente es aplicado durante el periodo de lento de crecimiento del fruto, donde el desarrollo de brotes vegetativos es rápido. Sin embargo, puede ser aplicado antes de la cosecha de cultivares que maduran temprano, buscando realzar atributos de calidad. Para llevar a cabo esto, es imprescindible el conocimiento de las respuestas del cultivo durante todo su ciclo fenológico y el monitoreo del agua en el suelo (Goodwin y Boland, 2002).

Del mismo modo, Ferreyra *et al.* (2001) evaluaron el riego deficitario controlado en el cultivo de uva de mesa, en el valle de Aconcagua, Chile. Esta zona presenta un periodo

seco de 8 meses, inviernos con precipitaciones y veranos con temperaturas altas. Ellos utilizaron diferentes combinaciones en el grado de restricción de la cantidad de agua, durante las diferentes fases fenológicas del cultivo, y obtuvieron que la disminución en un 40% de suministro de agua en la etapa entre brotación e inicio de madurez fisiológica (denominado pinta) no produjo estrés hídrico ni afectó los rendimientos. Del mismo modo, reducciones en el 75% de agua aplicada posterior a la cosecha, no afectaron los rendimientos en el ciclo siguiente, permitiendo ahorrar un 15% en el agua total aplicada al cultivo. Por el contrario, aplicaciones excesivas de agua (en aproximadamente 29%) afectaron notablemente el desarrollo de la planta bajo las condiciones estudiadas.

McCarthy *et al.* (2002) señalan que la técnica de RDC en el cultivo de la vid se ha implementado exitosamente en muchas regiones productoras de Australia, buscando minimizar la competencia entre el desarrollo vegetativo posterior a la fase de llenado del fruto. También indican que particularmente en la cepa Shiraz, esto se ha traducido en mejoras significativas en la calidad del vino; del mismo modo, señalan efectos favorables sobre el control del tamaño del fruto. No obstante, refieren que los manejos deben ser muy cuidadosos para evitar disminución en los rendimientos.

Por otra parte, los mismos autores evaluaron la técnica de sequía parcial de la zona radical, afirmando que está basada en el conocimiento de los mecanismos controladores de la transpiración, encontrando una reducción significativa de la conductancia estomática comparada con plantas que reciben agua en la totalidad de su sistema radical. Concluyen que esta técnica controla el desarrollo vegetativo, no disminuye el rendimiento, puede mejorar la calidad del vino así como de la fruta, existiendo una economía del agua. Contrariamente, señalan que no afecta el tamaño del fruto y que se deben seguir estudiando y ajustando su implementación en el cultivo de vid.

Wample y Smithyman (2002) en el mismo cultivo de vid, pero en los Estados Unidos de América, en el Valle del Río Columbia, Washington, evaluaron el efecto del RDC sobre el desarrollo y rendimiento de la planta, además de la calidad de la fruta en el cultivar 'Sauvignon Blanc'. Los resultados indicaron que el déficit hídrico controló efectivamente el desarrollo vegetativo sin disminuir el peso de la fruta ni el rendimiento de la planta. Igualmente, se obtuvieron mejoras en la calidad del vino. No obstante, señalan que es

necesario seguir evaluando los momentos más adecuados de la implementación del déficit hídrico en este cultivo, buscando las mayores mejoras posibles.

Ferreira *et al.* (2002) en el cultivo de vid con el cultivar 'Chardonnay' evaluaron el efecto del riego deficitario controlado sobre la producción y calidad del vino. Los autores encontraron que la disminución del aporte hídrico en este cultivar redujo en forma significativa el crecimiento vegetativo y diámetro de las bayas, lo que se tradujo en una disminución del rendimiento. El periodo comprendido entre brotación y pinta, determinó las mayores disminuciones de estas variables. En cuanto a la acidez total del vino y los fenoles presentes en el mosto, a diferencia de los vinos tintos, en el vino blanco no aumentaron con los déficits hídricos. De este modo, los atributos y la calidad global del vino no se vieron favorecidos con una disminución del aporte hídrico. En cuanto al potencial hídrico xilemático y la resistencia estomática, fueron indicadores adecuados del estado hídrico de las plantas. Las diferencias en el potencial hídrico del xilema entre plantas regadas adecuadamente y sin suministro hídrico, fueron $-0,7$ MPa determinadas en horas del mediodía. Las plantas de vid no sometidas a estrés hídrico presentaron potenciales superiores a $-0,8$ MPa, mientras que las vides con déficit hídrico, presentaron un potencial de $-1,2$ MPa.

Domingo *et al.* (1996) evaluaron los efectos de distintos niveles de riego deficitario en el cultivo de limón durante cuatro años consecutivos. Para ello, definieron tres tratamientos; el primero fue un testigo con suministro del 100% de la ET_c durante todo el año (T_0); el segundo, estuvo representado por 25% de ET_c durante todo el año, excepto en el periodo de rápido crecimiento del fruto donde se aplicó el 100% de ET_c (T_1); mientras que el tercero consistió en 100% de ET_c durante todo el año, excepto en el periodo de rápido crecimiento del fruto donde se aplicó 75% de ET_c (T_2). Los autores observaron que en los tratamientos con déficit hídrico, el potencial hídrico de la planta disminuyó.

Los mismos autores indican que la disminución en el contenido de agua en T_2 redujo la tasa de crecimiento del fruto, más no hubo diferencias significativas en cuanto al rendimiento. Sin embargo, obtuvieron un incremento en la proporción de frutos descartados por falta de tamaño óptimo. En cuanto a las características químicas de la fruta, no fueron

significativamente mejoradas por los tratamientos de riego. Finalmente, con el uso de T₁ y T₂ hubo un ahorro de agua de 30 y 20%, respectivamente.

Por su parte, Ortúzar *et al.* (2002) evaluaron el efecto del RDC mediante seis niveles de reposición de la evapotranspiración del cultivo, sobre los aspectos de calidad en mandarina 'Clemenules' y naranja 'Newhall' durante la cosecha y luego de un período de almacenaje en frío por 30 días a 7°C y 90 % de humedad relativa. En este sentido, para el momento de la cosecha, las mandarinas provenientes de plantas sometidas a RDC, presentaron un mayor nivel de sólidos solubles, mayor acidez y una mayor incidencia de "creasing", características que se mantuvieron luego del almacenaje. Del mismo modo, la acidez fue el factor que presentó mayores cambios durante el almacenaje, y el RDC permitió obtener fruta con mayores niveles de acidez luego del almacenaje. Por otra parte, en naranjas 'Newhall' no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin presentar un cambio notable en los atributos de calidad postcosecha.

Del mismo modo, Tapia *et al.*, (2010) en melocotonero 'Flordastar' usaron la técnica de RDC evaluando la eficiencia del uso del agua (WUE) bajo diferentes tratamientos (120% Etc; 50% Etc durante todos el ciclo; 50% Etc solo en periodo poscosecha y riego automatizado a un consumo máximo del 10% de capacidad de campo). Los autores encontraron que la WUE se puede mantener en un nivel alto con buen rendimiento y calidad del fruto mediante tratamientos basados en medición de umbrales de humedad del suelo. La WUE es calculada mediante la relación kg frutos/m³ de agua evapotranspirada.

En el cultivo de parchita no se reportan trabajos específicos con relación al uso de la técnica de riego deficitario controlado (RDC). No obstante, Fischer *et al.*, (2009) señalan 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. Igualmente, Fischer (2000) indica que cuando falta agua en algunas de las fases críticas como brotación de las yemas, fecundación, cuajado y llenado del fruto, éstos se quedan pequeños o caen. El estado de mayor demanda de agua por el fruto es el llenado, mientras que en la maduración, se requiere agua en menor cantidad. Igualmente, Cavichioli *et al.*, (2008) indican que el estrés hídrico durante el desarrollo del fruto puede favorecer la

disminución del peso, % de pulpa, diámetro y largo del fruto, principalmente cuando se presentan déficits hídricos en épocas cercanas a floración.

Uso de *Trichoderma* spp. como controlador biológico de hongos patógenos del suelo que afectan el cultivo de parchita maracuyá

En el cultivo de parchita maracuyá la enfermedad más importante es la incidencia de *Fusarium solani* (telemorfo *Nectria haematococca*) y *Fusarium oxysporum* causantes de marchitamiento y pudriciones del cuello y raíces. Del mismo modo, han sido señalados géneros *Haematonectria* y *Neocospora* con incidencia sobre el cultivo. Igualmente, se señala la interacción con *Phytophthora* y *Rhizoctonia* asociado a la enfermedad. En el caso de Venezuela, hormigas del género *Solenopsis* y *Cromatogaster* pueden jugar un rol en el desarrollo de la enfermedad (Ploetz, 2006). Por su parte, Ortiz y Hoyos-Carvajal (2012) en un estudio realizado en Colombia, señalan que a efectos de reconocimiento de las estructuras microscópicas del hongo, *F. oxysporum* posee macroconidias con 3 septos, mientras que *F. solani* las posee con 4 ó 5 septos

El control fitosanitario de enfermedades del sistema radical en el cultivo de parchita, especialmente de fusariosis, es hecho con medidas preventivas basadas fundamentalmente en la escogencia de suelos bien drenados, eliminación de plantas atacadas, destrucción de las mismas y evitar sembrar en el mismo punto. Una práctica que resulta potencialmente favorable para disminuir la incidencia de *Fusarium* en el cultivo sería la masificación de la injertación con materiales resistentes, no obstante, esto no ha sido adoptado por los agricultores, quienes normalmente propagan el cultivo por semilla. Trabajos en mejoramiento genético se han venido desarrollando en Brasil, con miras a obtener materiales con resistencia a nematodos y hongos causantes de enfermedades en el sistema radical, mediante líneas de investigación en hibridación interespecífica (Lima, 1999). Del mismo modo, otra estrategia es el desarrollo de patrones resistentes a *Fusarium*, lo cual resulta prioritario en el establecimiento de este cultivo (Ploetz, 2006).

Junqueira *et al.* (2012) indican que la marchitez por *Fusarium* es una de las enfermedades con más repercusión económica, existiendo casos donde la pérdida total de huertos ocurren antes de completar el primer ciclo de edad. *Fusarium oxysporum* f.sp *passiflorae* es transmitida de un lugar a otro por medio de plántulas contaminadas y entre plantas, por

medio del contacto entre las raíces con el agua de riego, principalmente cuando se usa riego por surcos. Los síntomas son pérdida del color normal de las hojas, tornándose verde amarillentas, luego se curva el limbo formando una especie de canaletas y posteriormente se marchitan, secan y permanecen adheridas a la planta. Cortes longitudinales en la base del tallo evidencian estrías de color anaranjado.

Igualmente, Santos *et al.* (1999) señalan que en parchita, la marchitez causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae* ocasiona síntomas en las raíces, cuello de la planta y hojas. Las lesiones se inician en las raíces primarias o secundarias, dañando la corteza, que se torna endurecida con pudrición seca, fácilmente distinguible de los tejidos internos que pudieran estar sanos. La parte superficial del tallo toma una coloración férrica, que también puede ser observada en los tejidos conductores xilemáticos en la zona cercana a la región dañada. Los síntomas foliares se caracterizan por una marchitez generalizada, debido al taponamiento de los haces vasculares. Este síntoma indica que los tejidos de la raíz y cuello de la planta están irremediablemente dañados.

Por su parte, *Fusarium solani* es responsable de la pudrición del pie o pudrición de raíces, la cual ocurre en cualquier tipo de suelo, siendo frecuente en aquellos pesados o con mal drenaje. Se presenta de manera dispersa en el huerto, en plantas aisladas, pudiendo tener una especie de anillado parcial o total en la base del tallo. El floema ya muerto, se desprende con facilidad, pudiéndose observar en estados avanzados, crecimientos miceliales blancos o rosados, que son los signos del hongo (Junqueira *et al.*, 2012).

Santos *et al.* (1999) indican que su control es muy difícil, dada la naturaleza sistémica del hongo y sus formas de resistencia, las cuales pueden permanecer en reposo por muchos años. Como medidas preventivas sugieren la escogencia de suelos bien drenados, evitar la mecanización o daño de las raíces con heridas, eliminar plantas infectadas y la aplicación de cal con una solución de sulfato de cobre en el hoyo de siembra. Del mismo modo, señalan que la marchitez y la pudrición del cuello (ambas causadas por *Fusarium*) presentan síntomas muy semejantes, incluso, algunos comunes entre ellas (por ejemplo la marchitez de las hojas se presenta en ambas enfermedades). Por su parte, Junqueira *et al.* (2012) proponen evitar el exceso de agua y sembrar en suelos arcillosos o con drenaje

limitado, susceptibles al encharcamiento, uso de riego localizado y patrones resistentes mediante sistemas de siembra con plantas injertadas.

La presencia de heridas en las raíces de la planta promueve la penetración del hongo, afectando drásticamente al cultivo de parchita; una de estas fuentes de entrada está asociada a la presencia de nematodos en el suelo. En este sentido, Da Cunha y Prata (1999) indican que los principales encontrados atacando el sistema radical de parchita son: el nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.), nematodo reniforme (*Rotylenchulus reniformis*), nematodo de lesión radicular (*Pratylenchus* sp.) y nematodos espiralados (*Scutelloma* sp. y *Helicotylenchus* sp.). No obstante, las especies *R. reniformis*, *M. incognita*, *M. arenaria* y *M. javanica* son consideradas las de mayor importancia económica en Brasil. Los autores señalan que las áreas infectadas pueden contribuir a intensificar el ataque de hongos causantes de marchitez tales como: *Phytophthora* spp., *Fusarium* spp. y *Verticilium alboatrum*. Del mismo modo, refieren que la ausencia de cultivares resistentes a *R. reniformis* y la gran variabilidad patogénica de *Meloidogyne* constatada en el cultivo de parchita, hace necesaria la toma de alternativas integradas de control.

Estos factores, hongos y nematodos son los responsables de las enfermedades que tienen una mayor incidencia sobre el cultivo, causando la mayores pérdidas y su control está basado fundamentalmente en el uso de productos químicos (García, 2002). Por su parte, Castro (2001) señala que la aparición y severidad *Fusarium* es más grave por debajo de 1600 m.s.n.m y temperaturas promedio superiores a los 20°C.

Arcia y Bautista (2009) señalan que para el control de plagas y enfermedades en los cultivos existen otras alternativas tales como: resistencia genética, uso de trampas de luz, uso de feromonas, prácticas culturales, usos de extractos vegetales y el uso de control biológico por medio de predadores, organismos antagonistas o entomopatógenos, entre otros. En este sentido, definen el control biológico como el uso racional y adecuado de organismos o microorganismos vivos benéficos para disminuir o reducir, o en todo caso regular, la densidad poblacional de un organismo o microorganismo plaga o perjudicial.

En el caso del cultivo de parchita, Falconi-Borja (1999) señala algunos microorganismos que han sido evaluados en el control biológico de plagas y enfermedades. En este sentido,

recomienda el uso del hongo *Paecilomyces lilacinus* (10^7 UFC/ml) para el control de *Meloidogyne incognita*. Por otra parte, para el control de pudrición del cuello causada por *Fusarium* sp., refiere el uso de *Trichoderma lignorum* (10^8 UFC/ml) y *Gliocladium roseum* (10^6 UFC/ml). Del mismo modo, para la pudrición del cuello causada por *Phytophthora cinnamomi* recomienda el uso de *Trichoderma lignorum*, *T. aureoviride* y *T. longibrachiatum*.

Por otro lado, Lozano *et al.* (2008) señalan que *Trichoderma* es un género con más de 30 especies con eficiencia antagonista, los cuales producen exoglucanasas, endoglucanasas, celobiasas y quitinasas, enzimas importantes para la degradación y lisis de la pared celular de hongos fitopatógenos. Igualmente, Harman *et al.* (2008) señalan que *Trichoderma* ha sido el hongo más conocido para el control biológico de enfermedades en plantas por más de 70 años, no obstante, fue en la década de los 90 cuando se comienza a usar masivamente de forma comercial en la agricultura. Este largo período entre los descubrimientos originales y su uso comercial, puede ser explicado por el incompleto conocimiento de la naturaleza e interacciones en el biocontrol.

En la década del 90, la habilidad del control del hongo era atribuida en gran parte a los efectos directos sobre otros hongos, especialmente por parasitar otros hongos patogénicos de las plantas y la capacidad de producir antibióticos (Chet *et al.*, 1998; Howel, 1998). No obstante, el control biológico puede estar más estrechamente relacionado con la habilidad de competir en el suelo con otros patógenos, que con su habilidad directa en el control de hongos causantes de enfermedades. Además, *Trichoderma* induce eficientemente resistencia sistémica, lo cual ha sido demostrado en ensayos bajo condiciones controladas y en campo (Geremia *et al.*, 1993; Harman, 2000; Harman *et al.*, 2004)

Con relación a las capacidades de biocontrol de *Trichoderma*, se le atribuyen los siguientes efectos sobre las plantas (Harman *et al.*, 2008):

- Incrementa el desarrollo y rendimiento de las plantas
- Aumenta el desarrollo radical y la tolerancia a sequía
- Induce resistencia sistémica a enfermedades

- Incrementa la toma de nutrientes y la eficiencia en el uso de fertilizantes
- Aumenta el verdor de las hojas, probablemente asociado esto con el incremento de la tasa de fotosíntesis.

Por otra parte Arcia y Bautista (2009) indican diferentes formas de acción de *Trichoderma*, tales como: micoparasitismo, competencia, antibiosis, inducción de resistencia, efecto sobre el crecimiento de las plantas y biorremediación de suelos.

En lo concerniente a la resistencia sistémica adquirida en plantas, existen dos rutas para inducirla (Harman *et al.*, 2004; Jiménez *et al.*, 2012), la del ácido salicílico (SA) y mediante la ruta del ácido jasmónico y etileno (JA/E). Ambas se encuentran bien descritas en dicotiledóneas (Magnoliópsidas), no tanto así para monocotiledóneas (Liliópsidas).

Los mismos autores describen las interacciones entre la planta y el hongo, las cuales se pueden resumir de la siguiente manera: las cepas de *Trichoderma* colonizan e infectan la parte externa de las raíces. Luego, ocurre el desarrollo de una interacción química en el sitio de infección, donde las hifas del hongo son encerradas por la planta pero éstas no mueren. Seguidamente, el hongo produce elicitores químicos que interactúan con su receptor, así como diferentes moléculas señalizadoras (las cuales varían con la cepa del hongo y el hospedero); estos compuestos son los que inducen la activación de las rutas que promueven la resistencia sistémica adquirida en plantas.

Otros cambios fisiológicos han sido demostrados por Marra *et al.* (2006) y Harman y Shores (2007). En este sentido, estudios de la interacción de *Trichoderma* con plantas de maíz y tomate, han demostrado que el hongo afecta la síntesis de numerosas proteínas (alrededor de 121), las cuales están involucradas en el metabolismo de carbohidratos, con el sustancial incremento posterior de proteínas relacionadas con la fotosíntesis. Del mismo modo, Alfano *et al.* (2007) refieren la observación de cambios en la transcripción de alrededor de 45 genes que se involucran en la respuestas de resistencia al estrés.

Por otra parte, a *Trichoderma* se le atribuye acción endófito o endofítica, que induce la resistencia frente a enfermedades causadas por hongos del suelo. Esto ha sido comprobado en cacao (Bailey *et al.*, 2006) y banano (Sikora y Pocasangre, 2006). En el caso del banano,

se han hecho diferentes estudios y validaciones en condiciones de umbráculo y en campo, desarrollando un protocolo de manejo para mantener la resistencia en la planta establecida en el campo, ya que se ha observado que la misma puede decrecer luego de dos años de inoculado el endófito en la misma. Para ello, recomiendan las aplicaciones periódicas del hongo en el suelo a lo largo del ciclo del cultivo, lo cual permite una protección de la planta por más tiempo (Pocasangre *et al.*, 2006).

Dada la versatilidad y los múltiples beneficios reportados sobre *Trichoderma* en diferentes cultivos, cada día cobra mayor vigencia su adopción en diferentes sistemas de producción y condiciones agroecológicas, siendo necesaria su investigación para su correcta incorporación en condiciones de campo (Arcia y Bautista, 2009; Jiménez *et al.*, 2012).

METODOLOGÍA

1. Ubicación del ensayo

La investigación 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'' LN y 67° 36' 16'' LO, a 455 msnm en condiciones de Bosque Seco Tropical.

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 (Granadillo y Valdez, 1973)

2. Diseño del Experimento

Se llevaron a cabo dos experimentos similares en forma simultánea, donde la distinción entre ellos estuvo enfocada en la aplicación o no de *Trichoderma harzianum* como hongo antagonista para el control de enfermedades fungosas del suelo en el cultivo. De esta manera, se establecieron dos ensayos, uno con *Trichoderma* (CT) y el otro sin *Trichoderma* (ST). Ambos experimentos tuvieron una duración de dos años continuos (2012 y 2013).

Para el primer año de investigación, el diseño del experimento fue de bloques al azar con tres tratamientos, cuatro repeticiones y dos observaciones por unidad experimental (UE), para un total en cada ensayo 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.

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.

Para el segundo año de evaluación de la investigación, se agregó el factor ciclo a cada ensayo. Por lo tanto, el arreglo de tratamientos para este año fue en parcelas divididas, donde la parcela principal fue el riego, mientras que la secundaria fue el factor ciclo (anual y continuo) definidos de la siguiente manera:

Ciclo anual (CA): al finalizar la cosecha del primer año, las plantas fueron eliminadas y se procedió a sembrar nuevamente para el segundo año de evaluación.

Ciclo continuo (CC): las plantas siguieron con su ciclo después del primer año de cultivo para un segundo año de evaluación.

Para ello, se procedió a eliminar las plantas en la mitad de las 24 unidades experimentales en ambos ensayos, colocando nuevas plantas en 12 unidades experimentales para establecer el segundo ciclo anual; mientras que en las parcelas restantes, quedaron las plantas sembradas al inicio, las cuales representaron el ciclo continuo.

3. Manejo de la plantación

Como material vegetal se utilizaron semillas provenientes de selecciones de ensayos previamente establecidos en el área experimental, con frutos seleccionados en función de ciertos atributos de calidad como tamaño, peso y color. Se realizó el manejo de plantas en fase de vivero bajo condiciones de umbráculo, luego de transcurridas 6 semanas aproximadamente, se obtuvieron plantas de tamaño adecuado (50 cm aproximadamente) para el trasplante definitivo en campo.

El riego utilizado en el ensayo fue localizado, mediante cintas de goteo con un lateral por espaldera. Se contó con un sistema de fertirrigación y la programación del riego estuvo basada en la hoja de cálculo “Riego a la Carta” diseñada por el Dr. Roberto Villafañe¹ en 2009.

Es necesario destacar que en la fase de establecimiento, a todas las plantas del ensayo indistintamente de 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

¹ Profesor Jubilado. Cátedra de Riego y Drenaje. Facultad de Agronomía. UCV.

cultivo. Por otra parte, se aplicaron tres riegos por semana, tomando en consideración 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 aplicada via riego al cultivo con uso de un contador volumétrico ubicado en el cabezal de riego.

Para poder llevar el control del agua suministrada por cada unidad experimental se instalaron llaves de paso que se abrían o cerraban de acuerdo al tipo de riego seleccionado (R1, R2 y R3). Para el segundo año, el riego fue diferenciado en cuanto a la lámina a aplicar en cada ciclo, producto de que las plantas poseían edades diferentes y requirieron cantidades de aguas distintas de acuerdo a la fase fenológica en que se encontraban.

El manejo del riego aplicado en el año 2012 se resume de acuerdo al siguiente esquema:

- **Siembra-Establecimiento:** del 05 de febrero al 06 de marzo. Aplicación de 100% del requerimiento hídrico en R1, R2 y R3.
- **Fase de crecimiento apical y lateral:** aplicación de RDC en riegos R2 y R3 del 07 de marzo al 15 de abril (36 días de RDC); R1 con 100% de dotación hídrica.
- **Inicio de floración-final fructificación:** del 16 de abril al 03 de octubre. Aplicación del 100% de dotación hídrica en R1, R2 y R3.
- **Reposo vegetativo-final de pico de cosecha:** aplicación de RDC en riegos R2 y R3 del 04 de octubre al 03 de enero (69 días de RDC). R1 con 100% de dotación hídrica.

Total de días con RDC año 1: 105 días.

Para el segundo año de evaluación, el riego se manejó en la forma siguiente para ciclo anual:

- **Siembra-Establecimiento:** 25 de febrero de 2013 hasta 29 de marzo. Aplicación de 100% del requerimiento hídrico en R1, R2 y R3.

- **Fase de crecimiento apical y lateral:** aplicación de RDC en riegos R2 y R3 del 30 de marzo al 01 de junio (63 días de RDC); R1 con 100% de dotación hídrica.
- **Inicio de floración-final fructificación:** del 02 de junio al 21 de octubre. Aplicación del 100% de dotación hídrica en R1, R2 y R3.
- **Reposo vegetativo-final de pico de cosecha:** aplicación de RDC en riegos R2 y R3 del 22 de octubre al 17 de diciembre (39 días de RDC). R1 con 100% de dotación hídrica

Total de días con RDC año 2 en plantas de ciclo anual: 102 días

Para ciclo continuo durante el segundo año de evaluación, el manejo del riego se realizó de la siguiente forma:

- **Nuevo pico de floración y fructificación:** del 04 de enero 2013 al 18 de marzo. Aplicación del 100% de la demanda hídrica en R1, R2 y R3
- **Fase de reposo-final de cosecha:** RDC en riegos R2 y R3 del 19 de marzo al 17 de junio. (97 días de RDC). R1 con 100% del requerimiento hídrico.
- **Floración-Fructificación:** del 18 de junio al 14 de diciembre de 2013. Aplicación del 100% de la demanda hídrica en R1, R2 y R3.

Total de días RDC en plantas de ciclo continuo: 97 días

La plantación de parchita 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⁻¹.

Durante el desarrollo del experimento, se llevó un registro de precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%) mediante una estación climatológica ubicada en el Campo Experimental. El cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) se realizó por medio de la evapotranspiración de referencia (ET_o) medida en forma diaria en el área

experimental con un atmómetro marca ETage, modelo A y los valores de K_c para cada etapa de desarrollo, utilizándose los valores propuestos por Corrêa (2004):

- Fase desarrollo inicial ($K_c = 0,3$). Esto corresponde a la etapa de vivero.
- Fase de crecimiento vegetativo apical ($K_c = 0,4$). Primera etapa de crecimiento hasta alcanzar el alambre a la altura de 1,80 m.
- Fase de crecimiento vegetativo lateral ($K_c = 0,5$). Crecimiento lateral de las ramas.
- Fase de floración, fructificación y maduración del fruto ($K_c = 0,9$). Periodo comprendido entre floración y maduración del fruto, es considerado una fase crítica del cultivo.
- Fase de reposo vegetativo ($K_c = 0,8$). Fase entre el final de cosecha y un nuevo ciclo de evaluación, esta fase aplica a los efectos del ensayo solo para el cultivo bajo el esquema de ciclo continuo.
- Inicio de floración y fructificación del segundo ciclo ($K_c = 0,7$).

La fertilización se realizó al inicio mediante fertirriego, estableciendo como requerimiento nutricional del cultivo 150 g de N, 80 g de P_2O_5 y 300 g de K_2O , por planta.año⁻¹; esto obedeciendo a experiencias previas llevadas a cabo en el área experimental en este rubro y los resultados del análisis químico de suelo realizado en la caracterización inicial del área experimental (Cuadro 2). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio General de Suelos del Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía-UCV.

Se utilizaron como fuentes de fertilizantes para la fertirrigación urea (46-00-00), fosfato monoamónico (FMA) hidrosoluble (12-61-00) y sulfato de potasio hidrosoluble (00-00-51) durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Posteriormente, dadas las dificultades en la consecución de fuentes hidrosolubles, las fertilizaciones se decidieron realizar en forma edáfica, incorporando las dosis en el suelo adyacente a la zona radical del cultivo, utilizando urea (46-0-0), fosfato diamónico (18-46-0) y sulfato de potasio (0-0-60) de acuerdo al siguiente fraccionamiento en cada fase fenológica: crecimiento apical (10% del

total requerido); crecimiento lateral (15%); floración (25%); fructificación (30%) y reposo vegetativo (20%). La fertilización fue calculada en dosis por planta y fue hecha homogéneamente en cada unidad experimental y ensayo evaluado, en forma simultánea.

El control de insectos plaga fue enfocado con mayor relevancia en el uso de controladores biológicos. Para el caso de gusanos defoliadores, fue utilizado *Bacillus thuringiensis* y para el ataque de chinches fue aplicado el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*. En algunos casos excepcionales, fueron realizadas aplicaciones de productos químicos para el control de termitas o comején y chinches que presentaron daños al cultivo puntualmente. Las mismas fueron realizadas homogéneamente en toda el área experimental, teniendo el cuidado de aplicarlos en horas donde la actividad de los polinizadores fuera baja (final de la tarde).

Del mismo modo, en el ensayo con aplicación de *Trichoderma* se realizaron aspersiones cada 15 días al suelo de cada unidad experimental como parte del manejo de este ensayo, utilizando como fuente del hongo antagonista el producto comercial Trico-Plus-A (mezcla de diferentes cepas de trichoderma harzianum) elaborado en la Estación Experimental Experta FAGRO-UCV a su dosis comercial (40g.200 L⁻¹ agua) la cual contiene una concentración de 1x10⁶ esporas del hongo.

La cosecha fue realizada a diario tomando los frutos caídos al suelo e identificándolos para cada unidad experimental y ensayo; llevando un registro de productividad por cada parcela a lo largo del desarrollo de la investigación.

4. Variables evaluadas

4.1. En la planta:

Altura de planta (cm): se midió semanalmente la altura hasta el momento en que la planta llegó al alambre en 4 plantas por unidad experimental. Esto fue realizado para el primer año de siembra en toda la plantación y en el segundo año, solo a las plantas en ciclo anual.

Número de hojas por planta: se contó el número total de hojas emitidas en la planta con una frecuencia semanal, hasta el momento que la planta llegó al alambre en la espaldera en 4 plantas por unidad experimental y en los momentos descritos en la variable anterior.

Área por hoja (cm²) y área foliar específica por hoja (cm².g⁻¹): se tomó la hoja madura recientemente expandida (cuarta hoja sentido ápice-base) del tercio medio de la planta, tomando 4 hojas trifoliadas por unidad experimental al momento de floración y final de cosecha. Se procedió a calcular el valor de área foliar mediante el procesamiento de las imágenes con el programa Image-J previo escaneado de las hojas. Se obtuvieron dos valores, área foliar (AF) y área foliar específica (AFE), dividiendo el área foliar entre el peso seco de la hoja ($AFE = AF / \text{peso seco}$) determinado por secado a 60° C por 48 horas. Esta determinación se realizó en el primer ciclo de cultivo.

Inicio de floración y fructificación (días): se cuantificaron los días transcurridos desde el trasplante hasta el inicio de floración (momento de aparición del primer botón floral visible) y fructificación (momento en que se observó un fruto de aproximadamente 2 cm de longitud) de cada planta en las diferentes unidades experimentales. Se determinó el valor promedio por unidad experimental para el primer ciclo del cultivo.

Inicio de cosecha (días): se tomó el número de días desde el trasplante hasta la cosecha, dado por el momento de la caída del primer fruto maduro en cada unidad experimental en el primer ciclo del cultivo.

Tiempo entre floración y cosecha (días): se calculó el tiempo transcurrido entre el inicio de floración e inicio de cosecha en cada unidad experimental en el primer año de la plantación.

Potencial hídrico del xilema (MPa): mediante el empleo de cámara de presión de acuerdo a la metodología descrita por Scholander *et al.* (1965) y Turner (1988), se realizaron evaluaciones en fase de floración, fructificación y reposo vegetativo, en dos plantas por unidad experimental. Las determinaciones fueron realizadas en horas del mediodía, previo tratamiento de la hoja indicadora, el cual consistió en cubrirlas con bolsas de papel aluminio dos horas antes de la evaluación (Naor, 2000). Se seleccionó la hoja madura recientemente expandida (4ta hoja ápice-base) ubicada en el tercio medio del dosel de la plantación. Esta determinación se realizó en ambos años de evaluación.

Índice de clorofila (unidades Spad): se utilizó un equipo medidor de clorofila marca Konica-Minolta, modelo SPAD-502, el cual determina la cantidad relativa de clorofila presente mediante la medición de la absorción de la hoja en dos regiones de longitud de onda en las regiones roja y cercana a infrarroja. Utilizando estas dos transmisiones, el medidor calcula el valor numérico SPAD que es proporcional a la cantidad de clorofila presente en la hoja. Las determinaciones fueron realizadas en fase de floración, fructificación y reposo vegetativo en dos plantas por unidad experimental y dos hojas por planta, durante los dos años de evaluación del cultivo.

Diferencial térmico cultivo- ambiente (°C): para la determinación de esta variable se procedió a calcular la diferencia de temperatura tomada en la hoja (T_c) y la temperatura del aire (T_a) mediante el uso de un termómetro infrarrojo portátil con psicrómetro incorporado, marca Extech, modelo RH401. Las mediciones fueron realizadas en días despejados (sin nubosidad) en horas del mediodía, en la parte superior del dosel de la planta, en la hoja indicadora señala anteriormente, expuestas a plena radiación. Se realizaron dos lecturas por planta y se tomaron dos plantas por unidad experimental, haciendo las evaluaciones en fase de floración, fructificación y reposo vegetativo, de acuerdo a la metodología descrita por Idso *et al.* (1981). Las determinaciones se realizaron durante los dos ciclos del cultivo.

Contenido de N, P, K, Ca y Mg en el tejido foliar (%): se tomó en el periodo de floración, la cuarta hoja desde el ápice hacia la base (hoja madura recientemente expandida) de acuerdo a lo señalado por Malavolta *et al.* (1989). La técnica de muestreo se realizó conforme a la metodología propuesta por Ruggiero (1980) y Lima (1999) quienes señalan que se deben tomar cuatro hojas por planta, dos de cada lado de la espaldera. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio General de Suelos del Instituto de Edafología FAGRO-UCV, para realizar el respectivo análisis de tejido.

Contenido de $N-NO_3^-$, 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 $N-NO_3^-$ 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 6 plantas de cada unidad experimental y se calculó el promedio de kg producidos por planta durante su ciclo completo de cosecha. Una vez obtenido el promedio del rendimiento por planta para cada unidad experimental, se extrapolaron estos valores al rendimiento por hectárea con la densidad de plantación establecida en campo ($1666 \text{ plantas.ha}^{-1}$).

Calidad de fruta: se determinaron las variables comúnmente asociadas a la calidad de fruta en parchita: peso promedio por fruto (g), longitud (cm), diámetro (cm), % pulpa, % de cáscara, % de jugo, pH, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (mediante titulación con NaOH 0,1 N) y relación SST/acidez. El muestreo fue realizado en el periodo de máxima cosecha, tomando tres frutos por unidad experimental. Se tomaron frutos maduros fisiológicamente, que presentaran color amarillo. La cosecha se realizó diariamente recogiendo los frutos caídos al suelo. Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Cultivos Perennes del Instituto de Agronomía FAGRO-UCV.

Relación consumo de agua de riego por kg de fruta producida (L.kg^{-1}): mediante el registro de la cantidad de agua aplicada via 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.

Evaluación del patrón de distribución radical: se realizaron estudios de profundidad efectiva del sistema radical y se analizó el patrón de distribución y desarrollo radical del cultivo de parchita, mediante un estudio de perfil de pared, de acuerdo a la metodología descrita en Böhn (1979). En las plantas de ciclo anual, fue realizado al final del primer año productivo; mientras que para ciclo continuo, el estudio fue hecho al final del segundo año de cultivo. Las variables evaluadas fueron: proporción de raíces (%) y extensión lateral de raíces (cm) en cada capa de suelo y profundidad efectiva en el perfil (cm). Igualmente, se determinó el espesor de cada horizonte en el perfil. Dicho muestreo se realizó en una planta por unidad experimental.

Incidencia de *Fusarium* sobre el cultivo: se determinó el porcentaje de plantas afectadas por el hongo *Fusarium* spp. en cada unidad experimental durante el desarrollo de la

investigación, en función de la aparición de los síntomas característicos, durante los dos años de investigación, con una frecuencia mensual.

4.2. Variables edáficas evaluadas:

Se realizó una caracterización inicial del suelo en cuanto a sus propiedades químicas y físicas en cada unidad experimental en ambos ensayos. A los efectos de presentar la información de línea base, se señalan a continuación los valores promedio las 24 unidades experimentales en cada ensayo.

Las propiedades químicas del suelo fueron determinadas mediante un análisis de rutina, a una profundidades de 0-20 y 20-40, determinando % de materia orgánica, pH, conductividad eléctrica (dS.m^{-1}) y contenido de macronutrientes. Los resultados se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Caracterización inicial del suelo en cuanto a propiedades químicas a dos profundidades del perfil para ambos ensayos.

Ensayo	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})
CT	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
ST	0-20	7,08	0,09	0,93	23,78	122,53	149,57	114,25	53,18
	20-40	7,11	0,13	0,86	21,55	103,53	112,63	91,25	44,07

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*. CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica del suelo

Del mismo modo, se realizó una caracterización física del lote en cada capa de suelo encontrada en el perfil hasta los 40 cm de profundidad, usando un toma muestras tipo Uhland para la determinación de Densidad aparente (Mg.m^{-3}), Espacio Poroso Total (%), Espacio Poroso de Aireación (%), Modulo de Ruptura (kPa) y Conductividad Hidráulica Saturada (cm.h^{-1}), en muestras de suelos no disturbadas de acuerdo a la metodología propuesta por Pla (1983) (Cuadro 3). Igualmente, se determinó en muestras disgregadas, la Distribución de Tamaño de Partículas por el método de Bouyucos (Cuadro 4).

Cuadro 3. Propiedades físicas del suelo en muestras no disturbadas a tres profundidades del perfil en el cultivo de parchita maracuyá para ambos ensayos

Ensayo	Prof (cm)	Da (Mg.m ⁻³)	EPT (%)	EP > 15 µm	Ksat (cm.h ⁻¹)	MR (kPa)
CT	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
ST	0-12	1,46	44,40	6,68	4,99	232,30
	13-25	1,61	45,08	5,77	3,34	207,96
	26-39	1,51	45,07	7,14	9,57	153,86

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; Da: densidad aparente; EPT: espacio poroso total; EP<15µm: porosidad de aireación; Ksat: conductividad hidráulica saturada; MR: módulo de ruptura.

Cuadro 4. Caracterización inicial del suelo en cuanto al análisis textural en las tres primeras capas de suelo para ambos ensayos.

Ensayo	Prof (cm)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	amf (%)	af (%)	am (%)	ag (%)	amg (%)
CT	0-12	12,12	37,66	50,24	26,29	18,45	5,20	1,12	0,93
	13-25	12,58	39,58	47,79	25,40	17,33	4,45	1,25	1,29
	26-39	12,25	40,41	46,03	25,16	17,62	3,95	1,12	0,83
ST	0-12	9,79	40,24	49,99	23,12	15,87	5,78	1,83	1,33
	13-25	10,45	41,03	48,45	23,33	15,20	5,29	1,62	1,00
	26-39	10,33	41,62	48,40	23,70	15,20	5,03	1,31	0,87

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ensayo ST: sin aplicación de *Trichoderma*; Prof: profundidad de la capa muestreada. amf: arena muy fina; af: arena fina; am: arena media; ag: arena gruesa; amg: arena muy gruesa;

Por otra parte, se realizaron curvas de retención de humedad en cada unidad experimental a diferentes tensiones de acuerdo a la metodología propuesta por Pla (1983). Las muestras fueron tomadas en las tres primeras capas de suelo, haciendo minicalicatas de 60x60x60 en el área central de cada unidad experimental (Cuadro 5)

Cuadro 5. Caracterización de los valores de retención de humedad del suelo (%) a diferentes tensiones para ambos ensayos en la primera capa de suelo.

Ensayo	- 33 kPa	- 100 kPa	- 500 kPa
CT	25,54	17,46	8,92
ST	26,85	15,88	7,99

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ensayo ST: sin aplicación de *Trichoderma*

Determinación de humedad del suelo

Para cada tipo de riego, fueron instalados en ambos ensayos sensores de humedad Watermark, el cual mide la tensión con la cual es retenida el agua en la matriz del suelo (kPa). Se realizaron lecturas semanales durante el primer año del cultivo, tomando posteriormente el valor promedio por riego para cada ensayo.

Presencia de hongos patogénicos en el área experimental

Se realizó un muestreo de suelo en cada unidad experimental para verificar la existencia de hongo patogénico en el área de ambos ensayos. Posteriormente, se realizaron los aislamientos respectivos y se hicieron observaciones con microscopio de las estructuras características del hongo para la clasificación del mismo a nivel de especie. Es necesario destacar que en ensayos anteriores con cultivo de parchita en el área experimental utilizada, se observaron plantas con síntomas asociados a la presencia de *Fusarium* en el suelo.

4.3. Variables económicas

Para cada ensayo se tomaron las variables: costo de producción (CP), ingreso bruto (IB), ingreso neto (IN). Se llevó un registro de los costos de producción asociados a cada tipo de manejo del cultivo (factores Riego, Trichoderma y Ciclo) durante los dos años de evaluación e igualmente se registraron los valores de rendimiento descritos anteriormente. Para el caso del precio, se tomó un valor referencial de venta del producto (fruta fresca) a nivel de agricultor, en función a la época de cosecha y año de evaluación.

5. Análisis de resultados

De acuerdo al diseño de cada año de evaluación y previa verificación del cumplimiento de los supuestos, los datos fueron analizados mediante análisis de la varianza y pruebas de rango múltiple de Waller-Duncan con un nivel de significación $\alpha=0,05$. Para establecer comparaciones entre ambos ensayos, se efectuó un análisis combinado acorde con una serie de experimentos semejantes en mediciones no repetidas (Cochran y Cox, 1990). De esta manera, se pudo analizar inferencialmente ambos ensayos para contrastar las posibles diferencias entre ellos. Se utilizó el programa SAS versión 8.0 para el análisis de los resultados.

Para el caso de las variables económicas, no se realizó un análisis inferencial, por lo cual, con base a las variables anteriormente descritas para este aspecto, se utilizó la metodología propuesta por Badiz *et al.* (2011) para el cultivo de parchita, considerando la eficiencia económica del capital o margen bruto ($IB-CP/CP \times 100$) como indicador de análisis de la rentabilidad del negocio agrícola.

Por otra parte y con la finalidad de dar explicación a ciertas interrogantes que se presentaron en los resultados en el área experimental, producto de valores contrastantes entre los ensayos evaluados, se realizó un análisis multivariado por componentes principales para algunas variables seleccionadas de propiedades edáficas y luego un análisis de regresión, usando como variables dependientes la incidencia de *Fusarium* y el rendimiento y como variables independientes los componentes principales (Iezzoni y Pritts, 1991; SAS Institute Inc, 1991).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación tuvieron dos formas de análisis debido a la existencia de factores diferentes durante el primer y segundo año del cultivo. De esta manera, durante el primer ciclo de la planta, se evaluaron solo los factores riego (R1, R2 y R3) y *Trichoderma* (ensayos con y sin *Trichoderma*), ya que no era posible considerar al factor ciclo (anual y continuo). Para el segundo año de la investigación, se evaluó para cada variable la combinación de los factores riego, *Trichoderma* y ciclo.

I- Desarrollo del cultivo

Altura de planta y número de hojas.

- Primer año.

En los Cuadros 6 al 9 se presentan los resultados de las pruebas de medias para cada semana de evaluación hasta el momento en que el 50% de la población alcanzó la altura del alambre (semana 8 luego de la siembra) en ambas variables. En este sentido, no se presentó interacción entre los factores estudiados en ambas variables. Para el caso de la altura de planta, solo existieron diferencias estadísticamente significativas entre riegos evaluados solo en las semanas 6 y 7; no obstante, no se observó una tendencia definida, ya que los mayores valores fueron obtenidos en los tratamientos de 100 y 33% de restricción hídrica, presentando los menores valores R2 (66% de restricción). Sin embargo, en la última semana de evaluación los valores no presentaron diferencias significativas. Caso similar ocurrió en el caso del factor *Trichoderma*; en las primeras semanas se presentaron diferencias significativas entre ensayos, obteniendo los mayores valores el ensayo sin aplicación del hongo. Posteriormente, en la semana 7 los mayores valores se obtuvieron para el caso del ensayo con *Trichoderma*, mientras que para la última fecha de evaluación, no se presentaron diferencias significativas entre ensayos. Esto sugiere que tanto el factor riego como *Trichoderma* no ejercieron un efecto claro sobre ambas variables, quedando su expresión sujeta más bien a las características diferenciales del material vegetal, así como también a los factores edáficos predominantes del ensayo, los cuales presentan una variabilidad espacial considerable en el área experimental.

Por otra parte, en el caso del ensayo CT hubo un efecto de bacteriosis que afectó el desarrollo de las plantas, viéndose afectada ambas variables, especialmente en aquellas bajo R1, donde fue mayor la incidencia de esta enfermedad.

Cuadro 6. Valores de altura de planta (cm) para el factor riego durante el primer ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	Alt 1 (cm)	Alt 2 (cm)	Alt 3 (cm)	Alt 4 (cm)	Alt 5 (cm)	Alt 6 (cm)	Alt 7 (cm)	Alt 8 (cm)
R1	39,47	49,02	63,15	84,46	138,97	153,58 a	159,11 ab	161,36
R2	40,15	49,33	62,80	86,30	137,80	137,80 b	143,42 b	154,88
R3	41,11	49,50	63,48	83,75	141,60	156,16 a	165,65 a	168,38

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. Alt: altura de planta. Letras diferentes dentro de una misma columna, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Cuadro 7. Valores de altura de planta (cm) para el factor *Trichoderma* durante el primer ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.

Ensayo	Alt 1 (cm)	Alt 2 (cm)	Alt 3 (cm)	Alt 4 (cm)	Alt 5 (cm)	Alt 6 (cm)	Alt 7 (cm)	Alt 8 (cm)
CT	40,08	46,55 b	58,15 b	76,87 b	134,57	152,24	156,22 a	163,24
ST	42,17	52,05 a	68,13 a	92,80 a	144,34	146,88	137,23 b	160,05

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; Alt: altura de planta. Letras diferentes dentro de una misma columna, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Cuadro 8. Valores de número de hojas por planta para el factor riego durante el primer ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	NH 1	NH 2	NH 3	NH 4	NH 5	NH 6	NH 7	NH 8
R1	8,72	11,20	13,10	14,17	17,95	19,47	18,81	20,00
R2	8,98	10,98	13,31	14,30	18,33	18,41	18,00	18,70
R3	8,72	11,35	13,13	14,17	18,08	19,57	18,38	17,96

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. Alt: altura de planta. NH: número de hojas.

Cuadro 9. Valores de número de hojas por planta para el factor *Trichoderma* durante el primer ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá

Ensayo	NH 1	NH 2	NH 3	NH 4	NH 5	NH 6	NH 7	NH 8
CT	9,01	11,28	13,08	13,88	18,02	19,85 a	19,89 a	20,14
ST	8,60	11,07	13,28	14,55	18,22	18,46 b	16,61 b	17,78

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; NH: número de hojas. Letras diferentes dentro de una misma columna, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Por otra parte, los días que transcurrieron para que las plantas llegaran al alambre se observan en los Cuadros 10 y 11 para los factores riego y *Trichoderma*, respectivamente. No hubo interacción significativa entre ambos factores, así como tampoco existieron diferencias estadísticamente significativas para los factores individuales. Esto indica que el tratamiento de RDC suministrado en la planta no afectó en forma negativa el desarrollo de la misma, permitiendo que su crecimiento no se viera influenciado por la restricción hídrica suministrada al cultivo. Del mismo modo, el *Trichoderma* no favoreció ningún aspecto del desarrollo con referencia al tiempo en llegar la planta a alcanzar el alambre de la espaldera.

Cuadro 10. Días transcurridos hasta alcanzar la altura del alambre (DAA) en plantas de parchita maracuyá con relación al factor riego durante el primer ciclo del cultivo.

Riego	Días hasta alcanzar alambre en espaldera
R1	43,67
R2	41,74
R3	44,76

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%.

Cuadro 11 Días transcurridos hasta alcanzar la altura del alambre (DAA) en plantas de parchita maracuyá con relación al factor *Trichoderma* durante el primer ciclo del cultivo.

Ensayo	Días hasta alcanzar alambre en espaldera
CT	43,67
ST	41,74

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*

En este sentido, García *et al.* (2012) señalan que el consumo de agua está estrechamente relacionado con el crecimiento en altura para este cultivo, y al ser más eficiente su suplencia a la planta, el crecimiento se incrementa o no se ve afectado negativamente.

En cuanto al tiempo desde trasplante a floración, en el Cuadro 12 se observa que tampoco hubo diferencias estadísticas entre los riegos aplicados, con lo cual se evidencia que la aplicación de RDC durante la fase de crecimiento apical y lateral no afectó el desarrollo del cultivo. Vale la pena destacar que el inicio de floración ocurrió alrededor de los 60 días, lo cual indica que el efecto de la restricción hídrica por más de un mes ofrecido a las plantas luego del establecimiento del cultivo, no afectó negativamente la duración de las dos primeras fases fenológicas.

Cuadro 12. Duración de las fases fenológicas (días) en plantas de parchita maracuyá de acuerdo al riego evaluado durante el primer ciclo de producción.

Riego	DTF	DFC	DTC
R1	58,75	89,43	148,18
R2	60,25	87,68	147,93
R3	60,12	95,75	155,87

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. DTF: días trasplante a floración; DFC: días floración a cosecha; DTC: días trasplante a cosecha.

Una vez ocurrida la floración en el 50% de la población, se procedió a restablecer el 100% del requerimiento hídrico del cultivo y se continuó durante la producción de frutos, por ser considerados periodos críticos, en los cuales cualquier déficit hídrico puede afectar significativamente la producción de la planta (Fischer *et al.*, 2009; Fischer, 2010).

Con relación al factor *Trichoderma*, tomando en consideración la comparación entre ensayos, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos experimentos para las variables evaluadas (Cuadro 13). Los resultados sugieren que la aplicación de *Trichoderma* no fue un factor que condicionara la expresión de estas variables.

Cuadro 13. Duración de las fases fenológicas (días) de plantas de parchita maracuyá asociado al factor *Trichoderma* durante el primer ciclo de producción.

Ensayo	DTF	DFC	DTC
CT	60,58	97,75	158,33
ST	58,83	84,16	143,00

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; DTF: días trasplante a floración; DFC: días floración a cosecha; DTC: días trasplante a cosecha.

Al respecto, Marques *et al.* (2009) señalan que para la zona de Jataí, Brasil, el tiempo de inicio de floración fue 120 días después del trasplante (ddt), mientras que el inicio de cosecha estuvo alrededor de los 200 ddt. Los resultados encontrados en la presente investigación demuestran mayor precocidad del cultivo en las condiciones en la cual se desarrolló el ensayo. Por su parte, Machado *et al.* (2012) indican que el comportamiento de la floración varía durante el año con consecuentes variaciones en los periodos de cosecha.

Por su parte, Malavolta (1994) señala que en condiciones de Brasil, el tiempo que transcurre entre floración y término de desarrollo del fruto varía entre 60 y 80 días. En el caso de los resultados encontrados en el ensayo ST coinciden con los valores señalados con el autor, no obstante, en el ensayo CT se retrasó un poco este lapso, encontrando periodos entre 93 a 103 días. El mismo autor indica que la producción empieza entre el 7^{mo} y 10^{mo} mes después de la siembra, mientras que Borges *et al.* (2002) señalan que en la región sudeste de Brasil, la formación de frutos inicia alrededor de los 280 días (9^{no} mes de establecido). En el caso de la presente investigación, la cosecha se inicio entre el 5^{to} y 6^{to} mes luego del trasplante, lo cual indica un mayor grado de precocidad en inicio de la producción del cultivo bajo las condiciones de estudio. Esto pudiera atribuirse a la latitud más cercana al Ecuador del área experimental de la presente investigación, donde la cantidad de horas/luz es más uniforme a lo largo del año, así como temperaturas cálidas durante el mismo (Fischer *et al.*, 2010).

- Segundo año

Para el segundo ciclo anual, se evaluó nuevamente la altura y número de hojas de acuerdo al tipo de riego suministrado en ambos ensayos, hasta que las plantas alcanzaron la altura del alambre. Para ambas variables no existió interacción significativa entre los factores

evaluados. En cuanto al factor riego para la altura de planta, tampoco se presentaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las fechas evaluadas, lo cual indica que al igual que en el primer ciclo del cultivo, el RDC no ejerció efecto desfavorable sobre el crecimiento durante la primera fase fenológica luego del establecimiento, es decir, la fase de crecimiento apical de la planta (Cuadro 14).

Cuadro 14. Valores de altura de planta para el factor riego durante el segundo ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7	Alt 8
R1	45,53	53,46	61,73	72,05	85,74	106,78	126,30	136,90
R2	45,86	53,15	60,80	71,05	83,30	100,15	114,0	127,78
R3	45,95	56,02	66,85	80,87	96,71	119,55	137,38	151,89

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. Alt: altura de planta.

Por su parte, para el factor *Trichoderma* con excepción de la primera evaluación, se detectaron diferencias estadísticamente significativas, siendo las plantas donde no se aplicó el hongo antagonista las que obtuvieron mayor altura (Cuadro 15).

En este sentido, es necesario destacar que los resultados encontrados no indican que *Trichoderma* cause un efecto desfavorable sobre el cultivo en cuanto a altura se refiere, esta respuesta puede estar mayormente asociada a factores edáficos en cada área experimental, como se indicó en los resultados del primer año de producción.

Cuadro 15. Valores de altura de planta para el factor *Trichoderma* durante el segundo ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá

Ensayo	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 5	Alt 6	Alt 7	Alt 8
CT	44,27	50,84 b	56,57 b	65,71 b	76,58 b	92,85 b	108,53 b	122,67 b
ST	47,29	57,58 a	69,68 a	83,60 a	100,58 a	124,80 a	143,26 a	155,04 a

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; Alt: altura de planta. Letras diferentes dentro de una misma columna, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Con relación al número de hojas, no hubo efecto de interacción entre los factores estudiados. Sin embargo, al analizarlos en forma independiente, se tiene que para el caso del riego, no se presentaron diferencias significativas entre los niveles de restricción hídrica aplicados y el suministro del 100% de la dotación hídrica, lo cual indica que el manejo de la técnica del RDC no ejerció efecto desfavorable sobre la emisión de hojas por parte del cultivo (Cuadro 16). Caso similar ocurrió durante el primer año.

Cuadro 16. Valores de número de hojas para el factor riego durante el segundo ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	NH 1	NH 2	NH 3	NH 4	NH 5	NH 6	NH 7	NH 8
R1	8,23	9,83	11,52	13,05	15,35	16,13	18,08	18,23
R2	8,08	9,42	11,10	12,93	14,37	15,16	16,40	17,25
R3	8,72	10,33	11,80	13,67	16,45	17,56	19,86	21,07

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. NH: número de hojas.

Por otro lado, en cuanto al factor *Trichoderma*, al igual que en el primer año de cultivo, los resultados no presentaron una tendencia definida, ya que para las dos primeras fechas de evaluación los mayores valores se obtuvieron en el ensayo con aplicación del hongo antagonista, mientras que de la semana 3 a la 6, se encontraron diferencias estadísticamente significativas con los mayores valores en el caso del ensayo sin aplicación de *Trichoderma* (Cuadro 17). Como se ha señalado anteriormente, en este hongo no ha sido reportado capacidad alguna de afectar negativamente el crecimiento de las plantas, más bien la literatura refiere lo contrario, es decir, efectos favorables como promotor del crecimiento de la parte radical y aérea en algunos cultivos, así como también reportes de mayor eficiencia en el proceso de fotosíntesis (Harman *et al.*, 2008; Arcia y Bautista, 2009)

Cuadro 17. Valores de número de hojas para el factor *Trichoderma* durante el segundo ciclo de producción en el cultivo de parchita maracuyá

Ensayo	NH 1	NH 2	NH 3	NH 4	NH 5	NH 6	NH 7	NH 8
CT	9,01	11,28	13,08	13,88	18,02	19,85 a	19,89 a	20,14
ST	8,60	11,07	13,28	14,55	18,22	18,46 b	16,61 b	17,78

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; NH: número de hojas. Letras diferentes dentro de una misma columna, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

En cuanto a los días en llegar la planta hasta el alambre, para esta variable no hubo interacción significativa entre los factores estudiados e igualmente no hubo diferencias estadísticas para los factores analizados en forma independiente. Al igual que en el primer año, no se observaron diferencias estadísticamente significativas para el tiempo en llegar las plantas al alambre de la espaldera. Los resultados se presentan en los Cuadros 18 y 19.

Cuadro 18. Días transcurridos hasta alcanzar la altura del alambre (DAA) en plantas de parchita maracuyá con relación al factor riego durante el segundo ciclo del cultivo.

Riego	Días hasta alcanzar alambre en espaldera
R1	47,32
R2	47,17
R3	45,49

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%.

Cuadro 19. Días transcurridos hasta alcanzar la altura del alambre (DAA) en plantas de parchita maracuyá con relación al factor *Trichoderma* durante el segundo ciclo del cultivo.

Ensayo	Días hasta alcanzar alambre en espaldera
CT	49,28
ST	45,04

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*

Área por hoja y área foliar específica por hoja

El área foliar en cultivos de interés agrícola es de suma importancia en los diferentes estados fisiológicos de la misma, dado que es un parámetro indicativo del crecimiento y desarrollo. La determinación de área foliar proporciona información para estudios fisiológicos relacionados con el crecimiento de la planta, la intercepción de luz, la eficiencia fotosintética y la respuesta de la evapotranspiración y el riego (Blanco y Folegatti, 2005). Por otra parte, el área foliar específica es una variable útil cuando se somete a la planta a tratamientos de riego, luz, temperatura o nutrición, indicando si el espesor de la misma se ve afectado (Ascencio, 1985)

Para el área foliar por hoja y área específica por hoja no se obtuvo interacción significativa entre los factores evaluados. Igualmente, al analizar los factores en forma individual, no hubo diferencias estadísticamente significativas en ambas variables tanto para el factor riego como ciclo (Cuadros 20 y 21).

Los resultados con respecto al factor riego demuestran que la aplicación del RDC al cultivo no generó efectos desfavorables sobre ambas variables para las dos fechas de muestreos realizadas. En este sentido, se puede inferir que la técnica de RDC en los porcentajes de restricción hídrica durante las fases fenológicas no críticas (que antecedieron a los muestreos realizados en la planta para estas variables) no representó problema en cuanto al desarrollo de la masa foliar, indicando de esta forma ausencia de un estrés hídrico significativo en el cultivo.

Cuadro 20. Área por hoja (cm^2) y área foliar específica por hoja ($\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$) en plantas de parchita maracuyá en etapa de floración y cosecha de acuerdo al factor riego durante el primer año de producción.

Riego	AF flo	AFE flo	AF fcos	AFE fcos
R1	78,16	156,44	94,42	217,54
R2	80,62	154,20	95,39	221,03
R3	78,56	154,49	104,61	226,49

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. AF flo: área por hoja en periodo de plena floración; AFE flo: área foliar específica por hoja en periodo de plena floración; AF fcos: área por hoja en periodo final de cosecha; AFE fcos: área foliar específica por hoja en periodo final de cosecha.

En presencia de estrés hídrico, una de las primeras manifestaciones de la planta es afectar el desarrollo de las hojas, así como ocurrencia de fenómenos de distorsión foliar. Al respecto, Menzel *et al.* (1986) reportan que el área foliar comienza a reducirse con potenciales hídricos foliares alrededor de $-1,5\text{MPa}$, mientras que la paralización del desarrollo foliar ocurre a potenciales menores a $-2,0\text{MPa}$. Vale la pena destacar que estos valores de potencial no fueron alcanzados en la presente investigación (lo cual será discutido posteriormente). De esta manera, no se generaron efectos desfavorables sobre la expresión de esta variable con el uso de los riegos deficitarios suministrados al cultivo.

Por otra parte, con relación al factor *Trichoderma* no se encontraron diferencias en ambas variables entre los ensayos evaluados, encontrando una ligera tendencia a presentar los mayores valores en las plantas donde no se aplicó el hongo antagonista. Al igual que las variables de desarrollo del cultivo discutidas anteriormente, esto podría ser atribuido a factores edáficos del área experimental, más que a un posible efecto adverso de *Trichoderma* sobre las plantas.

Cuadro 21. Área por hoja (cm²) y área foliar específica por hoja (cm².g⁻¹) en plantas de parchita maracuyá en etapa de floración y cosecha de acuerdo al factor *Trichoderma* durante el primer año de producción.

Ensayo	AF flo	AFE flo	AF fcos	AFE fcos
CT	76,74	144,66	95,84	219,12
ST	81,49	165,42	100,44	224,25

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*. AF flo: área por hoja en periodo de plena floración; AFE flo: área foliar específica por hoja en periodo de plena floración; AF fcos: área por hoja en periodo final de cosecha; AFE fcos: área foliar específica por hoja en periodo final de cosecha.

Al respecto, Blanco y Folegati (2005) señalan que la determinación del área foliar en el cultivo de parchita proporciona información para estudios fisiológicos relacionados con el crecimiento, captación de luz, eficiencia fotosintética y respuesta de la evapotranspiración frente a factores como fertilización y riego, permitiendo de esta forma generar estrategias de gestión para obtener altos rendimientos.

En líneas generales se puede afirmar que la respuesta de la planta con relación a los riegos aplicados no afectó en forma significativa la expresión de ambas variables, lo cual pudiera inferirse que la adopción del RDC en el cultivo no incidió sobre el desarrollo de la planta, en lo que aspectos de área foliar se refiere.

II- Fisiología del Cultivo

Potencial hídrico xilemático.

- Primer año

Para esta variable no se presentó interacción positiva entre los factores riego y *Trichoderma*. Los resultados con relación al riego se presentan en el Cuadro 22. Los valores del potencial hídrico son expresados en forma negativa, mientras más cercanos al 0, menor estrés hídrico posee la planta. Por otra parte, a medida que se hacen más negativos, representan condiciones de estrés hídrico, ya que el agua es más fuertemente retenida en los tejidos (Pérez y Melgarejo, 2015).

Los resultados encontrados no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre riegos estudiados para ninguna de las fases fenológicas evaluadas, lo cual indica que el RDC no ejerció efecto desfavorable en cuanto al estatus hídrico de la planta comparado al testigo con el 100% de la dotación hídrica.

Cuadro 22. Potencial hídrico xilemático (MPa) en función al tipo de riego durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y reposo en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	PHX1 (MPa)	PHX2 (MPa)	PHX3 (MPa)
R1	-0,907	-0,707	-1,02
R2	-1,003	-0,652	-1,33
R3	- 0,942	-0,707	-1,11

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. PHX: potencial hídrico xilemático (1): fase de floración; (2): fase de fructificación; (3): fase de reposo.

En el caso de parchita maracuyá, son pocos los trabajos relacionados con los efectos del déficit hídrico sobre variables fisiológicas el cultivo. Al respecto, Menzel y Simpson (1994) indican que en condiciones de invernadero, plantas del híbrido 'E-23', a las cuales se les suministró adecuadamente el requerimiento de agua (control), el potencial hídrico de la hoja osciló entre $-0,8$ y $-1,1$ MPa; mientras que en aquellas con déficit, los valores disminuyeron a $-3,7$ MPa. Igualmente, Gaudío (2011) señala valores de potencial foliar de $-3,0$ MPa en plantas con estrés hídrico. De esta manera, los resultados encontrados en esta

investigación en las diferentes etapas fenológicas evaluadas se puede afirmar que las plantas con los enfoques de RDC aplicados al cultivo, no presentaron síntomas asociados a estrés hídrico.

Vale la pena destacar que durante las fases fenológicas previas a floración (crecimiento apical y lateral) las plantas estuvieron bajo el esquema de Riego Deficitario Controlado (RDC) durante 36 días; y para el momento de floración, se restableció el 100% del requerimiento hídrico. Igualmente, es necesario acotar que no se muestreó en las dos primeras fases fenológicas, ya que todavía la planta no presentaba la arquitectura adecuada (ramas productivas) estando ausente la hoja indicadora propuesta para la toma de muestras de nutrición y variables fisiológicas en este cultivo, es decir, la cuarta hoja sentido ápice-base, con botón floral en la axila de la hoja.

La evaluación realizada en el periodo de plena floración fue el 30 de abril de 2012, habiendo restablecido el suministro del 100% de la demanda hídrica 15 días antes. Los valores menos limitantes fueron encontrados en R1, lo cual pudiera inferirse que el manejo de la dotación de riego al 100% de la demanda hídrica durante las primeras fases fenológicas del cultivo favoreció un mejor estatus hídrico de la planta para el momento de floración.

Por su parte, en la fase de fructificación continuó el manejo de la dotación hídrica al 100% del requerimiento del cultivo, observándose que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre riegos. Igualmente, se encontró que los valores de potencial fueron menos limitantes comparados con los obtenidos en floración. Vale la pena destacar que la fecha de evaluación para fructificación fue el 15 de agosto, dentro del periodo de abundante precipitación. Es necesario acotar que los riegos aplicados en esta fase fueron en menor frecuencia y láminas menores, por la ocurrencia de lluvias en los meses anteriores.

Pérez y Melgarejo (2015) realizaron un estudio del potencial hídrico foliar en plantas de parchita en etapa de floración y fructificación, encontrando valores en horas del mediodía sin condición de estrés hídrico de -1,2 y -1,4 MPa, respectivamente. Los autores indican que son valores considerados como no limitantes para el desempeño fisiológico de la planta. Resultados similares fueron encontrados en esta investigación, demostrando

ausencia de estrés hídrico a pesar de los diferentes tratamientos de riego aplicados al cultivo.

Luego de finalizado el primer ciclo de cosecha, se evaluó el potencial hídrico xilemático en la fase correspondiente al reposo vegetativo, antes de dar inicio al segundo ciclo de producción. Dicha evaluación fue realizada el 15 de diciembre de 2012, cuando ocurría el periodo de sequía. Para dicha fecha se había restablecido el RDC en ambos ensayos desde el 04 de octubre del mismo año.

Para esta fase fenológica de reposo, no hubo diferencias entre los riegos evaluados, no obstante, se distinguen valores más limitantes que en la fase de fructificación donde había suministro al 100% del requerimiento hídrico. El uso del RDC en fase de reposo no afectó significativamente la expresión del PHX, lo cual indica a que esta técnica permite el buen funcionamiento de la planta en cuanto a su estatus hídrico, haciendo un uso más eficiente del agua en el cultivo, al no evidenciar estrés en las plantas donde se aplicó RDC de acuerdo a los valores señalados en diferentes investigaciones para este cultivo (Menzel y Simpson, 1994; Gaudio, 2011; Perez y Melgarejo, 2012).

Con respecto al factor *Trichoderma*, en el Cuadro 23 se presentan los valores de potencial hídrico xilemático para cada fase fenológica en los ensayos con y sin *Trichoderma*. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas solo en fase de floración donde los valores en el caso del ensayo CT fueron un poco más limitantes que los obtenidos en ST. No obstante, ambos valores no resultan perjudiciales para el correcto desempeño fisiológico de la planta.

Cuadro 23. Valores de potencial hídrico xilemático en fase de floración, fructificación y reposo para el factor *Trichoderma* en el cultivo de parchita maracuyá.

Ensayo	PHX1	PHX2	PHX3
CT	-1,02 a	- 0,72	-1,09
ST	- 0,88 b	- 0,65	-1,22

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; PHX: potencial hídrico xilemático. (1): fase de floración; (2): fase de fructificación; (3): fase de reposo. Letras diferentes dentro de una misma columna, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

La diferencia entre ambos ensayos, pudieran estar asociada a aspectos de variabilidad de suelo entre ambas áreas experimentales, lo cual será discutido posteriormente. En el ensayo con aplicación de *Trichoderma* los valores fueron ligeramente menores en comparación al área experimental sin aplicación del hongo antagonista.

- **Segundo año.**

En lo concerniente al segundo año de experimentación, se realizó la primera evaluación el 24 de abril de 2013. Se debe destacar que la siembra del segundo ciclo anual se realizó el 25 de enero de ese año y para ese momento, las plantas se encontraban en inicio de la fase fenológica de crecimiento lateral de las ramas, pero sin tener ramas fructíferas para poder determinar el potencial hídrico en la respectiva hoja indicadora, siendo esta evaluación hecha solo para las plantas bajo ciclo continuo.

En el Cuadro 24 se presentan los resultados del PHX de ambos ensayos para las plantas bajo ciclo continuo en abril de 2013, cuando se encontraban en fase de reposo vegetativo. Vale la pena destacar que en este período se estaba aplicando el RDC en dichas plantas. Los resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al factor riego, no así para el factor *Trichoderma*. Los potenciales hídricos xilemáticos más limitantes en ambos ensayos se encontraron en las plantas bajo R3 y R2 (-1,13 y -1,03 MPa respectivamente). No obstante, Menzel y Simpson (1994) y Gaudio (2011) señalan estos valores como no limitativos para el cultivo de parchita y los asocian con un contenido adecuado de humedad en la planta.

En este sentido, R1 obtuvo los valores más altos de potencial (-0,90 MPa) indicando un mejor estatus hídrico en la planta. Por su parte, Pérez y Melgarejo (2012) encontraron valores de potencial hídrico foliar inferiores a -1,0 MPa en Cundimarca, Colombia en plantas sin condición de estrés hídrico, mientras que Gaudio (2011) reporta valores de -3,0 MPa bajo estrés hídrico severo.

Cuadro 24. Valores de PHX en plantas de ciclo continuo en fase de reposo para el segundo año de producción en ambos ensayos, durante evaluación realizada el 24 de abril de 2013, para factor riego y *Trichoderma*.

Riego	PHX (MPa)
R1	-0,90 c
R2	-1,03 b
R3	-1,13 a
Ensayo	PHX (MPa)
CT	-1,04
ST	-0,97

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. PHX: potencial hídrico xilemático. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

Posteriormente, el 16 de junio de 2013 se evaluó el PHX en plantas bajo ciclo anual (CA) en ambos ensayos, cuando se encontraban en fase de floración. No hubo interacción significativa entre riego y ensayo, así como tampoco diferencias significativas entre los niveles de los factores independientes. Se destaca el hecho que para esta fecha crítica del cultivo, el riego se aplicaba al 100% de la demanda hídrica en todas las plantas del ensayo, lo cual se correspondió con valores homogéneos de PHX entre los distintos riegos evaluados y entre ambos ensayos. Los resultados se presentan en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Valores promedio de PHX para plantas de ciclo anual en etapa de floración durante el segundo año de producción, en evaluación realizada el 16 de junio de 2013.

Riego	PHX (MPa)
R1	-1,01
R2	-1,10
R3	-1,16
Ensayo	PHX (MPa)
CT	-1,07
ST	-1,11

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. PHX: potencial hídrico xilemático; CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*;

La tercera evaluación se realizó el 16 de septiembre de 2013. En este caso se pudieron evaluar solo las plantas bajo ciclo anual, ya que las de ciclo continuo para ese momento, presentaron una alta mortalidad causada por marchitamiento por *Fusarium*, esto impidió contar con el número de plantas necesarias por unidad experimental en ambos ensayos (con y sin *Trichoderma*). De esta manera, el tercer muestreo correspondió a la fase de fructificación en plantas del segundo ciclo anual. Los resultados se presentan el Cuadro 26.

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas asociadas al factor riego. No obstante, los valores de PHX fueron más restrictivos en todos los riegos evaluados en comparación al resto de las fases muestreadas anteriormente, siendo superior a -1,20 MPa en todos los casos. Del mismo modo, los valores fueron más limitantes en el ensayo con *Trichoderma*, obteniendo diferencias estadísticamente significativas en cuanto a este factor en el área experimental.

Al respecto, dadas las fechas de evaluación (agosto y septiembre), cuando habían transcurrido eventos de alta precipitación que generaron condiciones de exceso de humedad en el suelo, la disminución en el PHX pudiera deberse no a un factor por déficit, sino más bien a un exceso de humedad en el suelo, lo cual también afecta negativamente aspectos de la fisiología y metabolismo de la planta. Bajo estas condiciones de bajo contenido de oxígeno en el suelo, las plantas disminuyen su eficiencia fotosintética y la conductancia estomática, afectando el proceso de transpiración, lo cual tiene un efecto marcado en el estatus hídrico de la misma (Dat *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2014)

Cuadro 26. Valores de PHX en plantas de ciclo anual en etapa de fructificación durante el segundo año de evaluación, en evaluación realizada el 16 de septiembre de 2013.

Riego	PHX (MPa)
R1	-1,20
R2	-1,26
R3	-1,27
Ensayo	PHX (MPa)
CT	-1,31 a
ST	-1,18 b

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. PHX: potencial hídrico xilemático. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Lo anteriormente descrito es corroborado con el hecho de haber manifestado las plantas bajo CC una alta mortalidad y síntomas de marchitamiento por efecto de la incidencia de hongos patogénicos del suelo, los cuales están mayormente asociados a condiciones de exceso de humedad en el mismo.

Diferencial térmico cultivo-ambiente.

- Primer año.

Otra forma de evaluar el grado de estrés hídrico en las plantas es haciendo uso de las determinaciones del diferencial térmico cultivo-ambiente. Esta metodología ha sido ampliamente usada en diferentes cultivos, mediante la aplicación de la termometría infrarroja, pudiéndose medir en el mismo instante la temperatura del tejido foliar y la del aire circundante a la hoja (Idso, 1982; Acevedo, 2008; López *et al.*, 2009; Molina, 2011).

Al considerar las fechas de las evaluaciones hechas al cultivo y su fase fenológica, en el caso de floración y fructificación, ambas coincidieron con el periodo de lluvias, mientras que la fase de reposo, fue en periodo de sequía y con la aplicación de RDC.

No hubo diferencias estadísticamente significativas entre riegos estudiados y los valores en todas las evaluaciones fueron negativos (Cuadro 27). Esto indica que la temperatura del aire siempre fue superior a la temperatura foliar, infiriendo ausencia de estrés hídrico en la planta que ocasionara cierre estomático y posterior aumento de la temperatura foliar, al no ocurrir la transpiración del cultivo (Azcon-Bieto y Talón, 2000).

La aplicación de RDC en fase de reposo no afectó significativamente la variable diferencial térmico cultivo ambiente, en cuanto a las funciones fisiológicas de la planta asociadas a las relaciones hídricas. Resultados similares fueron obtenidos por Villarreal (2011) quien no obtuvo diferencias entre tratamientos de restricción hídrica (100, 70 y 40% de ETc').

Cuadro 27. Valores de diferencial térmico cultivo-ambiente durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y reposo en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	DIFT1	DIFT2	DIFT3
R1	-1,57	-1,71	-1,01
R2	-1,68	-2,01	-1,11
R3	-1,51	-1,07	-1,06

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. DIFT: diferencial térmico cultivo-ambiente. (1): fase de floración; (2): fase de fructificación; (3): fase de reposo.

Al respecto, Lobo *et al.* (2004) indican que la diferencia entre la temperatura del follaje y la temperatura del aire ($T_c - T_a$) determinada con termometría infrarroja, ha sido considerada como un indicador del estado hídrico de los cultivos y puede ser relacionada con la productividad y los requerimientos de agua de las plantas. En diferentes investigaciones algunos autores coinciden en que plantas con valores más altos de diferencial térmico cultivo ambiente ($T_c - T_a$) poseen mayor déficit hídrico y valores más bajos, se corresponden con plantas bien regadas (Jackson *et al.*, 1977; Jackson *et al.*, 1981; Idso, 1982).

Por su parte, Salisbury y Ross (1994) señalan que cuando las condiciones de suministro hídrico son limitadas, el cierre de los estomas altera el balance de energía, produciendo aumento de la temperatura foliar, esto basado en el hecho que mediante el proceso de transpiración se produce el enfriamiento de la hoja, es decir, un descenso en la temperatura foliar con respecto a la del aire. En condiciones de suministro hídrico limitado, los estomas se cierran y el balance de energía en la cubierta vegetal se ve alterado, produciéndose un aumento de la temperatura foliar, esta diferencia cultivo-ambiente está relacionada con el potencial hídrico de la hoja. De esta forma, con los resultados encontrados en la presente investigación, se puede señalar que el uso de la técnica de RDC no afectó en forma negativa el estatus hídrico de la planta.

Con referencia a la comparación entre ensayos, los resultados demuestran que no hubo efecto de estrés en las plantas durante ninguna de las fases fenológicas estudiadas (Cuadro 28). Se encontró diferencias estadísticas entre ambos ensayos sólo en fase de floración, sin

embargo, los valores en ambos casos no fueron limitantes para la fisiología de la planta, arrojando datos con signo negativo.

Cuadro 28. Valores de diferencial térmico cultivo-ambiente en fase de floración, fructificación y reposo para factor *Trichoderma* en el cultivo de parchita maracuyá.

Ensayo	DIFT1	DIFT2	DIFT3
CT	- 1,97 b	-1,20	-0,76
ST	- 1,20 a	-2,0	-1,36

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; DIFT: diferencial térmico cultivo-ambiente (1): fase de floración; (2): fase de fructificación; (3): fase de reposo. Letras diferentes dentro de una misma columna, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

- Segundo año.

Seguidamente, se presentan los resultados del segundo año de evaluación. En este sentido, se realizó la primera fecha de evaluación en ambos ciclos en abril del 2013, donde el análisis estadístico arrojó diferencias significativas para el factor riego, mientras que no hubo significación para *Trichoderma*. Los resultados se presentan en el Cuadro 29.

El valor positivo encontrado en R3 indica que para la fecha de evaluación, dichas plantas pudieran encontrarse en una condición de cierto estrés fisiológico, al poseer una temperatura foliar mayor que la del aire circundante, sin embargo, el valor de DIFT se encuentra muy cercano al 0.

Cuadro 29. Valores de DIFT en plantas de ciclo continuo en fase de reposo para el segundo año de producción, durante evaluación realizada el 24 de abril de 2013, para factores riego y *Trichoderma*.

Riego	DIFT
R1	-1,52 b
R2	-1,75 b
R3	0,69 a
Ensayo	DIFT
CT	-1,06
ST	-0,59

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. DIFT: diferencial térmico cultivo-ambiente. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

Es conveniente acotar que en el mes de abril se presentaron altas temperaturas por ser época de sequía, lo cual sumado a que las plantas se encontraban en reposo y se estaba aplicado el RDC, ambos factores combinados pudieron generar un efecto más desfavorable para la planta en el caso de R3. No obstante, los valores de PHX señalados para la misma fecha de evaluación en el Cuadro 24, demuestran que las plantas no tenían síntomas de estrés hídrico, ya que tales valores no fueron limitantes.

Posteriormente, se realizó la segunda evaluación de diferencial térmico en junio 2013 para ciclo anual, donde las plantas se encontraban en fase de floración. El análisis estadístico no arrojó interacción significativa entre factores, ni tampoco diferencias significativas entre factores individuales. Los resultados se muestran en el Cuadro 30.

A pesar de no existir diferencias estadísticamente significativas, el valor positivo obtenido en R3 refleja que existieron ciertas condiciones de estrés, al presentar valores mayores de temperatura foliar con relación a la del ambiente. Los riegos R1 y R2 no manifestaron valores indicativos de estrés, lo cual sugiere un mejor aprovechamiento del agua suministrada por parte de las plantas con una dotación hídrica más abundante. Con respecto al factor *Trichoderma*, se observan valores positivos donde se aplicó el hongo antagonista en comparación al ensayo ST. Esto puede estar atribuido a factores edáficos más que a un efecto adverso del hongo que genere estrés en la planta.

Cuadro 30. Valores promedio de DIFT para plantas de ciclo anual en etapa de floración durante el segundo año de producción, el 16 de junio de 2013 para factores riego y *Trichoderma*.

Riego	DIFT
R1	-0,09
R2	-0,08
R3	0,51
Ensayo	DIFT
CT	0.48
ST	-0,98

.R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. DIFT: diferencial térmico cultivo-ambiente. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*.

Para la tercera fecha de muestreo del segundo año, realizada en septiembre de 2013, en plantas bajo ciclo anual en etapa de fructificación, no existieron diferencias estadísticas entre riegos evaluados así como tampoco para el factor *Trichoderma*. Los resultados se presentan en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Valores promedio de DIFT para plantas de ciclo anual en etapa de fructificación durante el segundo año de producción, realizada el 16 de septiembre de 2013 para factores riego y *Trichoderma*..

Riego	DIFT
R1	-1,97
R2	-1,55
R3	-1,12
Ensayo	DIFT
CT	-1.89
ST	-2,91

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. DIFT: diferencial térmico cultivo-ambiente. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*.

Los resultados sugieren que para esta fecha de muestreo no se presentaron valores asociados a estrés hídrico, posiblemente esto asociado a que el muestreo fue época de alta precipitación.

La variable diferencial térmico cultivo-ambiente ha sido evaluada en el cultivo de parchita por Villareal (2011) en el Campo Experimental del Instituto de Agronomía UCV. Al respecto, el autor en un ensayo utilizando tres láminas de riego diferentes (1,0; 0,7 y 0,4% Etc') encontró bajo las condiciones de su experimento que la mayoría de las veces los valores de diferencial térmico fueron negativos, es decir, las plantas no presentaron síntomas de estrés hídrico.

Índice de Clorofila (Spad).

- Primer año

Para esta variable no se obtuvo interacción significativa entre los factores estudiados. Con relación al factor riego, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las fechas de evaluación, demostrando tal como en las variables fisiológicas

mencionadas anteriormente, que el RDC no afectó en forma notable el desempeño fisiológico de la planta. Los resultados se presentan en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Valores de índice de clorofila (unidades Spad) durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y reposo en el cultivo de parchita maracuyá para el factor riego.

Riego	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3
R1	46,20	47,11	44,21
R2	45,97	46,15	45,29
R3	46,33	48,27	45,37

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; SPAD: índice de clorofila. (1): fase de floración; (2): fase de fructificación; (3): fase de reposo.

Las unidades Spad guardan estrecha relación con la concentración de clorofila, expresado por el grado de verdor de las hojas. Mientras más alto es el valor determinado, las hojas presentan una tonalidad verde oscura. A medida que ocurren procesos conducentes a la degradación de los pigmentos, bien sea por deficiencias nutricionales, estrés hídrico (por déficit o exceso) o senescencia de las hojas, los valores tienden a disminuir (Castro *et al.*, 2011). Los mismos autores señalan que este tipo de determinación es muy útil, ya que es de carácter no destructivo y es especialmente adecuada para el diagnóstico y estimación de la disminución de energía en el PSII bajo estrés por nitrógeno y factores de estrés abiótico, así como la evaluación del proceso de senescencia de las hojas. Destacan además, que puede utilizarse en la interpretación indirecta de procesos fotoquímicos y cuantificación de pigmentos fotosintéticos (clorofila y carotenoides).

Para el cultivo de parchita maracuyá son escasas las referencias para esta variable. En este sentido, Gaudio (2011) señala en un estudio de ecofisiología en Brasil, valores adecuados entre 30 y 40 unidades Spad como rango normal. En condiciones de estrés hídrico severo, dichos valores oscilaron entre 20 y 30 unidades Spad luego de 10 días sin irrigar a las plantas bajo condiciones de invernadero.

Con relación a la comparación entre ensayos, no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en esta variable para la fase de floración y reposo, mientras que si existió en la de fructificación, siendo los mayores valores obtenidos en el ensayo CT. No obstante, los

valores encontrados en el ensayo ST no presentan ninguna limitante para el cultivo, estando en los rangos normalmente encontrados durante la evaluación de este parámetro para las diferentes fases fenológicas evaluadas (Cuadro 33).

Cuadro 33. Valores de índice de clorofila (unidades Spad) en fase de floración, fructificación y reposo para factor *Trichoderma* en el cultivo de parchita maracuyá.

Ensayo	SPAD 1	SPAD 2	SPAD 3
CT	45,59	48,56 a	45,75
ST	46,75	45,79 b	44,16

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; SPAD: índice de clorofila. (1): fase de floración; (2): fase de fructificación; (3): fase de reposo. Letras diferentes dentro de una misma columna, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

- Segundo año

En la primera evaluación (abril 2013) no hubo interacción significativa entre los factores evaluados, así como tampoco diferencias estadísticas entre los niveles de los factores independientes (Cuadro 34).

Cuadro 34. Valores de Índice de Clorofila (unidades Spad) en plantas de ciclo continuo en fase de reposo para el segundo año de producción, el 24 de abril de 2013, para factor riego y *Trichoderma*.

Riego	SPAD
R1	40,30
R2	41,11
R3	38,00
Ensayo	SPAD
CT	41,11
ST	39,33

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%. DIFT: diferencial térmico cultivo-ambiente. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*;

A pesar de no haber diferencias significativas para el factor riego, se manifestó la tendencia de presentar valores levemente menores de índice de clorofila en el tratamiento de mayor restricción hídrica (R3), sin embargo, esta disminución en los valores de Spad no representan limitante para el cultivo, ya que se encuentran en el rango normal señalado por

Gaudio (2011). Por su parte, los valores de índice de clorofila para el factor *Trichoderma* fueron similares entre ambos ensayos.

Para la segunda fecha de evaluación (junio 2013) en plantas de ciclo anual, no existió interacción entre los factores evaluados, ni diferencias estadísticamente significativas en los factores independientes (Cuadro 35). Los valores estuvieron en el rango normal para el cultivo a lo largo de la presente investigación.

Cuadro 35. Valores promedio de Índice de Clorofila (unidades Spad) para plantas de ciclo anual en etapa de floración durante el segundo año de producción, en evaluación realizada el 16 de junio de 2013.

Riego	SPAD
R1	43,09
R2	43,02
R3	44,75
Ensayo	SPAD
CT	43,46
ST	43,76

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%.

Finalmente, al igual que en la variable anterior, para la evaluación realizada en etapa de fructificación de plantas en ciclo anual, no se presentó interacción entre los factores estudiados, ni diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de cada factor independiente. Los resultados se presentan en el Cuadro 36.

Cuadro 36. Valores promedio de Índice de Clorofila (unidades spad) para plantas de ciclo anual en etapa de fructificación durante el segundo año de producción, en evaluación realizada el 16 de septiembre de 2013.

Riego	SPAD
R1	50,96
R2	51,08
R3	50,10
Ensayo	SPAD
CT	50,71
ST	50,70

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%.

III- Nutrición del cultivo.

Nutrición en savia. Primer año

Nitrato Primer año

Para el caso del ion nitrato, no se obtuvieron interacciones positivas entre los factores riego o *Trichoderma*, así como diferencias estadísticas entre riegos evaluados. Sin embargo, la tendencia presentada en las plantas de parchita sometidas a los diferentes tipos de riego, mostró que durante la etapa de floración del primer año de investigación, para ambos ensayos, el contenido de NO_3^- fue superior en el riego al 100% de la demanda hídrica (con valores que oscilaron entre 600 a 700 mg.L^{-1}) mientras que en R2 y R3, los valores fueron ligeramente inferiores (Cuadro 37).

Los mayores valores en R1 pueden atribuirse 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 acumulación en sus tejidos. Resultados similares fueron obtenidos por Cordeiro *et al.*, (2001) quienes señalan que con el aumento en las láminas de riego utilizadas, se incrementaba el contenido de nitrógeno orgánico y nitrato en el tejido foliar. Por otra parte, Cordeiro *et al.*, (2002) señalan que concentraciones entre 1,5 a 2 ppm de NO_3^- en tejido son suficientes para obtener altas producciones.

Cuadro 37. Valores de nitrato en savia (mg.L^{-1}) durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	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
R2	533,68	652,04	573,13
R3	539,91	635,43	645,81

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha.

En la fase de fructificación, habiendo todos los tratamientos continuado en cuanto al suministro del 100% de la demanda hídrica, los valores de nitrato incrementaron en la

mayoría de los riegos evaluados, lo cual puede deberse a una mejor condición de humedad del suelo producto de la precipitación durante esta fase fenológica.

Para el caso de la etapa de final de cosecha, los valores disminuyeron para todos los riegos en comparación con los obtenidos en plena fructificación, sin observarse diferencias estadísticas entre riegos aplicados. Esto puede deberse al consumo para poder cumplir con los procesos de formación y llenado del fruto en plena etapa productiva del cultivo, siendo este un sumidero importante de nutrientes (Malavolta *et al.*, 1989).

De Sousa *et al.* (2008) señalan que el monitoreo de las exigencias del cultivo y su estado nutricional constituye un factor relevante en el proceso productivo del cultivo de parchita maracuyá, haciendo énfasis además, en que dado los altos costos en la producción, se hace necesario optimizar cada vez el uso de insumos, siendo el fertilizante uno de los más importantes. Al respecto, Borges *et al.* (2002b) señalan que la planta de parchita 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.

Por su parte, Cadahía (1998) señala que mientras 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. Su 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. Las fracciones minerales de la savia informan sobre el ritmo de absorción de nutrientes en el momento del muestreo. Una acumulación de NO_3^- puede significar un exceso de fertilización o la no metabolización del nitrato absorbido, debido por ejemplo, a un mal funcionamiento de la nitrato reductasa.

En el caso del cultivo de parchita son escasas las referencias de determinación de nitrato en savia, además, no se señalan valores de referencia como rangos que indiquen su adecuado contenido en planta. En este sentido, Melino *et al.* (2015) señalan valores determinados para el momento de floración en plantas de parchita entre 1353 a 1656 mg.L^{-1} , evaluando el efecto de dos sistemas de riego (goteo y surco) sobre el contenido de nitrógeno en suelo y

planta, utilizando una dosis de 160 g N por planta.año⁻¹. Los valores obtenidos en la presente investigación, a pesar de haber utilizado una fertilización similar (150 g N planta.año⁻¹) fueron considerablemente menores.

Por su parte, al realizar la comparación del contenido de nitrato en savia entre los ensayos evaluados, para el caso del factor *Trichoderma* se encontraron diferencias estadísticamente significativas solo en la fase de floración, presentando los mayores valores las plantas del ensayo CT comparado a las de ST. Para las fases fenológicas sucesivas, los valores fueron muy similares entre ensayos.

Se destaca el hecho que en el ensayo que los valores de nitrato en savia fueron superiores para todas las evaluaciones del primer ciclo en el área experimental donde se aplicó el hongo antagonista. Esto pudiera deberse al posible efecto de *Trichoderma* en mejorar aspectos de la toma de nutrientes de la planta (Harman *et al.*, 2008; Arcia y Bautista, 2009). Los resultados se presentan en el Cuadro 38.

Cuadro 38. Valores de nitrato en savia (mg.L⁻¹) para el factor *Trichoderma* en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el primer ciclo de cultivo.

Ensayo	NO ₃ flo (mg.L ⁻¹)	NO ₃ fruct (mg.L ⁻¹)	NO ₃ finco (mg.L ⁻¹)
CT	652,04 a	742,03	616,05
ST	495,61 b	610,51	578,67

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Potasio Primer año

En cuanto al potasio, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre riegos en ninguna de las fases fenológicas muestreadas (Cuadro 39). Para el momento de floración, se mantuvo el K⁺ en altas concentraciones, oscilando su contenido entre 3400 y 4000 mg.L⁻¹. Al ocurrir la formación y desarrollo del fruto, el contenido disminuyó considerablemente (valores inferiores a 1500 mg.L⁻¹) lo cual confirma la relevancia 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 (Malavolta *et al.*, 1989).

Cuadro 39. Valores de potasio en savia (mg.L^{-1}) durante el primer año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	K flo (mg.L^{-1})	K fruct (mg.L^{-1})	K finco (mg.L^{-1})
R1	3755,6	1478,1	1391,7
R2	3702,2	1384,8	1376,7
R3	3629,5	1414,7	1263,3

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; fincos: fase de final de cosecha.

En este sentido, Borges *et al.* (2002a) señalan 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, De Sousa *et al.* (2008) indican que el K^+ es el elemento de mayor movilidad en la planta y su disponibilidad se ve afectada y bastante influenciada por los contenidos de agua en el suelo. No obstante, en la presente investigación con el manejo del RDC, no se observó ninguna restricción en tal sentido.

Para el caso del contenido de potasio en savia para el factor *Trichoderma*, no se obtuvieron diferencias estadísticas entre los lotes experimentales con y sin *Trichoderma* (Cuadro 40). Se presentó la misma tendencia a la disminución del contenido de K^+ en savia de la fase de floración hacia fructificación, dado la demanda selectiva de los tejidos de los frutos, que requieren altas cantidades de este elemento en su formación.

Cuadro 40. Valores de potasio en savia (mg/L) durante el primer año de evaluación para el factor *Trichoderma* en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, en el cultivo de parchita maracuyá.

Ensayo	K flo (mg.L^{-1})	K fruct (mg.L^{-1})	K finco (mg.L^{-1})
CT	3847,5	1476,9	1360,6
ST	3544,1	1375,1	1327,2

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; fincos: fase de final de cosecha.

Es necesario destacar que 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. Sin embargo, dada la rapidez de su determinación, facilidad relativa para obtener resultados en tiempo real y evitar demora en obtención de resultados al llevar muestras para laboratorios de servicio, el análisis nutricional en savia representa una alternativa tecnológica, sencilla, de rápida aplicación y útil para agricultores que desean establecer posibles correctivos nutricionales en nutrimentos relevantes para la óptima producción y calidad de los mismos.

Calcio Primer año

Con relación al calcio, no se encontraron diferencias estadísticas para el factor riego, así como tampoco entre ensayos evaluados en las tres fases fenológicas estudiadas (Cuadros 41 y 42). No obstante, la tendencia en ambos casos fue a mantener valores relativamente similares en las distintas fases, con una leve reducción del contenido en la etapa de fructificación, volviendo en la fase de reposo a recuperar ligeramente los valores. En el cultivo de parchita tampoco se encuentran valores referenciales de contenidos de calcio en savia, por lo cual, no se señalan niveles de suficiencia o deficiencia de este catión en la planta.

Cuadro 41. Valores de calcio en savia (mg.L^{-1}) durante el primer año de evaluación para el factor riego en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	Ca flo (mg.L^{-1})	Ca fruct (mg.L^{-1})	Ca finco (mg.L^{-1})
R1	3118,1	2796,6	3092,8
R2	2896,9	2925	3008,4
R3	3113,9	2700,5	2803,1

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; fincos: fase de final de cosecha.

Cuadro 42. Valores de calcio en savia (mg.L⁻¹) durante el primer año de evaluación para ambos ensayos en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, en el cultivo de parchita maracuyá.

Ensayo	Ca flo (mg.L ⁻¹)	Ca fruct (mg.L ⁻¹)	Ca finco (mg.L ⁻¹)
CT	3114,1	2979,7	3126,6
ST	2971,9	2635,0	2809,7

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; fincos: fase de final de cosecha.

Los contenidos de Ca⁺² fueron más estables a lo largo del ciclo fenológico que el NO₃⁻ y K⁺ en ambos ensayos, sin manifestar cambios notables de una fase a otra. Esto puede deberse a que el calcio es un elemento notablemente estructural y su función está asociada a la formación y rigidez de los tejidos (Borges *et al.*, 2002b). Dado que la planta de parchita es un cultivo de producción continua, es decir, que durante la fructificación sigue habiendo producción de flores, ramas nuevas, etc; su acumulación sigue ocurriendo en los tejidos en desarrollo, sin manifestar una tendencia en cuanto a su contenido respecto al tratamiento de riego aplicado. En este sentido, Malavolta *et al.* (1989) señalan que los elementos poco móviles (S) o inmóviles (Ca) tienen la tendencia a mantener o incrementar su contenido en las hojas a lo largo del año. Sin embargo, los mismos autores indican que las necesidades de calcio suelen incrementarse cuando el fruto comienza a desarrollarse.

Nutrición en savia. Segundo año

Para el segundo año de experimentación se realizaron nuevamente las determinaciones de estos nutrientes en savia en las mismas etapas fenológicas para ciclo anual y simultáneamente en las plantas bajo ciclo continuo.

Para el análisis del comportamiento de la nutrición en cuanto a los elementos NO₃⁻, K⁺ y Ca⁺² se hará por separado en cuanto a riego, ciclo y ensayos, los cuales son los factores considerados en la investigación. En primer lugar, es necesario destacar que la interacción que resultó estadísticamente significativa fue Riego x Ciclo para calcio en etapa de fructificación y reposo. El resto de las variables, obtuvieron diferencias estadísticamente significativas asociadas al factor ciclo, lo cual pudiera atribuirse a que las plantas se encontraban en edades diferentes.

Nitrato Segundo año

Para el caso del nitrato, los valores entre riegos y ensayos no obtuvieron diferencias significativas (Cuadros 43 y 44). En ambos casos se manifestó la tendencia a la reducción del contenido en NO_3^- en savia desde floración hasta final de cosecha, esto debido probablemente al consumo diferencial hacia los tejidos reproductivos (flores y frutos) que lo demandan en gran cantidad (Malavolta, 1994). A pesar de no haber diferencias estadísticas con respecto al riego, los mayores valores se encontraron en las plantas que se manejaron con el 100% de la dotación hídrica, disminuyendo los contenidos en aquellas bajo R2 y R3.

Cuadro 43. Valores de nitrato en savia (mg.L^{-1}) durante el segundo año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	NO_3 flo (mg.L^{-1})	NO_3 fruct (mg.L^{-1})	NO_3 finco (mg.L^{-1})
R1	739,26	620,37	566,9
R2	571,05	519,97	468,4
R3	647,89	570,45	533,5

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha.

Por su parte, la comparación entre ensayos asociados al efecto de *Trichoderma* sobre la respuesta a la nutrición evaluada en savia, no presentó diferencias significativas entre las áreas experimentales con y sin aplicación del hongo antagonista (Cuadro 44).

Cuadro 44. Valores de nitrato en savia (mg.L^{-1}) en función al factor *Trichoderma* en fase de floración, fructificación y final de cosecha, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo ciclo de cultivo.

Ensayo	NO_3 flo (mg.L^{-1})	NO_3 fruct (mg.L^{-1})	NO_3 finco (mg.L^{-1})
CT	660,35	568,11	518,96
ST	645,12	572,42	526,99

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha.

Con respecto al factor ciclo, dada la disparidad en edades de las plantas en ciclo anual y continuo, se presentaron diferencias estadísticamente significativas en las tres fases fenológicas evaluadas. Esto probablemente debido a que las plantas durante el segundo año de producción manifiestan una predominancia en procesos continuos de formación de flores y frutos en forma simultánea, mientras que en el caso de las plantas bajo ciclo anual, las fases fenológicas se encuentran mayormente diferenciadas. Se destaca el hecho que los mayores valores fueron obtenidos en plantas de ciclo anual en todas las fases fenológicas estudiadas, comparado con los obtenidos en las plantas bajo ciclo continuo, los cuales presentaron valores considerablemente inferiores (Cuadro 45). Igualmente, este nutriente es requerido en procesos y reacciones asociados a los constituyentes químicos de la pulpa, tales como SST y acidez (Manica, 1981; Malavolta *et al.*, 1989).

Cuadro 45. Valores de nitrato en savia (mg.L^{-1}) en cuanto al factor ciclo en fase de floración, fructificación y final de cosecha, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo año evaluado.

Ciclo	NO ₃ flo (mg.L^{-1})	NO ₃ fruct (mg.L^{-1})	NO ₃ finco (mg.L^{-1})
CA	746,18 a	651,21 a	590,43 a
CC	559,29 b	489,32 b	455,52 b

CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Potasio Segundo año

En el caso del K^+ , no existió interacción positiva entre los factores evaluados, analizando estadísticamente cada uno de ellos por separado. Los resultados para cada factor se presentan en los Cuadros 46, 47 y 48. Para el factor riego y *Trichoderma*, no se presentaron diferencias significativas, mientras que con relación al factor ciclo, si existieron diferencias entre ciclo anual y continuo.

Se observó en todos los casos, la disminución del contenido de potasio de floración hacia la etapa de fructificación. Esto puede deberse a la traslocación de este nutrientes hacia los frutos, los cuales representan sumideros importantes, demandando altas cantidades de ellos para su formación y desarrollo (Malavolta, 1994).

Posteriormente, de la fase de fructificación a final de cosecha se presentó descenso de este nutrimento en savia, no obstante, ocurrió en una menor proporción comparado con el lapso entre floración a fructificación, permaneciendo los contenidos de potasio en forma más estable en la planta. Igualmente, se observó que los valores de K⁺ en savia para el segundo año de evaluación fueron inferiores a los encontrados en el primer año de experimentación.

Cuadro 46. Valores de potasio en savia (mg.L⁻¹) durante el segundo año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	K flo (mg.L ⁻¹)	K fruct (mg.L ⁻¹)	K finco (mg.L ⁻¹)
R1	2768,4	1795,9	1508,8
R2	2905,8	1764,4	1630,7
R3	2644,2	1822,8	1716,3

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha.

Cuadro 47. Valores de calcio en savia (mg.L⁻¹) para el factor *Trichoderma* en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo ciclo de cultivo.

Ensayo	K flo (mg.L ⁻¹)	K fruct (mg.L ⁻¹)	K finco (mg.L ⁻¹)
CT	2783,4	1824,8	1715,5
ST	2762,2	1763,9	1521,7

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha.

Los resultados con respecto al factor ciclo (Cuadro 48) permiten demostrar claras diferencias en los contenidos de potasio entre las plantas de CA y CC, dado la disparidad de edad en la mismas para el mismo momento de muestreo. En este sentido, las plantas bajo CA presentaron mayores contenidos de K⁺ en savia comparadas con las de CC, las cuales tenían además un mayor desarrollo de biomasa vegetativa, además, se encontraban en etapa de plena producción, donde los frutos son un fuerte sumidero, ya que este nutrimento es indispensable para su formación, desarrollo y calidad de pulpa (Malavolta *et al.*, 1989).

Cuadro 48. Valores de calcio en savia (mg.L⁻¹) en cuanto al factor ciclo en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo año evaluado.

Ciclo	K flo (mg.L ⁻¹)	K fruct (mg.L ⁻¹)	K finco (mg.L ⁻¹)
CA	3570,5 a	2198,0 a	1960,4 a
CC	2008,1 b	1390,8 b	1276,8 b

CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Calcio Segundo año

Con relación al Ca²⁺, en etapa de floración se encontraron diferencias significativas con respecto al factor ciclo, mientras que para el caso de fructificación y final de cosecha se encontró una interacción significativa entre los factores riego x ciclo. Es conveniente destacar que el calcio tiene una movilidad en la planta a través de la corriente evapotranspirativa y es afectado notablemente por los contenidos de agua en el suelo (Azcon-Bieto y Talón, 2000).

Al igual que en las variables anteriores (nitrato y potasio) la diferencia de edades entre las plantas en ciclo anual y continuo, afectó el contenido de calcio para el factor ciclo. A continuación se presentan los valores encontrados para cada factor estudiado y los cuadros de interacción entre ciclo y riego para el caso de fructificación y cosecha (Cuadros 49, 50, 51 y 52). Es necesario destacar que el factor *Trichoderma* no presentó diferencias significativas en cada uno de sus niveles.

Cuadro 49. Valores de calcio en savia (mg.L⁻¹) durante el segundo año de evaluación en etapa de floración, fructificación y final de cosecha, de acuerdo al factor riego en el cultivo de parchita maracuyá.

Riego	Ca flo (mg.L ⁻¹)	Ca fruct (mg.L ⁻¹)	Ca finco (mg.L ⁻¹)
R1	3067,0	2394,5	2291,7
R2	2946,6	2446,5	2290,8
R3	3065,8	2707,6	2517,8

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha.

Cuadro 50. Valores de calcio en savia (mg.L^{-1}) para factor *Trichoderma* en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo ciclo de cultivo.

Ensayo	Ca flo (mg.L^{-1})	Ca fruct (mg.L^{-1})	Ca finco (mg.L^{-1})
CT	2939,1	2408,1	2280,6
ST	3116,6	2624,3	2452,9

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha.

Cuadro 51. Valores de calcio en savia (mg.L^{-1}) en cuanto al factor ciclo en fase de floración, fructificación y reposo, en plantas de parchita maracuyá durante el segundo año evaluado.

Ciclo	Ca flo (mg.L^{-1})	Ca fruct (mg.L^{-1})	Ca finco (mg.L^{-1})
CA	3167,8 a	2649,8 a	2488,3 a
CC	2887,8 b	2382,6 b	2245,2 b

CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo; flo: fase de floración; fruct: fase de fructificación; finco: fase de final de cosecha. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

En el caso del factor ciclo, se puede apreciar que los valores de contenido de calcio en savia fueron mayores en el caso de las plantas de ciclo anual, en comparación a las de ciclo continuo. Esto puede atribuirse al menor desarrollo de biomasa vegetal de las plantas de ciclo anual, comparado con plantas de dos años de producción, donde se requiere mayor cantidad de este elemento, que es de carácter estructural en los tejidos vegetativos.

Los resultados encontrados en la interacción entre los factores riego y ciclo (Cuadro 52) permiten inferir que para ambas fechas fenológicas, se presentaron diferencias significativas en plantas de ciclo continuo con respecto al factor riego, siendo aquellas regadas bajo R3 las que presentaron los valores de Ca más elevados en ambos casos. Esto pudiera explicarse por un efecto de concentración de este catión en savia, producto de la restricción hídrica en los periodos no críticos del cultivo, afectando el contenido de agua en los tejidos de la planta, el cual al ser menor, la concentración de Ca tiende a aumentar.

Cuadro 52. Resultados de la interacción Riego x Ciclo en etapa de fructificación y cosecha para el contenido de calcio en savia (mg.L^{-1}) en plantas de parchita maracuyá durante segundo año de cultivo.

Riego	Fase de Fructificación Ca (mg.L^{-1})		Fase final cosecha Ca (mg.L^{-1})	
	CA	CC	CA	CC
R1	2620,4 a	2186,7 b	2538,0 a	2045,3 b
R2	2696,2 a	2196,8 b	2550,0 a	2031,6 b
R3	2632,8 a	2782,5 a	2375,8 a	2658,8 a

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33; CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo; Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Análisis de nutrimentos en tejido foliar.

- Primer año

En el primer ciclo de producción fueron realizados análisis de tejido foliar para el momento de plena floración para los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg y Na (Cuadro 53). En este sentido, no se obtuvieron diferencias estadísticas en los nutrientes evaluados para los factores riego y ensayo.

De esta manera, no se observó un efecto desfavorable de la aplicación del riego deficitario controlado (RDC) sobre la nutrición del cultivo. Al respecto, Malavolta *et al.* (1989) señalan que el estrés por falta de agua reduce la acumulación total de nutrientes en la parte aérea, pero tiene un efecto variable en la concentración absoluta. Refieren que los niveles de P, Ca, B, Fe, Mn, y Zn disminuyen, mientras que los de Mg, Na y Cu aumentan. Al contrario, los autores indican que el estrés hídrico no afecta consistentemente la concentración de N, K y Cl.

En cuanto al rango de suficiencia de cada elemento, los contenidos de N, P y Ca estuvieron dentro de los valores óptimos señalados por Malavolta *et al.* (1989) 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. Finalmente, la concentración de Mg fue superior al rango óptimo.

Cuadro 53. Concentración de macronutrientes en tejido foliar durante el primer año de evaluación en etapa de floración para factor riego y ciclo

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
ENSAYO					
CT	4,98	0,46	2,26	1,88	1,32
ST	4,25	0,60	2,13	1,84	1,13

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*.

Del mismo modo, el factor *Trichoderma* no ejerció efecto sobre el contenido de nutrientes en tejido foliar, por lo cual, no representó mejora en cuanto a toma de nutrientes. No obstante, diversos autores refieren el potencial del hongo sobre mejoras en la captación de nutrimentos del suelo, siendo esto demostrado en otros cultivos para algunos macronutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio (Marra *et al.*, 2006; Harman y Shores, 2007; Harman *et al.*, 2008).

- Segundo año

En el Cuadro 54 se presentan los resultados de los análisis de tejido en floración para los tres factores estudiados en el segundo año de evaluación. Vale la pena destacar que dichos muestreos se realizaron en mayo (inicio de floración en plantas de ciclo anual y fase final de reposo, cuando las plantas de ciclo continuo mayormente se encontraban en floración). Para el segundo año, los factores estudiados no causaron efectos significativos sobre los niveles de cada uno, por lo cual, el manejo del riego, *Trichoderma* o ciclo no se tradujo en cambios en la nutrición del cultivo.

Cuadro 54. Concentración de macroelementos en tejido foliar durante el segundo año de evaluación.

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
ENSAYO					
CT	3,96	0,10	1,79	1,28	0,29
ST	3,80	0,08	1,65	1,34	0,30
CICLO					
CA	3,90	0,09	1,71	1,35	0,30
CC	3,86	0,09	1,73	1,27	0,29

R1: 100% de la demanda hídrica; R2: 66%; R3: 33%; CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*. CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo

Considerando el nivel de suficiencia de los nutrimentos encontrados y con base en los valores de referencia de plantas en floración señalados por Haag *et al*, (1973) y Malavolta *et al*, (1989), se presentaron contenidos adecuados de N, P y Ca. En el caso del K, este elemento estuvo ligeramente por debajo del nivel crítico inferior. Sin embargo, no se evidenció síntomas de deficiencia de este nutrimento en las plantas.

Por su parte, el Mg se encontró en valores muy superiores al rango óptimo. De esta manera, las plantas de ambos ciclos para el momento de floración no presentaron deficiencias nutricionales, lo cual permite esperar un adecuado desarrollo del cultivo. Del mismo modo, los factores riego y *Trichoderma* no ejercieron ningún efecto sobre los aspectos nutricionales del cultivo. De esta manera, se confirma que 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.

Se puede también mencionar que el método de determinación de nutrimentos en savia permitió encontrar diferencias entre los factores evaluados, mientras que con la determinación de nutrimentos en análisis de tejido foliar, no se detectaron tales diferencias. En este sentido, Sarro *et al.*, (1985) y Cadahía (1998; 2005) indican que el contenido

elemental de un nutriente en la hoja representa su acumulación a lo largo del ciclo de la planta al momento del muestreo; no obstante, los análisis en savia representa lo que la planta está tomando en ese momento del muestreo, por lo cual es un buen indicador de la dinámica de absorción del elemento. Al respecto, ambos autores señalan como ventajas del uso de esta técnica los siguientes aspectos:

- Respuesta rápida a cualquier problema coyuntural de nutrición del cultivo
- Información precoz y rápida del potencial nutritivo del medio de cultivo frente al análisis de tejido foliar, que representa la acumulación del nutriente desde el inicio hasta el momento del muestreo.
- Control de deficiencias y excesos de nutrientes en cada momento fenológico y posibilidad de medir niveles de referencia para el diagnóstico de nutrición.
- El análisis de savia se encuentra menos afectado por los efectos de concentración y dilución que el análisis foliar y por lo tanto, ofrece posibilidad de un diagnóstico correcto. En cualquier caso, ambos métodos son complementarios.

IV-Rendimiento.

- Primer año

En el Cuadro 55 se presentan los resultados de la productividad del cultivo para cada tipo de riego evaluado. En este sentido, el RDC aplicado a sus dos niveles (66 y 33%) y el testigo (100% del requerimiento hídrico), no generaron diferencias significativas en cuanto a productividad del cultivo se refiere. Esto indica que la planta es capaz de expresar un buen potencial de producción con un uso más eficiente del agua suministrada, mediante la aplicación de la técnica del RDC.

Otro factor a considerar inherente al riego, es que pudiera existir una reducción de costos asociados a la energía empleada en accionar bombas para el sistema de riego, dado que el tiempo de riego sería menor al aplicar R2 en lugar de R1. Igualmente, el uso más racional del agua, en virtud de ser un recurso cada vez más escaso en cuanto a calidad y cantidad,

ambientalmente representa una mejor alternativa desde el punto de vista de la sustentabilidad del sistema de producción. Del mismo modo, dada la ocurrencia de cambios climáticos y lo errático en las precipitaciones, el uso eficiente del recurso hídrico siempre será ventajoso para los sistemas de producción de cultivos. Igualmente, al humedecer sin excesos el suelo, se puede prevenir las condiciones para el desarrollo de los hongos patogénicos que afectan a este cultivo, causando marchitamiento y muerte de las plantas en prácticamente todas las zonas de producción de este rubro en el país (Aular, 2005; Aular y Casares, 2011).

Para el caso del factor *Trichoderma*, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre los ensayos evaluados. En este sentido, se aprecia que en el ensayo CT, los rendimientos fueron inferiores comparado con los obtenidos en el ensayo ST. Esto pudiera atribuirse a los factores inherentes a la variabilidad espacial de suelo en cuanto a las propiedades físicas y sus condiciones limitantes discutidos anteriormente, las cuales pudieran generar diferencias contrastantes en cuanto a la respuesta del rendimiento del cultivo, ya que no se ha reportado algún efecto perjudicial de *Trichoderma* sobre la planta, como para afectar la productividad de la misma. Es necesario destacar además, que en el ensayo CT existió una incidencia localizada de bacteriosis que afectó algunas unidades experimentales, reduciendo la población de plantas efectivas. Igualmente, la incidencia de termitas o comején fue mayor en este lote, habiendo más pérdidas de plantas por estas dos razones en dicho ensayo.

Cuadro 55. Rendimiento obtenido en el cultivo de parchita maracuyá durante el primer ciclo de producción, de acuerdo a los factores riego y *Trichoderma*.

Riego	kg.planta ⁻¹	t.ha ⁻¹
R1	8,87	14,77
R2	8,63	14,37
R3	7,94	13,22
Ensayo		
CT	7,57 b	12,61 b
ST	9,39 a	15,64 a

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*. Letras diferentes entre una misma columna para cada factor se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

En cuanto al rendimiento obtenido en la presente investigación, los valores estuvieron entre 12,61 y 15,64 t.ha⁻¹. Al comparar dichos valores con el promedio de producción nacional obtenido de las últimas cifras oficiales del Estado, el cual es 9,00 t.ha⁻¹ (MPPAT, 2010) los rendimientos obtenidos con la tecnología aplicada en la presente investigación superó al promedio nacional. Esto refleja el potencial para la adopción de la técnica de RDC en este cultivo, que junto con otras prácticas culturales como riego por goteo, fertilización fraccionada, manejo de *Trichoderma* para control biológico de enfermedades del suelo y aplicación de hongos y bacterias entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis*) para el control de insectos plaga, representarían alternativas tecnológicas a ser validadas comercialmente en los sistemas de producción del país, que se pueden traducir en mejoras de la productividad, calidad y longevidad del cultivo.

Por otra parte, al considerar los rendimientos promedio obtenidos en 2009 para la región central del país (MPPAT, 2010), es decir, en los estados Aragua, Carabobo y Yaracuy, se señalan rendimientos de 4,43; 2,57 y 2,28 t.ha⁻¹, respectivamente. De acuerdo a estas cifras, el impacto potencial de técnicas de suministro eficiente de agua y manejo integrado del cultivo para el área de influencia de esta investigación, es aún más notable.

En otros países los rendimientos son igualmente muy variables, para el caso de Brasil, Borges *et al.* (2002a) señalan para la región de Cruz da Almas, Bahía, máximas productividades de 22,1 t.ha⁻¹ en dos años de cultivo. No obstante, Ruggiero (1980) señala que en ese país existen agricultores que han alcanzado entre 40 a 50 t.ha⁻¹ de rendimiento. Ferreira *et al.* (2005) señalan producciones de hasta 50 t.ha⁻¹ y frutos con peso promedio superior a 170 g con uso de materiales híbridos. En ese mismo orden de ideas, García *et al.* (2013) obtuvieron rendimientos de 40 t/ha con materiales híbridos igualmente en Brasil.

Del mismo modo, Silva *et al.*, (2009) señalan que la productividad de Brasil para ese año fue en promedio de 12 a 15 t.ha⁻¹, no obstante, existe un potencial para la producción de 30 a 35 t.ha⁻¹. Para la Región de Marília, en el Estado de São Paulo, Badiz *et al.* (2011) indican productividades entre 13,3 y 18,7 t.ha⁻¹. Los resultados encontrados en la presente investigación, se encuentran cercanos a las cifras reportadas por estos autores.

Por otra parte, en la Figura 1 puede observarse la tendencia de fluctuación de la cosecha. Al respecto, se distinguen los diferentes picos de producción a lo largo del año, lo cual puede deberse tanto a condiciones climáticas que afectan el proceso de floración y fructificación en la planta, así como a condiciones de humedad del suelo de acuerdo a la época del año.

Coimbra *et al.* (2012) señalan que tanto la cantidad de frutos como el peso promedio de éstos, se ve afectada de acuerdo al ciclo productivo de la planta, presentando fluctuaciones en cuanto a producción de frutos se refiere. Al respecto, Badiz *et al.* (2011) indican que en la región de Marília, São Paulo, Brasil; encontraron en un ciclo anual cerca de 8 picos de floración, de los cuales, el 60% produjo cosechas grandes, mientras que el 40% cosechas pequeñas.

En el caso de los resultados obtenidos para ambos ensayos, se distinguen tres picos de cosecha, uno pequeño entre julio y agosto, seguido del de mayor volumen en octubre-noviembre, para posteriormente entrar en fase de reposo e iniciar un tercer pico alrededor del mes de febrero, cuando se cumple el primer año bajo cultivo desde la fecha de la siembra.

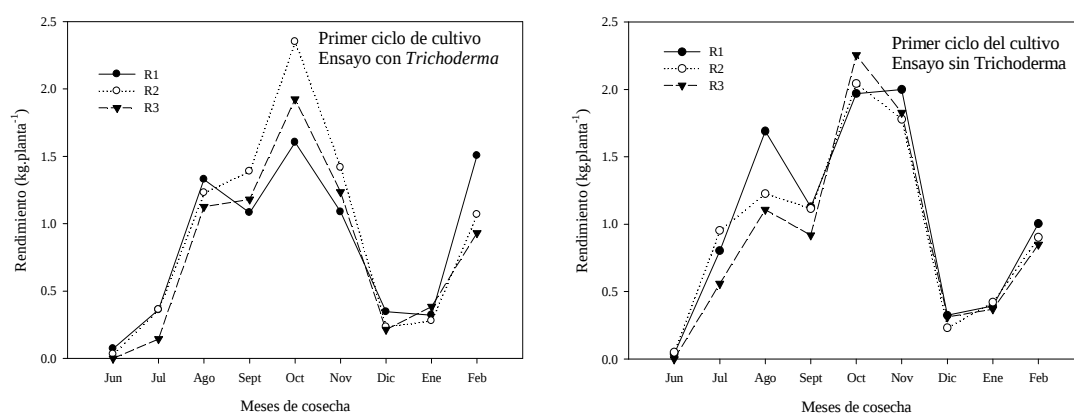


Figura 1. Rendimiento promedio mensual (kg.planta^{-1}) en función al tipo de riego, durante el primer ciclo del cultivo para ambos ensayos.

En este sentido, Haddad y Millán (1975) señalan que para la zona de Maracay, estado Aragua, el período de mayor producción va de mayo a diciembre con dos épocas de

máxima cosecha, julio-agosto y noviembre diciembre. Estos resultados son coincidentes con los encontrados en la presente investigación.

- **Segundo año.**

Para el segundo año de evaluación, se presentó interacción significativa entre los factores *Trichoderma* y Ciclo para las variables kg.planta^{-1} y t.ha^{-1} (Cuadro 56). Los valores obtenidos del rendimiento del cultivo durante el segundo año de evaluación fueron menores a los obtenidos en el primer año de establecido el cultivo. Esto fue más notable en el caso del ensayo CT comparado con el ensayo ST donde la reducción del rendimiento fue menor. Esto probablemente atribuido a características de variabilidad espacial de algunas características del suelo que le confieren condiciones más desfavorables para el óptimo desarrollo del cultivo, limitando el drenaje superficial e interno (Cuadro 3). Finalmente, en cuanto al factor riego, no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes riegos evaluados.

Cuadro 56. Interacción significativa entre los factores *Trichoderma* y Ciclo para las variables de rendimiento (kg.pl^{-1} y t.ha^{-1}) en parchita maracuyá durante el segundo año de producción.

Ciclo	Rendimiento (kg.pl^{-1})		Rendimiento (t.ha^{-1})	
	Ensayo CT	Ensayo ST	Ensayo CT	Ensayo ST
CA	3,55 a	7,83 a	5,91 a	13,04 a
CC	3,57 a	5,14 b	5,94 a	8,56 b

CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo; CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

Es de hacer notar que hubo afectación de *Fusarium* en el área experimental que incidió notablemente en la población de plantas por unidad experimental, presentándose diferentes focos, lo cual a su vez tuvo una repercusión sobre la productividad en las parcelas, afectando de esta forma el rendimiento. Otro factor determinante en el menor rendimiento, fue la incidencia de bacteriosis al inicio del segundo ciclo anual, la cual afectó significativamente al ensayo CT, especialmente en parcelas bajo R1, donde causó mortalidad de plantas y otro número considerable que se vio afectado en su vigor y desarrollo.

Por esta razón se obtuvieron rendimientos contrastantes entre ambos ensayos, dados los factores que incidieron negativamente en el área experimental con manejo de *Trichoderma*. Tomando como base los resultados del ensayo sin aplicación del hongo antagonista, se puede inferir que el manejo en ciclo anual representaría una ventaja desde el punto de vista productivo, al presentar rendimientos superiores al obtenido en ciclo continuo para el segundo año.

Esto quiere decir que en zonas con alta afectación de hongos patogénicos del suelo, donde se limite la longevidad de la plantación, en virtud que los efectos perjudiciales sobre el cultivo son mayores a partir del segundo ciclo productivo, surge el manejo en ciclo anual como una alternativa viable para agricultores que deseen mantener en lo posible estabilidad en la productividad del cultivo, dado que los rendimientos del primer ciclo son generalmente superiores al segundo año de producción.

En este sentido, de acuerdo a lo encontrado en el ensayo ST, pareciera preferible como decisión de manejo cortar las plantas del primer ciclo y volver a sembrar nuevamente, en lugar de dejarlas establecidas para un segundo ciclo, donde se obtendría una producción menor, con muerte progresiva en el número de plantas establecidas para el segundo año, lo cual deja de ser eficiente para el agricultor.

En la Figura 2 se presenta la tendencia en la fluctuación de cosecha durante el segundo año de evaluación para ambos ensayos y de acuerdo al ciclo anual y continuo. Al respecto, se evidencian picos diferentes de producción, dado que las plantas tenían edades distintas y etapas fenológicas no coincidentes para un mismo momento. No obstante, el rendimiento por planta para un mismo ensayo fue relativamente mayor en plantas de ciclo anual en el principal pico de producción.

En este sentido, Malavolta *et al.* (1989) señalan que las plantas de parchita maracuyá pueden producir hasta 6 u 8 años de edad, pero la vida comercial útil de la plantación se reduce a unos 3 o 4 años. No obstante, en condiciones como las del área experimental estudiada en esta investigación, donde factores limitantes de suelo y alta incidencia de *Fusarium* y otros hongos patogénicos del sistema radical hacen difícil la producción sostenida en el tiempo, dado que estos factores actúan en forma más férrea a medida que

avanza el ciclo fenológico de la planta, el manejo en ciclo anual representa una alternativa tecnológica apropiada para garantizar rendimientos aceptables sin implicaciones de gastos muy elevados.

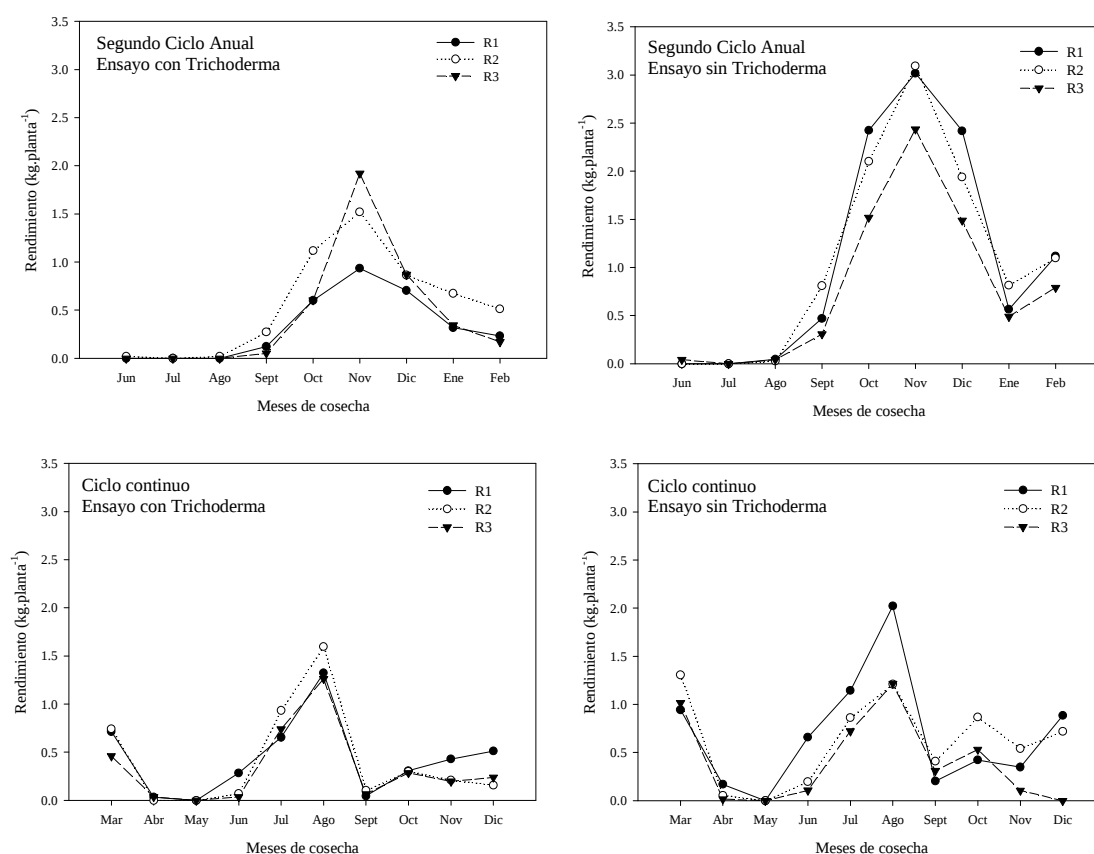


Figura 2. Rendimiento promedio mensual (kg.planta⁻¹) en función al tipo de riego, para el segundo año de evaluación en plantas de ciclo anual y continuo para ambos ensayos.

Como se señaló anteriormente, no hubo diferencias significativas en el rendimiento con respecto al factor riego. De esta manera, se observa en el Cuadro 57 que los rendimientos entre R1 y R2 fueron bastante similares, razón por la cual se pudiera adoptar el riego deficitario controlado (RDC) con un 66% de disminución en la demanda hídrica en etapas críticas del cultivo sin afectar significativamente la productividad. De esta forma, se hace un ahorro de agua, se mantiene el rendimiento y generan condiciones menos predisponentes a la incidencia de enfermedades que afectan el sistema radical del cultivo.

Cuadro 57. Variables de rendimiento para el segundo año de producción con respecto al factor riego en plantas de parchita maracuyá.

Riego	Rendimiento (kg.pl ⁻¹)	Rendimiento (t.ha ⁻¹)
R1	5,21	8,67
R2	5,61	9,34
R3	4,25	7,08

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%.

Es de hacer notar que en otras regiones productoras del país y a nivel internacional se presentan problemáticas con enfermedades que afectan al sistema radical, donde en teoría, un cultivo que debería mantenerse en plena producción por 3 o 4 años, muchas veces no llega al segundo ciclo, incluso sin completar el primer año productivo (Bautista, 2002; Aular, 2005; Aular y Casares, 2011). Por esta razón, la integración de prácticas como riego deficitario controlado, manejo del ciclo anual y control biológico con hongos antagonistas y entomopatógenos, junto con el uso de labores que busquen minimizar los efectos adversos (métodos de riego por goteo, correcta aplicación de láminas de agua, construcción de drenajes) sumado a una correcta fertilización y control de plagas del cultivo, representan el manejo integrado que se busca para producir en forma rentable, tratando de generar el menor impacto posible al agroecosistema.

Tomando en consideración el rendimiennto acumulado, es decir, la sumatoria de la producción en los dos ciclos anuales y por otro lado el rendimiento total del ciclo continuo durante los dos años de producción, se presentaron diferencias significativas solo para el factor *Trichoderma* (Cuadro 58).

Cuadro 58. Producción acumulada para los dos años de experimentación en función al factor *Trichoderma*.

Ensayo	Producción acumulada (kg.planta ⁻¹)	Producción acumulada (t.ha ⁻¹)
CT	11,12 b	18,52 b
ST	15,87 a	26,43 a

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

Aunque en el segundo año de evaluación la producción fue considerablemente inferior al primero, si se comparan la productividad (en términos de $t.ha^{-1}$) del esquema en manejo de ciclos anuales con respecto a la de ciclo continuo, en el Cuadro 59 se observan los rendimientos obtenidos para ambos ensayos tomando en cuenta el riego durante los dos años de experimentación.

Cuadro 59. Rendimiento de acuerdo al riego utilizado y ciclo durante los años de evaluación para ambos ensayos.

Ensayo	Riego	Rendimiento Año 1 ($t.ha^{-1}$)	Rendimiento Año 2 ($t.ha^{-1}$)	
			Ciclo anual (CA)	Ciclo continuo (CC)
Ensayo CT	R1	12,97	5,65	6,25
	R2	13,70	7,20	6,55
	R3	11,78	6,25	5,08
Ensayo ST	R1	16,20	14,60	9,55
	R2	15,66	14,27	9,39
	R3	14,81	10,29	6,77

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%.

En este sentido, haciendo un cálculo basado en el precio del producto a nivel de agricultor en la región central para el momento de la obtención de la cosecha en los años de evaluación (alrededor de 40 Bs.kg⁻¹) la diferencia entre los rendimientos de ciclo anual y continuo en el segundo año para el ensayo ST, representaría para un agricultor obtener 202.200, 195.160 y 140.560 Bs.ha⁻¹ para R1, R2 y R3; respectivamente. Lo cual representa una entrada de dinero considerable. Los costos para cada caso serán tratados posteriormente, para ver la eficiencia en el uso del capital en este sistema de producción.

Como puede apreciarse, para el ensayo CT en su segundo año presentó dificultades atípicas, que le confirieron un nivel bajo de productividad. Por ello, si se toma como ejemplo el ensayo ST, se puede observar la ventaja comparativa del manejo en ciclo anual con respecto al ciclo continuo.

Con respecto a la productividad del cultivo en función a sus años de establecimiento, Bowers y Dedolph (1959) encontraron que las producciones del rubro decrecían considerablemente del primer al tercer ciclo de cosecha. Resultados similares fueron encontrados por Gachanja y Gurnah (1980) y Gurnah y Gachanja (1884). En Minas Gerais, Brasil, Araújo (2005) encontró un rendimiento de 11,9 t.ha⁻¹ para el primer ciclo de producción; 10,9 y 5,6 t.ha⁻¹ para el segundo y tercer ciclo respectivamente. Se observa en este caso el descenso progresivo del rendimiento, por lo cual, el manejo en ciclo anual puede representar una estrategia para mantener productividades mayores, en zonas donde se presenten factores limitantes en la expresión del rendimiento.

Si se considera la producción acumulada de los dos años de evaluación para ambos sistemas de producción (en ciclo anual y continuo) en el Cuadro 60 se observan las productividades obtenidas y la diferencia entre el rendimiento de ambos ciclos.

Los resultados demuestran que con el manejo en ciclo anual se obtienen los rendimientos más altos del cultivo, por lo cual se justifica la adopción de esta técnica en suelos altamente afectados por *Fusarium* donde se limite la continuidad de producción de las plantas durante varios ciclos.

Cuadro 60. Productividad acumulada durante los dos años de evaluación del cultivo para ambos ciclos y ensayos estudiados.

Ensayo	Riego	Rendimiento acumulado (t.ha ⁻¹)		Diferencia entre CA- CC (t/ha)
		Año 1 y 2		
		Ciclo anual (CA)	Ciclo continuo (CC)	
Ensayo CT	R1	18,63	19,25	-0,62
	R2	20,91	20,26	0,64
	R3	18,04	16,87	1,17
Ensayo ST	R1	31,19	26,13	5,05
	R2	29,94	25,06	4,87
	R3	25,10	21,59	3,51

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma* R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%.

Con respecto al manejo del cultivo en ciclo anual, Sampaio *et al.* (2008) evaluaron en Brasil esta forma de producción relacionado con la incidencia del virus de endurecimiento

del fruto, refiriendo que debido a la afectación del cultivo por esta enfermedad, la producción se torna prácticamente anual, cuando pudiera alcanzar al menos 3 años. El manejo en ciclo anual, junto con modificaciones en la densidad de siembra y riego localizado, lo proponen los autores como elementos importantes en el manejo de este cultivo para reducir los efectos adversos de la enfermedad en el rubro. Los autores reportan bajo este enfoque rendimientos de 27,12 t.ha⁻¹. Del resto, son pocos los trabajos en este tipo de manejo para el cultivo de parchita maracuyá (Rezende, 2006; Oliveira, 2006).

V- Calidad de fruta.

- Primer año

Los análisis de calidad de fruta se realizaron en el periodo de máxima cosecha para ambos ensayos, mediante determinaciones de parámetros físicos y químicos de la fruta que responden a los criterios de calidad normalmente considerados por la agroindustria, ya que para el consumo como fruta fresca, en el país no existen normativas claramente establecidas al respecto (Roa, 2011).

De esta forma, en el primer ciclo del cultivo se caracterizó la calidad de fruta para el factor riego, arrojando solo las variables porcentaje de cáscara y de jugo, diferencias estadísticamente significativas. Por su parte, el factor *Trichoderma* no presentó diferencias significativas para ninguna de las variables estudiadas entre ensayos evaluados (Cuadro 61).

Cuadro 61. Variables de calidad en frutos de parchita maracuyá en función del factor riego y *Trichoderma* durante el primer año del cultivo.

Factor	Nivel	Peso fruto (g)	Rel. L/A	Grosor promedio	% cáscara	% semilla	% jugo	SST (%)	Acidez (A)	Rel. SST/A	pH
Riego	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
Ensayo	CT	192,27	1,18	6,18	44,68	5,69	49,62	16,01	3,32	4,93	3,33
	ST	189,16	1,18	6,43	46,51	7,81	47,92	15,74	3,32	4,81	3,33

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; Rel L/A: relación largo/ancho; SST: sólidos solubles totales; Rel SST/A: relación sólidos solubles totales/acidez. Letras diferentes dentro de una misma columna para cada factor, se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

Para el caso de % de cáscara y % de jugo en cuanto al riego, los frutos provenientes de las plantas bajo R3 obtuvieron la mayor limitante en cuanto a calidad se refiere, ya que se determinó menor cantidad de jugo y mayor grosor de la cáscara en comparación a los frutos de R1 y R2. Resultados similares fueron obtenidos por Tadeu (2002) evaluando diferentes láminas de riego, encontrando menor peso del fruto y % de jugo, así como mayor espesor de la cáscara a menores láminas de riego aplicadas.

Si bien es cierto que el rendimiento no se vio afectado significativamente por la aplicación del RDC en el primer ciclo de producción, hay que tomar en cuenta que la restricción en la dotación hídrica en R3 pudiera afectar algunos parámetros de calidad, 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 de dicha técnica en un sistema de producción en particular.

Se observó que las diferencias encontradas en la calidad se concentran en los parámetros físicos del fruto, ya que las variables químicas estudiadas, no resultaron alteradas por la aplicación de RDC. Es de hacer notar que el fundamento del RDC busca garantizar el suministro del 100% de la demanda hídrica en aquellas etapas fenológicas del cultivo que están consideradas como críticas, en las cuales, una posible restricción pudiera afectar en forma notable la producción o algunos aspectos de calidad relacionados con el producto final cosechado. Los resultados encontrados en la presente investigación para el primer año de producción, permiten demostrar que con el uso del RDC no se afectó la calidad del producto cosechado.

En cuanto al peso del fruto, no se encontraron diferencias significativas entre los riegos evaluados, demostrando que la técnica de RDC no afectó en forma considerable la expresión de este parámetro de calidad. En cuanto a los efectos del déficit hídrico sobre el peso del fruto, Fischer (2010) señala que bajo condiciones de bajo suministro de agua al cultivo, ocurre un menor peso de la fruta, lo cual no fue obtenido en la presente investigación, donde los valores oscilaron entre 185 y 196 g.fruto⁻¹.

Los resultados de la presente investigación, permitieron comprobar que los frutos al inicio de la etapa productiva de la planta son de mayor tamaño y peso, en la medida que avanza la etapa de plena producción, la fruta se torna más pequeña, dado que hay un mayor sumidero de frutos donde se dirigen los fotoasimilados generados por la planta.

Los valores de peso promedio encontrados en el primer ciclo demuestran que los frutos obtuvieron buenas características, ya que en otras investigaciones realizadas en este cultivo en Venezuela por Aular y Rojas (1994) y Aular y Rodríguez (2003), los valores promedio se encuentran entre 100 y 130 g.fruto⁻¹, mientras que en este caso, se obtuvieron valores superiores a 185 g.fruto⁻¹. El resto de los parámetros físicos los valores fueron similares a los obtenidos por los autores anteriormente señalados.

Los resultados en el primer ciclo de producción permiten vislumbrar que la técnica del RDC logra obtener rendimientos similares al testigo, sin afectar notablemente la calidad del producto, salvo ciertos parámetros físicos que pudieran ser considerados, tal como el grosor de la cáscara y porcentaje de jugo en el caso de la agroindustria.

Al respecto, los criterios considerados como permisibles para estos parámetros son muy variables, dependiendo del país, industria y destino. En este sentido, Reina *et al.* (1999) señalan que en Ecuador los datos de investigaciones de aspectos relacionados con calidad física arrojaron valores promedio de 50 a 60% de cáscara, 30 a 40% de jugo y 10 a 15 % semilla. Al comparar estos resultados con los resultados obtenidos en el primer ciclo de producción, los valores obtenidos en R3 poseen mejores atributos de calidad, lo cual pudiera no representar limitante a la hora de la comercialización del producto.

En el país no existen clasificaciones precisas de parámetros físicos de calidad de fruta. No obstante, en Brasil existe una clasificación por calibre (Cuadro 62) propuesta por CEAGESP (2001) el cual es un organismo encargado de los aspectos de calidad en productos hortícolas. Al respecto, aplicando estos parámetros a la fruta obtenida en la presente investigación, estaría en la clase 1A.

Cuadro 62. Clasificación de calidad de fruta por calibre en Brasil (CEAGESP, 2001).

Clase	Descripción
3A	Fruta con diámetro mayor a 85 mm
2A	Fruta con diámetro entre 75 a 85 mm
1A	Fruta con diámetro entre 60 a 75 mm
2 ^{da} línea	Fruta de las clases 3 ^a , 2 ^a y 1 ^a con defectos leves.
Industria	Fruta con diámetro menor a 55 mm con defectos graves

Del mismo modo, Reina *et al.* (1999) clasifican los frutos en grandes (>60 mm), medianos (50-59 mm) y pequeños (40-49 mm) en Ecuador. Los resultados en el primer ciclo indistintamente del tipo de riego aplicado, se obtuvieron frutos clasificados como grandes. Este criterio, junto con la apariencia externa del producto son los mayormente considerados en el mercado de fruta fresca (Roa, 2011) y para el caso de la presente investigación, el RDC no afectó notablemente esta variable, la cual es de suma importancia para la comercialización de la fruta.

Con respecto a los parámetros químicos, la información nacional es poco precisa, por ejemplo, Roa (2011) señala para el caso de parchita parámetros de calidad en una empresa privada de la zona central del país: SST>14; AT (%) de 2,5 a 3,5 y SST/acidez >4. De esta forma, se observa que la acidez obtenida en los frutos de todos los riegos estudiados fue mayor a 3,5, estando en valores cercanos a 5. Esto trae como consecuencia que a pesar de obtener valores superiores a los exigidos en SST, la relación SST/Acidez se vea afectada por los altos valores de acidez, siendo entonces la relación por debajo de lo exigido por esta empresa (valores entre 3,15 a 3,45).

Por su parte, el mismo autor refiere de acuerdo a los parámetros exigidos por una empresa en la zona central, que la pulpa de parchita debe tener SST>13; Acidez titulable entre 2,5 y 4,5; relación SST/acidez entre 3,15 a 3,45 y pH entre 2,8 y 4,0. Si se consideran estos criterios, la fruta obtenida en todos los tipos de riego en el primer ciclo de producción no tiene ningún tipo de problema, excepto la acidez que en algunos casos fue mayor al límite crítico superior establecido por la empresa, razón por la cual, es difícil establecer rangos rígidos de los parámetros de calidad.

Además, Cavichioli *et al.* (2008) señalan que los valores de calidad pueden variar a lo largo del año producto de los factores medioambientales, especialmente el fotoperiodo y la temperatura, por lo cual puede ser muy común encontrar valores diferenciales a lo largo del año en los parámetros de calidad normalmente considerados en este cultivo.

Cordeiro *et al.* (2001) evaluaron el efecto de diferentes láminas de irrigación sobre el desarrollo y calidad de fruta, encontrando que con láminas con 100% de Eto, en comparación a 75 y 50% de Eto ofrecieron mejores resultados sobre el peso de la fruta.

Con respecto a la lámina de riego y su efecto sobre los sólidos solubles totales (SST), Dorado y Ríos (2009) encontraron bajo condiciones de Colombia, que en la lámina mayor (1,25% de Eto), redujo considerablemente la cantidad de SST en la fruta. Por su parte, García *et al.* (2013) evaluando de híbridos de parchita maracuyá, encontraron valores de SST y % de jugo de 12,98 y 38,75, respectivamente utilizando láminas al 100% del requerimiento hídrico.

En líneas generales, para el primer ciclo del cultivo, los aspectos de calidad de fruta relacionados con los atributos físicos y químicos evaluados, estuvieron acordes con las exigencias normalmente establecidas por la agroindustria nacional y equiparables con los referidos a nivel internacional por países productores de este rubro.

- Segundo año

Para el segundo año del cultivo el análisis estadístico reflejó que la interacción *Trichoderma* y riego resultó significativa solo para la variable % de jugo. Por su parte, el peso de fruta fue afectado de manera significativa con los factores riego y ciclo; mientras que la acidez y relación SST/acidez obtuvo diferencias estadísticamente significativas asociadas al factor ciclo. Los resultados para cada factor se presentan en el Cuadro 63

En el caso del peso del fruto se encontró que los mayores valores se obtuvieron en las plantas bajo ciclo anual, mientras que en ciclo continuo los valores disminuyeron notablemente, con un promedio de 184,24 y 158,43 g, respectivamente. Esto demuestra que desde el punto de vista de calidad de fruta, sería conveniente la adopción del manejo en

ciclo anual, ya que se obtienen los mayores beneficios en cuanto a peso de fruta se refiere. A medida que avanza el ciclo de la planta, comienza una disminución del peso de la fruta, como una consecuencia de la relación fuente-sumidero.

Por su parte, en cuanto al factor *Trichoderma*, se obtuvieron los mayores pesos de fruta en el ensayo ST, lo cual como se ha señalado anteriormente, no quiere decir que la aplicación del hongo antagonista afecte negativamente esta variable.

Cuadro 63. Variables de calidad en frutos de parchita maracuyá en función de los factores riego, *Trichoderma* y ciclo durante el segundo año del cultivo.

Factor	Nivel	Peso fruto (g)	Rel. L/A	Grosor promedio	% cáscara	% semilla	% jugo	SST (%)	Acidez (A)	Rel. SST/A	pH
Riego	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
Ensayo	CT	161,09 b	1,18	6,01	46,09	6,18	47,84	13,41	3,07	4,50	3,43
	ST	180,98 a	1,16	6,42	46,57	5,79	47,63	13,61	3,20	4,35	3,43
Ciclo	CA	184,24 a	1,16	5,87	46,46	5,77	47,76	13,63	3,39 a	4,17 b	3,45
	CC	158,43 b	1,17	6,56	46,11	6,19	47,72	13,39	2,88 b	4,68 a	3,41

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma* CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo; Rel L/A: relación largo/ancho; SST: sólidos solubles totales; Rel SST/A: relación sólidos solubles totales/acidez. Letras diferentes dentro de la misma columna para cada factor se corresponde con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

El factor riego no presentó diferencias estadísticas para ninguna de las variables estudiadas, lo cual refuerza el hecho que la técnica de RDC aplicada al cultivo se puede tomar en cuenta para un uso más eficiente del agua, sin afectar los parámetros de calidad de fruta en forma significativa.

Los otros parámetros asociados a variables físicas de calidad (grosor promedio, relación largo/ancho, % de cáscara y semilla) no se vieron afectados significativamente por ninguno de los factores estudiados en el segundo ciclo de producción.

En cuanto a las variables químicas de calidad de fruta, los SST y pH de la pulpa presentaron valores similares entre los niveles de los factores evaluados, sin obtener diferencias estadísticamente significativas. Caso contrario ocurrió en el caso de la acidez y relación SST/acidez. Ambos parámetros arrojaron diferencias significativas en el factor

ciclo, lo cual puede atribuirse a la diferencia en edades de la planta, con lo cual, a medida que esta avanza, algunas de las características del fruto pueden ir sufriendo cambios a lo largo de su ciclo productivo (Ruggiero, 1980; Manica, 1981)

De esta manera, la acidez tiende a ser menor en plantas de CC, afectando de esta forma la relación SST/acidez. No obstante, el monitoreo de estos parámetros debe ser realizado en caso que el destino final de la cosecha sea la agroindustria, que requiere valores bien definidos al respecto. Para el caso del consumo fresco, estos aspectos no son considerados a la hora de comercializar la fruta (Roa, 2011).

En este sentido, el mismo autor señala valores adecuados de acidez entre 2,5 a 4,5 y entre 3,15 a 3,45 como aceptables para SST/acidez, para una empresa de la región central del país. De esta forma, en ambos ciclos la acidez no presenta limitante, pero la relación SST/acidez fue mayor en ambos casos a la exigida por esta empresa. Vale la pena destacar que esta situación se presentó en todos los factores estudiados, con lo cual, ciertos ajustes (asociados a la láminas de riego o nutrición mineral) para lograr una mayor catidad de SST o una mayor acidez, pudieran ser considerados en el manejo del cultivo para obtener los valores exigidos por la agroindustria.

De esta forma, al comparar los resultados de calidad entre ciclos para ambos ensayos, en la fruta en CC hubo desmejoras en parámetros físicos (peso del fruto) y químicos (acidez y SST/acidez), esto pone en evidencia otra ventaja comparativa del manejo del cultivo en ciclo anual, ya que los atributos de calidad de la fruta resultan mejores.

Contrariamente, para el caso del mercado de fruta fresca, no existe en el caso de Venezuela, una valoración de parámetros asociados a calidad, solo se toman en cuenta criterios como tamaño (sin tener un patrón o escala de referencia) y apariencia externa, donde el color, epicarpio liso y ausencia de defectos, son considerados sin mayores clasificaciones ni criterios a la hora de comercializar la fruta (Roa, 2011).

El descenso en la productividad del año 2 y la desmejora de los atributos de calidad anteriormente señalados, favorecen la adopción de manejo en ciclo anual evaluado en la presente investigación, sobre todo en aquellos sistemas de producción con alta incidencia de hongos patogénicos del suelo, el cual limita severamente la vida útil de la plantación,

disminuyendo la cantidad de ciclos productivos, que en teoría deberían ser de dos o tres años. No obstante, la realidad de muchas zonas productoras es que no llegan a un segundo ciclo productivo completo y en muchas ocasiones no completan el primer año productivo (Aular, 2005) por lo cual, la estrategia de manejo en ciclo anual representa una alternativa tecnológica para agricultores, justificada en los elementos anteriormente descritos.

El factor *Trichoderma* con excepción de la variable % de jugo, no ejerció efectos significativos en cuanto su aplicación o no al cultivo con respecto a los parámetros de calidad evaluados en la presente investigación. En el Cuadro 64 se observan los resultados de la interacción *Trichoderma* x riego para el caso del % de jugo.

Los resultados para el ensayo CT alcanzó los mayores valores la fruta proveniente de R3, mientras que en el caso del ensayo ST los mejores valores se presentaron en R1. No obstante, no se presentan valores limitantes desde el punto de vista de aceptación como parámetro de calidad en ninguno de los valores reportados.

Cuadro 64. Valores de porcentaje de jugo en frutos de parchita maracuyá en la interacción entre los factores riego x *Trichoderma*.

Riego	Porcentaje de jugo (%)	
	Ensayo CT	Ensayo ST
R1	42,80 b	50,0 a
R2	49,60 ab	44,70 a
R3	51,10 a	48,20 a

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma* Letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$

VI- Humedad del suelo y cantidad de agua aplicada al cultivo.

- Primer año

Se instalaron sensores de humedad del suelo en diferentes unidades experimentales pertenecientes a cada tipo de riego, a fin de observar la dinámica en la tensión del agua entre los 20 a 28 cm de profundidad, donde fueron colocados los sensores (cápsulas porosas) del equipo Watermark. Esto sirvió para precisar el momento adecuado para aplicar los riegos en función del agua retenida en el mismo y el monitoreo de la humedad, evitando

procesos de secado o favorecer excesos de humedad. En el Cuadro 65, se observa la clasificación de los valores de tensión de agua en el suelo señaladas por los fabricantes del equipo, el cual fue utilizado en la presente investigación.

Cuadro 65. Clasificación de los rangos de tensión de agua en el suelo para el equipo Watermark.

Potencial hídrico (kPa)	Descripción
0-10	Suelo saturado
10-30	Suelo adecuadamente húmedo (excepto suelos arenosos, los cuales comienzan a perder agua)
30-60	Rango usual para riego (mayoría de los suelos)
60-100	Rango usual de riego en suelos arcillosos o pesados
100-200	Suelo comenzando a tener contenidos bajos de humedad, peligrosos para la producción de cultivos

En la Figura 3 se observa la tendencia a lo largo del primer año de evaluación del contenido de humedad del suelo para cada tipo de riego, evidenciando que la dinámica del contenido de agua en la zona radical varió de acuerdo a la presencia de periodo de sequía o precipitación. Igualmente se presentaron variaciones de acuerdo al tipo de riego aplicado, en el caso de los momentos de realizar restricción hídrica mediante el riego deficitario controlado, ya que hubo variación de láminas aplicadas. Se observó que al iniciar el suministro del 100% de la demanda hídrica luego del RDC (dado por el concepto que el cultivo entraba en una fase fenológica crítica) en R3 comenzó a aumentar el potencial hídrico del suelo, acercándose paulatinamente a los potenciales de R1 y R2, dado el incremento en el contenido de humedad del suelo. Esto se hace aún más evidente en el máximo periodo de precipitación (semanas 22 a 30), ya que se uniformizan los contenidos de humedad entre riegos, mientras que en el periodo de sequía, se separan las curvas de R1, R2 y R3 en cuanto al potencial mátrico del suelo, con valores de R3 son menores (más negativos), ya que el contenido de agua en el suelo es menor y por ello, estaba más fuertemente retenida (con mayor tensión) por la matriz del mismo.

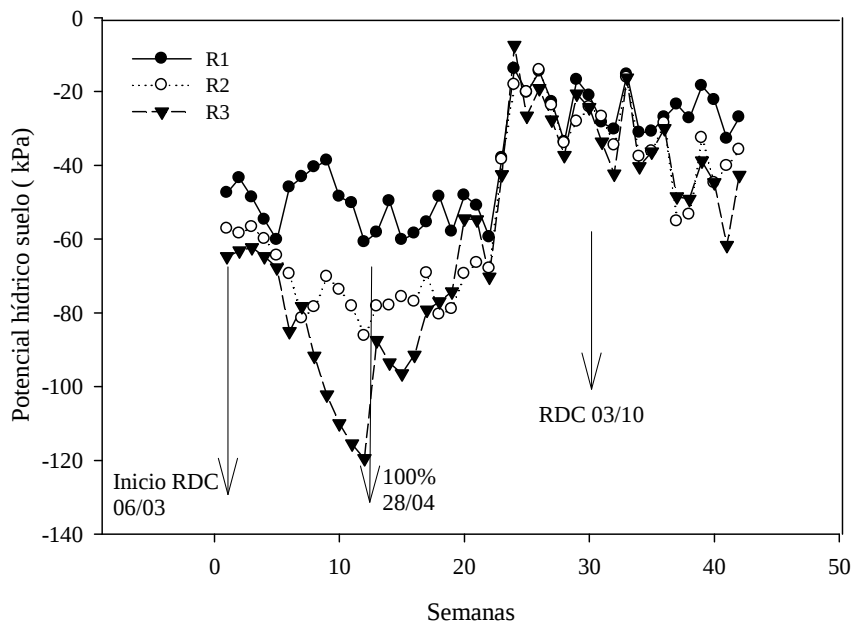


Figura 3. Comportamiento del potencial hídrico del suelo para cada tipo de riego durante el primer año de evaluación.

Al respecto, Koetz (2006) señala que tensiones de agua en el suelo entre -15 a -60 kPa no comprometen la productividad del cultivo de parchita maracuyá ni la calidad del fruto. En la presente investigación se observó que los valores en los suelos pertenecientes a parcelas bajo R2 y R3 fueron menores a este rango desde el inicio del RDC hasta el suministro del 100% del requerimiento hídrico al momento de floración, lo cual coincidió con el periodo de sequía del año 2012. No obstante, dichos valores no incidieron sobre manifestaciones de estrés en la planta de acuerdo a los resultados de las variables fisiológicas y nutricionales evaluadas en el cultivo. Por lo cual, se puede afirmar que el monitoreo de la humedad del suelo permitió garantizar un adecuado funcionamiento del RDC para que el cultivo no se afectara significativamente en su desarrollo, fisiología y productividad, este último aspecto será discutido posteriormente.

De igual modo, Hanson *et al.* (2000) señalan que los sensores de humedad del suelo pueden ser usados para determinar el intervalo adecuado entre riegos, la profundidad de humedecimiento y profundidad de extracción de agua por las raíces. En el caso de los

sensores Watermark, los autores indican que estos responden muy bien con relación a los ciclos de secado y humedecimiento del suelo, señalando que su función es más consistente con contenidos más amplios de humedad que los ofrecidos por tensiómetros y bloques de yeso. Igualmente, permiten obtener lecturas del incremento en la cantidad de agua consumida después del riego. Lecturas máximas en el rango de 100 a 180 cbar indican que estos sensores operan en condiciones más secas que los tensiómetros. Los autores señalan valores adecuados entre 70 y 85 cbar para diferentes cultivos.

Por su parte, la cantidad de agua aplicada a cada tipo de riego fue medida mediante la colocación de un caudalímetro o contador volumétrico en el cabezal del sistema de riego. En este sentido las cantidades de agua aplicadas vía riego fueron de 124,84; 106,47 y 88,16 m³ para R1, R2 y R3, respectivamente. La restricción hídrica mediante RDC en R2 y R3 representó en términos porcentuales una reducción de 14,71 y 29,38% del total de agua suministrada por riego en el ciclo productivo, comparado con el testigo (R1) el cual mantuvo la dotación hídrica el 100% del requerimiento.

En la Figura 4 se aprecian las cantidades aplicadas durante el primer año de desarrollo del cultivo y la precipitación durante el mismo período, observando que en la época de sequía, las cantidades de agua via riego aplicada fueron mayores y disminuyeron drásticamente en los meses de abundante precipitación.

En este sentido, se logró que mediante la técnica de RDC en el primer año de producción del cultivo se pudiera ahorrar alrededor de 15 y 30% del total de agua requerido por la planta durante su ciclo productivo. Vale la pena destacar, que esto es para un área experimental de 1683 m² en las cuales se desarrollaron 288 plantas en totalidad; no obstante, extrapolando esto a una superficie de una hectárea, es decir, 1666 pl.ha⁻¹ para R1 se aplicarían 722,16 m³ representando la técnica de RDC en ahorro de 108,3 y 216,6 m³ de agua para R2 y R3, respectivamente.

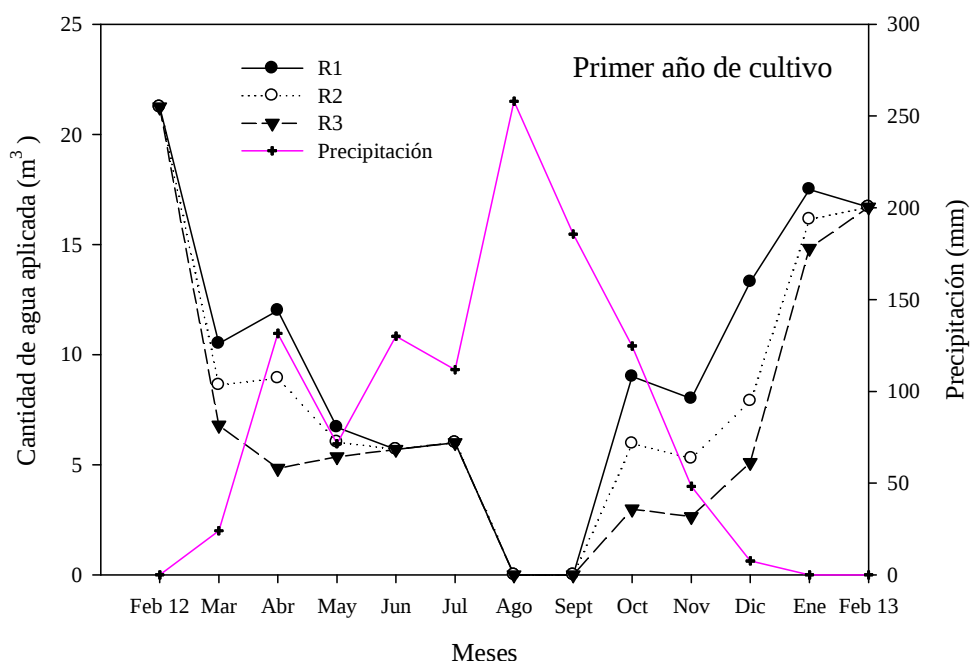


Figura 4. Cantidad de agua aplicada en forma de riego y curva de precipitación durante el primer año de evaluación del ensayo.

La importancia del RDC radica no solo en el ahorro de agua, lo cual representa un recurso extremadamente valioso para la agricultura, sino también un uso eficiente de la misma en el suministro al cultivo, donde este puede desarrollarse en forma productiva sin afectar notablemente tanto los rendimientos como la calidad de la fruta. Además, permite condiciones menos predisponentes a la afectación del cultivo por parte de hongos patogénicos que afectan el sistema radical de la planta, los cuales se desarrollan en forma favorable bajo condiciones de exceso de humedad del suelo.

- Segundo año.

En el Cuadro 66 se presentan los datos de cantidad de agua aplicada al cultivo durante el segundo año de evaluación, tanto para ciclo continuo como segundo ciclo anual, además del total para cada sistema de producción durante los dos años de cultivo.

Al respecto, se observa que las cantidades de agua para cada tratamiento de riego utilizado fueron similares al sumar los dos años de ciclo anual y manejo en ciclo continuo. De esta forma, se puede apreciar que el RDC permitió hacer un uso más eficiente del recurso hídrico, en virtud del ahorro de cantidades apreciables de agua, sin afectar notablemente el desarrollo del cultivo, así como el rendimiento y calidad de la fruta.

Para el segundo año de evaluación se observó que las cantidades de agua en ciclo anual y continuo fueron diferentes, siendo menores en el primer caso. Esto obedece a que las plantas del ciclo continuo poseían una biomasa mayor y por ende, un K_c más elevado, teniendo mayor demanda hídrica en comparación a las de ciclo anual, ya que éstas últimas necesitaban ir cumpliendo gradualmente su ciclo de desarrollo y pasar por las distintas fases fenológicas, aumentando de esta forma su requerimiento hídrico.

Cuadro 66. Cantidad de agua aplicada (m^3) en forma de riego al cultivo de parchita maracuyá durante los dos ciclos de evaluación en función del tipo de ciclo (anual y continuo)

Riego	Agua aplicada (m^3). Segundo año del ensayo		Agua aplicada (m^3) Total de los 2 años bajo cultivo	
	2 ^{do} Ciclo anual	Ciclo continuo	Ciclo anual	Ciclo continuo
R1	85,47	102,96	210,31	227,42
R2	73,98	92,58	180,45	199,05
R3	62,56	81,99	150,72	170,15

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%.

Del mismo modo, se observó que con la adopción del manejo en ciclo anual se ahorra un volumen de agua considerable en comparación al suministro hídrico en ciclo continuo, razón por la cual resultaría beneficioso este tipo de manejo, en cuanto a la dotación hídrica eficiente al cultivo se refiere.

Por otra parte, en la Figura 5 se observa la distribución mensual de las láminas de riego y la ocurrencia de precipitación durante el año 2013 para el caso de plantas bajo ciclo anual. Allí se aprecia que durante el periodo donde inciden mayormente las precipitaciones, la cantidad de agua aplicada disminuyó, mientras que en los meses de sequía fue necesario el riego suplementario con mayores láminas suministradas al cultivo.

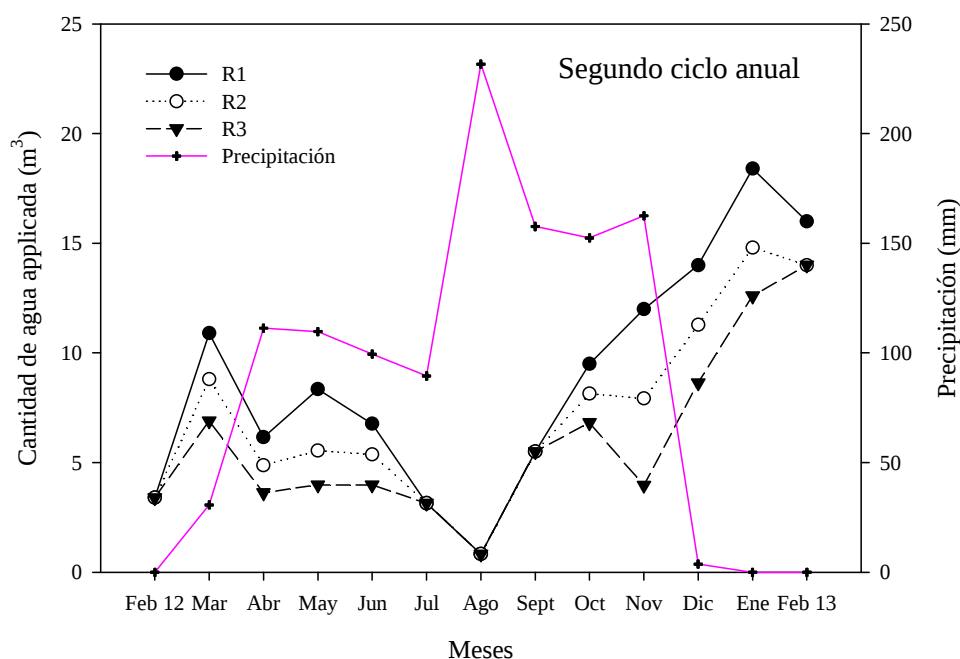


Figura 5. Cantidad de agua aplicada en forma de riego (m^3) y curva de precipitación durante el segundo año de evaluación del ensayo en plantas bajo ciclo anual.

Para el segundo año de evaluación, las cantidades de agua de riego aplicada fueron inferiores al primer año del cultivo, debido a que durante el año 2012 los eventos de precipitación fueron en mayor cantidad (75 lluvias) pero con volúmenes más bajos, lo cual generó humedecimiento y pronto secado del suelo, ameritando mayores láminas de riego para satisfacer la demanda hídrica del cultivo. En cambio, durante el año 2013, los eventos fueron menores (58) pero con la característica que en diversas ocasiones ocurrieron eventos de grandes volúmenes de lluvia (82, 86, 107 y 75 mm en los meses de abril, mayo, agosto y septiembre, respectivamente). Esto generó excesos de humedad en el suelo y saturación del mismo, lo cual afectó la frecuencia de riego y de esta manera, también la lámina de riego aplicada al cultivo.

Durante el segundo año de evaluación no se registraron los valores de humedad en el suelo, en virtud que el aparato Watermark sufrió un desperfecto y no pudo ser reemplazado, por ser un equipo exclusivo de importación.

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

Tomando los resultados de la cantidad de agua aplicada en forma de riego y el rendimiento en cada unidad experimental durante los dos años de evaluación, se obtuvo una relación de eficiencia en el consumo de agua para la producción de fruta, lo cual es interesante de considerar desde el punto de vista productivo y económico.

- Primer año

Los resultados se presentan en el Cuadro 67, donde se observa que las plantas bajo el tratamiento R3 consumieron menos agua para producir un kg de fruta, lo cual indica una mayor eficiencia en el uso de agua de la planta dada la aplicación del RDC al cultivo. Además, como se señaló anteriormente, el rendimiento y la calidad de fruta no fueron notablemente afectados por la adopción de esta técnica en el manejo del agua del cultivo. 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. 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 por Chai *et al.* (2015) en diferentes cultivos.

Cuadro 67. Relación del consumo de agua de riego aplicada al cultivo por kg de fruta producida en plantas de parchita maracuyá durante el primer año de evaluación

Riego	Relación consumo de agua de riego por kg de fruta (L.kg ⁻¹)
R1	100,92 a
R2	87,13 b
R3	70,18 b

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponde con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

En cuanto los ensayos evaluados, no se presentaron diferencias estadísticas entre ambos, obteniendo valores de relación de consumo de agua de riego por kg de fruta producida de 84,16 y 87,99 L.kg⁻¹ para los ensayos CT y ST, respectivamente.

- **Segundo año**

Para el segundo año de evaluación, los resultados para los factores riego, ensayo y ciclo se presentan en el Cuadro 68. En este sentido, para cada factor considerado se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de los mismos.

Cuadro 68. Relación del consumo de agua de riego aplicada al cultivo por kg de fruta producida en plantas de parchita maracuyá durante el segundo año de evaluación para cada factor considerado.

Factor	Nivel	Relación consumo de agua de riego por kg de fruta (L.kg⁻¹)
Riego	R1	76,21 a
	R2	68,19 b
	R3	57,67 c
Ensayo	CT	65,81 b
	ST	68,91 a
Ciclo	CA	59,24 b
	CC	75,48 a

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%; CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo. Letras diferentes dentro de una misma columna para cada factor se corresponde con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

Con respecto al riego, se presentó una tendencia similar a la observada durante el primer año de evaluación, obteniendo el tratamiento R3 la mayor eficiencia en el consumo de agua por kg de fruta producido, siendo R2 el que presentó valores intermedios y R1 los valores más elevados de consumo de agua de riego para obtener un kg de fruta. De esta forma, se pone de manifiesto la mayor eficiencia obtenida con el uso de RDC en R3.

Con relación al factor ensayo, en el caso del área experimental tratada con *Trichoderma* (CT) se obtuvo una mayor eficiencia en el consumo de agua para producir un kg de fruta en comparación al ensayo sin *Trichoderma* (ST). Esto pudiera estar atribuido a la capacidad del hongo antagonista en favorecer mejoras en el sistema radical de diferentes plantas (Harman *et al.*, 2004; Harman y Shores, 2007; Harman *et al.*, 2008).

Por su parte, en cuanto al factor ciclo se puede observar que para el caso de las plantas bajo ciclo anual (CA) presentaron un consumo más eficiente de agua de riego para producir un

kg de fruta comparadas con las de ciclo continuo (CC). Esto pudiera atribuirse a que las plantas de menos de un año de edad tienen menos biomasa aérea que representa un sumidero menor para satisfacer adecuadamente el estatus hídrico de los tejidos presentes. De esta manera, se observa una ventaja adicional para el manejo de la plantación en ciclo anual, dado la mayor eficiencia en el uso del agua para la producción del cultivo.

VII- Desarrollo radical.

- Primer año

Los resultados encontrados en la evaluación del sistema radical en plantas de parchita al final del primer año de producción se presentan en los Cuadros 69, 70 y 71. En este sentido, con excepción de la proporción de raíces en el tercer horizonte del perfil del suelo, el resto de las variables evaluadas arrojaron diferencias estadísticas asociadas al factor riego. En el caso de la evaluación del factor *Trichoderma*, no se encontraron diferencias entre ambos ensayos estudiados, no obstante, se manifiesta la tendencia a presentar valores más favorables en el ensayo CT en cuanto a las variables del desarrollo radical de la planta.

Con relación a la profundidad efectiva, siendo aquella longitud en sentido vertical a la cual se alcanza libremente el máximo desarrollo radical, hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos de riego evaluados, alcanzando una mayor profundidad las plantas irrigadas con R1 (Cuadro 69). Esto pudo deberse a que el perfil del suelo presentaba un mayor contenido de humedad durante las fases de crecimiento apical y lateral, ya que se estaba aplicando el RDC en los otros dos tratamientos, manteniendo R1 con el 100% de dotación hídrica. Esto pudo haber facilitado una mayor capacidad de desarrollo radical y explorar capas más profundas en el perfil del suelo. Del mismo modo, la menor profundidad efectiva se encontró para el mismo ensayo en R3, el cual fue el tratamiento donde se aplicó la mayor restricción hídrica.

Con relación al espesor de cada capa de suelo evaluada en la microcalicata para los tipos de riegos estudiados, en el Cuadro 70 se observan los valores de grosor promedio. Al respecto, no se encontraron diferencias significativas para dicha variable, oscilando entre 12,50 y 14

cm para la primera capa, de 15,0 a 17,5 cm en la segunda y de 11,5 a 14,25 cm en la tercera capa del perfil del suelo.

Cuadro 69. Profundidad efectiva del sistema radical en plantas de parchita maracuyá de un año de edad para cada tipo de riego evaluado.

Riego	Profundidad efectiva (cm)
R1	36,37 a
R2	29,50 b
R3	28,25 b

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. Letras diferentes dentro de una misma columna se corresponde con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Duncan $\alpha=0.05$

En cuanto a la evaluación del crecimiento lateral de raíces, se observó que la mayor extensión lateral ocurrió en la capa superficial del suelo, disminuyendo levemente en la segunda y drásticamente en la tercera capa del perfil. Esto guarda relación con el tipo de riego aplicado al cultivo, el cual fue por goteo, donde la humedad tiende a concentrarse en los primeros centímetros del suelo. Igualmente, las limitaciones del drenaje superficial e interno (Cuadro 3), favorecieron una limitada infiltración del agua suministrada al cultivo en forma de riego, humedeciéndose mayormente las capas superficiales del perfil. Es de hacer notar que en las unidades experimentales bajo R1 fue donde se alcanzó la mayor extensión lateral y mayor profundidad en el perfil de suelo del sistema radical de las plantas de parchita.

En cuanto a la proporción de raíces en el perfil del suelo, los resultados demuestran que el mayor porcentaje del sistema radical de la planta se encontró en la primera capa de suelo, presentando diferencias estadísticamente significativas entre riegos evaluados. En este sentido, el mayor porcentaje de raíces se encontró en las plantas regadas con R3, esto probablemente debido a que la restricción hídrica favoreció el humedecimiento en los primeros centímetros del suelo, desarrollándose el sistema radical preferencialmente en esta capa del perfil donde se encontraba la mayor humedad. Contrariamente, las plantas regadas con R1 y R2 mostraron porcentajes de raíces mas equilibrados entre las dos primeras capas de suelo, siendo en ambos casos los valores encontrados en la segunda capa del perfil mayores a los de R3.

Cuadro 70. Variables evaluadas en el sistema radical de plantas de parchita para los tres estratos estudiados de acuerdo al tipo de riego.

Profundidad	Riego	Espesor de capa (cm)	Extensión lateral (cm)	Proporción de raíces (%)
Capa 1 (0-12 cm)	R1	12,50	70,87 a	50,0 b
	R2	13,50	67,75 ab	47,50 b
	R3	14,00	61,62 b	65,00 a
Capa 2 (13-25 cm)	R1	17,50	58,62 a	43,50 a
	R2	17,25	56,75 ab	48,50 a
	R3	15,00	47,12 b	31,12 b
Capa 3 (26-39 cm)	R1	14,25	30,00 a	7,25
	R2	13,50	19,87 b	4,00
	R3	11,25	13,62 c	3,87

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. Letras diferentes dentro de una misma columnas para cada capa de suelo se corresponden con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

Esta característica de mayor concentración de raíces en la primera capa de suelo en el tratamiento con RDC al 33% pudiera tener ciertas desventajas para la planta en cuanto a mayor vulnerabilidad a los posibles excesos de lluvia en superficie, causando déficit de oxígeno en esa capa de suelo, dificultando con ello las funciones metabólicas del sistema radical. Además, favorece el posible efecto de enfermedades causadas por hongos del suelo. Esto ocurriría especialmente en suelos con dificultades de drenaje superficial. Finalmente, se observó que la proporción de raíces en la tercera capa de suelo indistintamente del tipo de riego considerado, fue muy baja, estando más del 90% del sistema radical desarrollándose en los primeros 25 cm de profundidad del perfil.

Con respecto al factor *Trichoderma* no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ensayos en ninguna de las variables evaluadas en el sistema radical, lo cual indica que el hongo antagonista no causó un efecto aparente sobre aspectos relacionados con el desarrollo radical del cultivo bajo las condiciones de experimentación. Los resultados se presentan en el Cuadro 71.

Cuadro 71. Variables evaluadas en el sistema radical de plantas de parchita para los tres estratos estudiados en el perfil para el factor *Trichoderma* en ambos ensayos.

Ensayo	PE (cm)	ER1 (cm)	ER2 (cm)	ER3 (cm)	PR1 (%)	PR2 (%)	PR3 (%)
CT	32,50	68,58	55,91	21,67	54,58	41,66	5,50
ST	30,25	64,91	52,41	20,06	53,75	40,41	4,58

CT: ensayo con *Trichoderma*; ST: ensayo sin *Trichoderma*. ER: extensión lateral; PR: proporción de raíces; PE. Profundidad efectiva; 1, 2 y 3: primera, segunda y tercera capa del perfil.

- Segundo año

Para la evaluación de raíces del segundo año de experimentación, se muestrearon al final del ciclo productivo tan solo dos plantas sobrevivientes del ciclo continuo para cada tipo de riego y en cada ensayo (Cuadro 72); por esta razón, no se pudo realizar un análisis estadístico de los resultados como en el caso del primer año. Esto obedeció a que las plantas fueron afectadas considerablemente por *Fusarium*, causando gran deterioro del sistema radical y muerte de una gran cantidad de plantas al final de la experimentación, en el segundo año de producción.

Para el caso del ensayo CT, se pudo observar un mejor desarrollo del sistema radical, mayormente en la primera capa de suelo, donde en el caso de la extensión lateral de raíces, la longitud estuvo entre 56 y 70 cm del tallo de la planta, mientras que en el ensayo ST osciló entre 40 y 53 cm.

Esto pudiera atribuirse al efecto benéfico del hongo sobre las raíces, el cual tiene una mayor probabilidad de entrar en contacto con ellas en la primera capa del perfil, dado las características de aplicaciones en soluciones sobre la superficie del suelo en dichas unidades experimentales. Este efecto benéfico no fue encontrado en el primer ciclo productivo, pero pudo generarse un efecto acumulativo que a la larga, se puede traducir en condiciones favorables para el desarrollo radical.

En la segunda capa de suelo la extensión radical osciló entre 40 a 43 cm de longitud para el ensayo CT, mientras que para el ensayo ST la extensión fue mayor en el segundo horizonte, alcanzando valores comprendidos entre 50 y 60 cm. Esto pudiera guardar relación con las

características de mayor homogenidad en las propiedades texturales del suelo para el ensayo ST, mientras que los contrastes en profundidad desde el punto de vista de texturas y otras propiedades físicas como Ksat y MR pudieron afectar la capacidad de explorar en forma mas eficiente capas mas profundas en el perfil del suelo por parte de las raíces en el ensayo CT. Esto dado los valores encontrados en la caracterización inicial del suelo en cuanto a propiedades físicas se refiere (Cuadro 3).

Finalmente, para la tercera capa de suelo, en el ensayo CT se obtuvieron valores entre 13 y 25 cm, siendo la mayor longitud alcanzada en las plantas bajo R1; una tendencia similar se presentó en el ensayo ST, solo que los valores fueron un poco más homogéneos y mayores, oscilando entre 18 y 24 cm.

Cuadro 72. Evaluación del sistema radical en plantas bajo ciclo continuo al final del segundo año de estudio para ambos ensayos.

Ensayo CT										
Riego	EC 1 (cm)	EC 2 (cm)	EC 3 (cm)	ELR 1 (cm)	ELR 2 (cm)	ELR 3 (cm)	PR 1 (%)	PR 2 (%)	PR 3 (%)	PE (cm)
R1	11	16	19	56	43	25	20	65	15	35
R2	13	17	14	60	40	16	40	55	5	29
R3	10	12	18	70	42	13	80	15	5	31
Ensayo ST										
R1	12	17	15	45	60	24	30	50	20	30
R2	11	18	16	40	50	20	15	65	20	28
R3	11	14	18	53	58	18	60	35	15	29

CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. EC: espesor capa de suelo; ELR: extensión lateral de raíces; PR: proporción de raíces; PE: profundidad efectiva; 1, 2 y 3: primera, segunda y tercera capa de suelo del perfil.

Los valores más elevados de extensión lateral alcanzados en R3 en la primera capa de suelo, se pudieran atribuir la mayor restricción en el suministro de agua al aplicar RDC, lo cual pudo favorecer que existiera en ciertos momentos del año, un menor humedecimiento en capas profundas del perfil, lo cual trae como consecuencia que las raíces tiendan a desarrollarse más superficialmente que en los otros tratamientos de riego, donde la lámina aplicada fue mayor (R1 y R2).

Con relación a la proporción de raíces en cada capa de suelo, se obtuvo la tendencia que las plantas bajo R3 ocuparon el mayor porcentaje de su sistema radical en la primera capa del perfil. El resto de los tratamientos de riego, presentaron proporciones más equilibradas en su proporción del sistema radical entre la primera y segunda capa de suelo, tal como ocurrió en el primer año de evaluación. Esta característica de encontrarse gran proporción de raíces en los primeros centímetros del suelo guarda relación con los factores estructurales y texturales del suelo bajo estudio (Cuadro 3), así como también al método de riego empleado, el cual tiende a concentrar la humedad en las capas superficiales del perfil.

En este sentido, Piza (1991) en un estudio en Sudáfrica en plantas de dos años de edad, cultivadas en un suelo arenoso derivado del granito, encontró que más del 50% de las raíces estaban en los primeros 30 cm de profundidad del suelo, mientras que alrededor del 80% de éstas se localizaban a una distancia menor de 50 cm de la base del tallo de la planta. Vale la pena destacar que estas condiciones edáficas son contrastantes con las que posee el área experimental de la presente investigación.

Por su parte, Araújo *et al.* (2006) señalan que el 80% del sistema radical se encuentra en los primeros 30 cm del suelo. Del mismo modo, indican que la máxima expansión del sistema radical se presentó a los 80 cm del tallo de la planta. Resultados similares a los planteados por estos autores se encontraron en la presente investigación, donde prácticamente el 100% del sistema radical se encontró en los primeros 30 a 35 cm del suelo y la máxima extensión lateral de raíces fue hallada a los 70 cm.

En cuanto a la penetración vertical del sistema radical en plantas de dos años de edad, se mantuvo la profundidad efectiva en valores similares a los del primer año de evaluación, estando alrededor de 30 a 35 cm, siendo ligeramente mayor en plantas bajo R1.

Malavolta *et al.* (1989) señalan que existe un desarrollo rápido de raíces entre los 220 y 300 días de edad de la planta. Del mismo modo, Borges *et al.* (2002b) refieren que ocurren tres fases de crecimiento radical: hasta los 220 días (7^{mo} mes) el crecimiento es lento, con una producción baja de materia seca; de 220 a 310 días (7^{mo} al 10^{mo} mes) ocurre la expansión del sistema radical y posteriormente el crecimiento se estabiliza. Los resultados encontrados en la presente investigación demuestran algunas condiciones más limitantes

que lo encontrado por Araújo *et al.* (2006), ya que más del 90% del sistema radical se encontró en los primeros 25 cm de suelo en el primer año y del 85 al 95% del sistema radical en los primeros 30 cm del suelo en plantas de dos años de edad.

Los mismos autores señalan que el sistema radical de la planta es superficial y poco profundo, donde el 60% de las raíces se encuentran en los primeros 30 cm del perfil del suelo. En cuanto a la extensión lateral, los autores indican que el 87% de las raíces se encuentran en los primeros 45 cm de la base del tallo.

VIII- Incidencia de *Fusarium*.

- Primer año

En toma de muestras de suelo en las unidades experimentales de ambos ensayos se obtuvieron aislamientos de *Fusarium oxysporium*, *Fusarium solani*, *Fusarium equiseti*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii*, siendo el primero y segundo de ellos los más frecuentes y con mayor incidencia sobre el cultivo. De esta manera, se confirmó la presencia de patógenos causantes de marchitamiento en plantas de parchita maracuyá.

Del mismo, modo fue aislada una cepa nativa de *Trichoderma* en el ensayo ST (lote donde no se había aplicado este hongo antagonista) por lo cual, se decidió hacer un ensayo preliminar sobre la capacidad antagónica de la cepa comercial (Triclo-Plus-A, elaborada en el Laboratorio Expertabiol de la Estación Experimental Experta, FAGRO-UCV) y la cepa nativa sobre los hongos encontrados en los aislamientos.

Para ello, se realizaron pruebas de enfrentamiento entre las cepas de *Trichoderma* y hongos patogénicos encontrados, evidenciando el poder de biocontrol mediante reacciones de invasión, antibiosis y lisis por parte de la cepa comercial sobre *Fusarium*; mientras que sobre *Rhizoctonia* dio mejor resultado la cepa nativa en su poder de biocontrol. Por su parte, en cuanto a *Sclerotium*, ambas cepas demostraron una buena capacidad de antagonismo.

Esto demostró que cada cepa de *Trichoderma* actúa en forma diferencial dependiendo del hongo patogénico considerado. En este sentido, sobre la base de estos resultados se decidió

la escogencia de la cepa comercial como elemento de manejo en el ensayo CT; realizando aplicaciones al suelo cada 15 días, habiendo protegido previamente a las plántulas que se establecieron en ese lote con aspersiones de una solución de esporas del hongo a concentración de 1×10^6 durante la fase de vivero. Por el contrario, en el ensayo ST las plantas no fueron tratadas con *Trichoderma* durante los dos años de experimentación en el campo.

Resultados similares fueron obtenidos por Suárez *et al.* (2008) en cuanto a la capacidad antagónica de cepas comerciales y nativas de *Trichoderma* sobre *F. solani* en el cultivo de parchita en Colombia bajo condiciones *in vitro*. Igualmente, Domínguez (2011) señala que frente al control de *Rhizoctonia* con diferentes cepas *Trichoderma*, todos los aislados produjeron metabolitos volátiles y no volátiles logrando disminuir el crecimiento *in vitro* del patógeno en 64 y 71%, respectivamente. Igualmente, observó micoparasitismo por penetración, enrollamiento, vacuolación y crecimiento paralelo de las hifas de *Trichoderma* sobre el patógeno.

A los efectos de la evaluación de incidencia de *Fusarium* sobre el cultivo, los resultados demostraron que a pesar de no haber diferencias estadísticas entre ensayos, para el primer año de investigación el porcentaje de incidencia de *Fusarium* fue menor en el ensayo CT comparado con el ensayo ST, con una reducción del 41% en la incidencia de la enfermedad sobre el cultivo. Esto confirma el efecto benéfico de la aplicación del hongo *Trichoderma*, el cual pudo disminuir la cantidad de plantas afectadas durante el primer ciclo de desarrollo del cultivo, comparado con el lote donde no se aplicó el hongo antagonista. En cuanto al factor riego, no hubo diferencias significativas ni una tendencia definida para este factor, por lo cual, el manejo del agua en RDC y 100% del requerimiento no favoreció expresión diferencial sobre la incidencia de enfermedades causadas por hongos patógenos en el cultivo (Cuadro 73).

No obstante, el manejo de la humedad del suelo pudiera ser un factor a considerar a la hora de prevenir posibles efectos de los hongos patógenos del suelo que causan marchitamiento del cultivo, especialmente *Fusarium* sp., *Phytophthora* sp. y *Rhizoctonia* sp. los cuales están señalados como responsables de afectar el sistema radical del cultivo y ser favorecidos por condiciones de excesos de agua en el suelo (Cubillos *et al.*, 2011).

Cuadro 73. Incidencia de *Fusarium* para primer año de establecimiento del cultivo de acuerdo al tipo de riego en ambos ensayos evaluados.

Factor	Nivel	Incidencia de <i>Fusarium</i> (% plantas enfermas)
Riego	R1	5,20
	R2	11,45
	R3	8,31
Ensayo	CT	4,86
	ST	11,8

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*.

En la Figura 6 se presentan los resultados de incidencia de *Fusarium* de acuerdo a su ocurrencia a lo largo del año. Igualmente, se aprecia que el aumento en la cantidad de plantas enfermas se correspondió con los periodos de mayor precipitación. De esta manera, se generan condiciones de excesiva humedad en el suelo que son las favorables para que los hongos patógenos hagan mayor daño en el sistema radical de la planta.

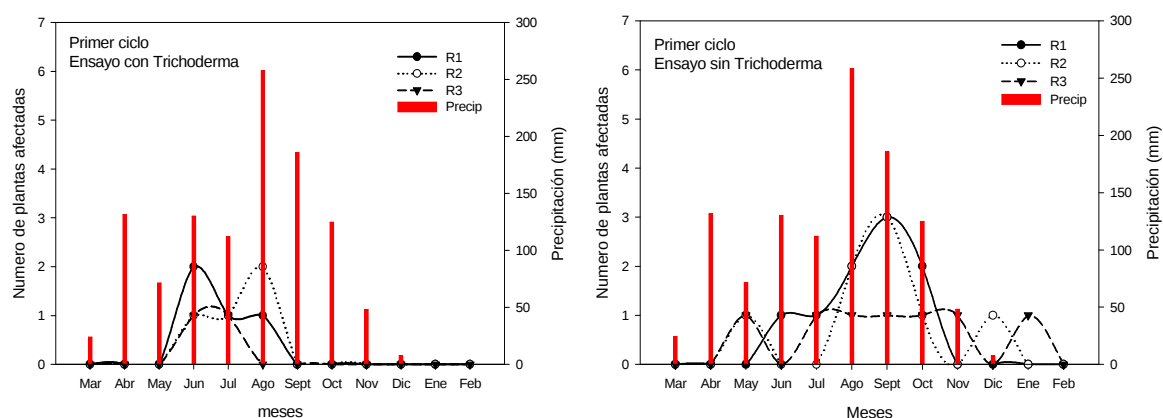


Figura 6. Incidencia de *Fusarium* durante el primer ciclo del cultivo en función de los riegos evaluados, en plantas de parchita maracuyá para ambos ensayos.

Del mismo modo, se distingue que la incidencia de *Fusarium* en el caso del ensayo CT posee un periodo mas corto que en el caso de las plantas del ensayo ST, ya que en este último caso la ocurrencia de la enfermedad es más amplia a lo largo del año. No obstante, no se observó una tendencia definida en cuanto al manejo del riego relacionado con la aparición de la enfermedad, estando mayormente condicionado aparentemente a la precipitación.

- Segundo año

Al observar los resultados en el año 2, el manejo del riego no afectó de manera estadísticamente significativa la incidencia de *Fusarium*. Es de hacer notar que los períodos de mayor incidencia fueron en los meses de abundante precipitación, donde el contenido de humedad del suelo pudo ser excesivo, existiendo condiciones de saturación que favorecen la expresión del hongo y su efecto sobre la planta. No obstante, el RDC fue aplicado justamente en periodos donde era plena época de precipitación y en esos meses, la incidencia de la enfermedad sobre el cultivo fue baja. A pesar de ello, es necesario dejar claro que cualquier labor cultural que conlleve a evitar excesos de humedad en la zona radical de este cultivo, pueden ser muy útiles dentro del manejo integrado de la enfermedad. Más recientemente, Aular y Casares (2011) proponen en el caso de los sistemas de producción en Venezuela, la rotación del hilo de siembra en la misma área cada 2 años como estrategia de manejo frente a la problemática de la enfermedad.

Por otro lado, las diferencias significativas de la incidencia de *Fusarium* entre ambos ensayos se debieron a la aplicación de *Trichoderma*. No obstante, el porcentaje de plantas enfermas aumentó en ambos ensayos con respecto al primer año de establecido el cultivo (Cuadro 74). Es de hacer notar que en el ensayo donde no se aplicó *Trichoderma* los porcentajes de incidencia fueron considerablemente superiores a los del ensayo donde si se aplicó el hongo antagonista como manejo al cultivo. De este modo, se observó el efecto benéfico del hongo antagonista sobre el control de hongos patógenos del suelo, especialmente sobre *Fusarium* sp.

Cuadro 74. Incidencia de *Fusarium* en plantas bajo ciclo anual y continuo durante el segundo año de evaluación.

Factor	Nivel	Incidencia de <i>Fusarium</i> (% plantas enfermas)
Riego	R1	27,08
	R2	26,03
	R3	27,08
Ensayo	CT	16,66 b
	ST	36,80 a
Ciclo	CA	21,60
	CC	29,86

R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%. CT: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo. Letras diferentes dentro de una misma columna para cada factor se corresponde con diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de medias de Waller-Duncan $\alpha=0.05$.

Con respecto al factor ciclo, a pesar de no haber diferencias estadísticas se observó una mayor incidencia de la enfermedad en plantas bajo ciclo continuo. De esta forma, se pone de manifiesto nuevamente la ventaja en la adopción del sistema de cultivo anual en comparación al ciclo continuo, en virtud que las plantaciones jóvenes tienden a ser menos afectadas por este hongo, aumentando la cantidad de plantas enfermas a medida que avanza el ciclo del cultivo.

Al respecto, Stefanova (1996) señala que el género *Trichoderma* posee buenas cualidades para el control de enfermedades en las plantas causadas por patógenos fúngicos, especialmente *Fusarium* y otros. El hongo actúa por medio de una combinación de competencia por nutrientes, producción de metabolitos antifúngicos, enzimas hidrolíticas, micoparasitismo, además de producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal.

La literatura reporta como agentes causales del marchitamiento a los hongos *Fusarium oxysporium* y *Fusarium solani*. No obstante, existen otros hongos capaces de desarrollar procesos de infección que afectan el sistema radical de las plantas de parchita, deteriorando los haces vasculares y por ende, el flujo normal de agua y nutrientes de las raíces hacia las partes aéreas de la planta, por lo cual comienzan a desarrollar los síntomas de marchitez. En ese sentido, Suarez *et al.* (2008) y Cubillos *et al.* (2011) señalan que la marchitez por *Fusarium* es la enfermedad que más ataca al cultivo de parchita maracuyá, la cual provoca

muerte prematura asociada a la obstrucción de los haces vasculares. La enfermedad se encuentra en todo el mundo y en los últimos años se señalan a *Phytophthora* sp y *Rhizoctonia* spp como patógenos asociados al síndrome.

Los resultados de la presente investigación indican que el uso de *Trichoderma* permitió mantener una mejor condición de tolerancia frente al afecto de los hongos patógenos del suelo en este cultivo, obteniendo plantas sanas por un mayor tiempo, comparado con el ensayo sin aplicar *Trichoderma*. No obstante, las condiciones ambientales y posibilidad de ocurrencia de excesos de humedad en el suelo pudieran también afectar la capacidad de sobrevivencia del hongo antagonista y su potencial de realizar control sobre los hongos causantes de daño radical.

Por su parte, Quiroga *et al.* (2012) señalan que aspersiones con *Trichoderma harzianum* en plántulas de parchita redujeron entre 50 a 75% el porcentaje de infección de *Fusarium* sobre el cultivo. Igualmente, proponen la pregerminación de semillas con *Trichoderma* como estrategia de manejo en este cultivo.

Resultados contrastantes fueron reportados por Fischer *et al.* (2010) quienes señalaron que la aplicación de *Trichoderma* cada 15 y 30 días no fue eficiente en el control de la enfermedad de pudrición del tallo causada por *Nectria haematococca*. Del mismo modo, tampoco lo fue con aplicación de fungicidas en el suelo. Esto implica que para esta enfermedad, el manejo debe ser integral, involucrando diferentes estrategias de combate para evitar su efecto perjudicial sobre el cultivo.

Al observar las Figuras 7 y 8 se distingue que la mayor incidencia en el marchitamiento ocurre en etapas avanzadas de la planta, siendo poco frecuente en plantas jóvenes, dado que la siembra del cultivo fue realizada en el mes de enero y la mayor incidencia de la enfermedad ocurrió en los meses de septiembre y octubre. En segundo lugar, se tiene que a partir de los periodos de abundantes precipitaciones (agosto y septiembre) es donde existe un incremento de la presencia de plantas enfermas por marchitamiento, esto asociado a los excesos de humedad del suelo provocados por las altas precipitaciones en esos meses del año. Al respecto, estos resultados son corroborados por Fischer *et al.*, (2010) quienes

señalan que la mayor incidencia de *Fusarium* es observada en plantas adultas, causando muerte prematura de las mismas.

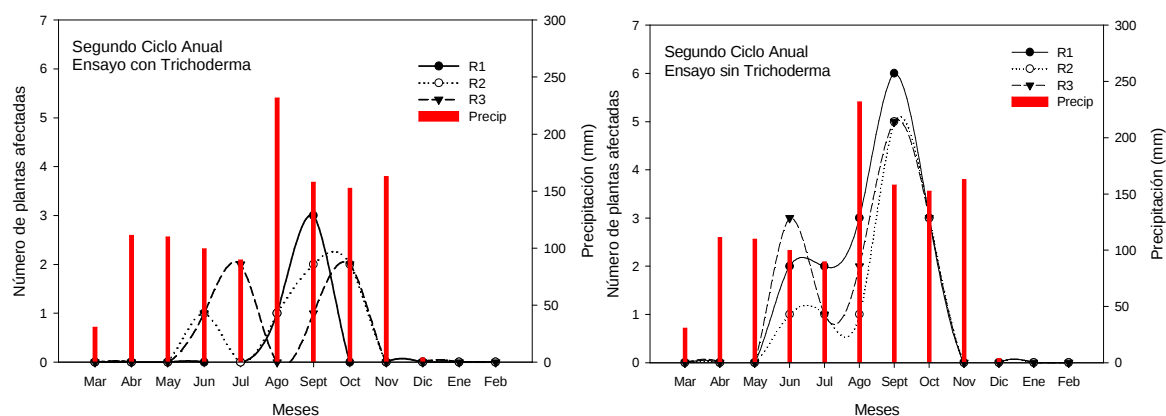


Figura 7. Incidencia de *Fusarium* durante el segundo ciclo anual en función de los riegos evaluados, en plantas de parchita maracuyá para ambos ensayos.

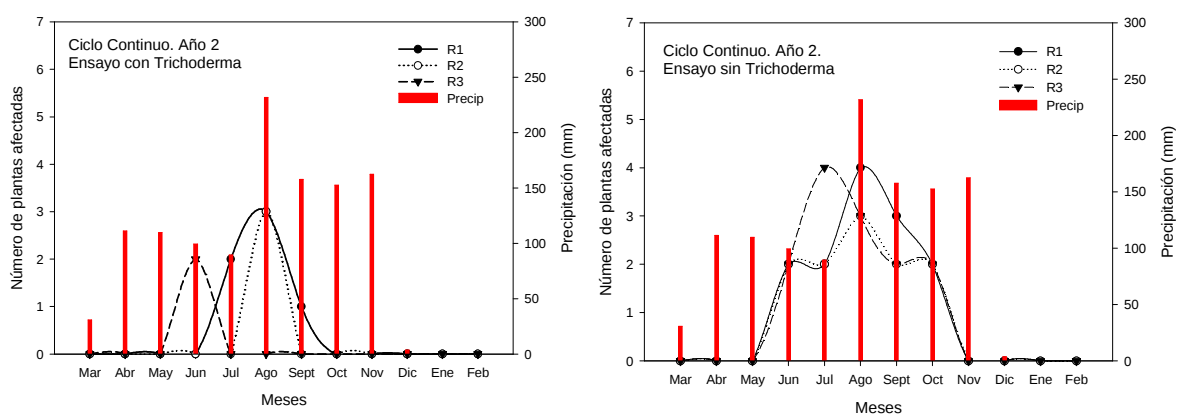


Figura. 8. Incidencia de *Fusarium* en plantas de ciclo continuo en función de los riegos evaluados para ambos ensayos durante el segundo año de cultivo.

Hay que señalar que para los efectos de la interpretación de la incidencia de hongos del suelo, se basó en el reconocimiento del síntoma en la parte aérea de la planta, confirmándose posteriormente en aquellas afectadas, los síntomas característicos de daño radical y coloraciones rojizas del tejido interno (en caso de *Fusarium*), daño hacia el cuello del tallo de la planta (*Phytophthora* sp.), pudrición seca de las raicillas (*Rhizoctonia* sp.) o húmedas (*Sclerotium* sp.), dependiendo del caso. Sin embargo, la mayor proporción de daños estuvo asociada al efecto de *Fusarium*, seguido por *Rhizoctonia* y *Phytophthora* con

menor proporción, en forma localizada y finalmente, en muy bajo porcentaje, daños por *Sclerotium*.

Por otra parte, el manejo del riego al igual que el en primer ciclo de producción, no presentó diferencias estadísticamente significativas, sin manifestar una tendencia definida de si el RDC pudiera disminuir la incidencia de la enfermedad al aplicar láminas de riego menores durante el ciclo del cultivo.

Es necesario destacar que la injertación con materiales tolerantes al *Fusarium* es otra alternativa para disminuir la incidencia del marchitamiento causado por hongos del suelo. Al respecto, diferentes investigaciones se han venido desarrollando en Brasil durante los últimos años. En este sentido, Cavichioli *et al.*, (2011) señalan a *Passiflora gibertii* usada como patrón en suelos altamente afectados por *Fusarium solani* y *Rotylenchulus reniformis*, donde la producción del cultivo de parchita era muy limitada, las plantas injertadas lograron sobrevivir 12 meses luego de la siembra, mostrando mayor tolerancia frente a los patógenos antes señalados.

Igualmente, en Brasil ha sido usada la injertación en el cultivo de parchita utilizando patrones con tolerancia o resistencia a *Fusarium* (Junqueira *et al.*, 2010; Molina, 2011; De Carvalho, 2011; Sobreira *et al.*, 2013) En este sentido, diferentes autores señalan el potencial de especies como *P. nitida*, *P. gibertii*, *P. maliformis*, *P. suberosa*, *P. alata* entre otras, las cuales tienen comportamientos adecuados frente a hongos causantes de marchitamiento en el cultivo (Fischer *et al.*, 2010; Junqueira *et al.*, 2010; Cavichioli *et al.*, 2011).

No obstante, en Venezuela desafortunadamente la forma comercial de propagar el cultivo es por semilla y no existen viveros que ofrezcan plantas injertadas de parchita en el país, por ser una labor poco común en este cultivo, quedando restringido a cultivos como cítricos, mango y aguacate fundamentalmente (Aular y Casares, 2011). De esta forma, la usencia de este recurso como práctica cultural en este cultivo, hace que se presenten graves problemas de enfermedades por hongos patogénicos que afectan el sistema radical, ocasionando menor producción y vida útil de las plantaciones en las regiones productoras.

IX-Análisis económico

Para establecer consideraciones económicas en cuanto al manejo de los factores evaluados en la investigación, tales como: cantidad de agua aplicada de acuerdo al RDC, establecimiento del sistema de producción en ciclo anual o continuo y uso de control biológico con *Trichoderma*; se procedió a realizar una estructura de costos para los ensayos CT y ST; donde hubo aplicación del hongo antagonista en el primer caso, mientras que en el segundo, no fue aplicado dicho organismo.

En el Cuadro 75 se presenta el resumen de los costos por partidas de acuerdo a lo desarrollado en campo, ajustado a la superficie de una hectárea, para de esta forma facilitar la interpretación de los resultados.

En cuanto al análisis de rentabilidad con base a la distinción entre lotes sembrados (con y sin *Trichoderma*), para el primer año de producción (2012) el precio que se pagaba la fruta a nivel de agricultor era de 10 Bs.kg⁻¹; por lo tanto, tomando el promedio del ensayo CT (13.000 kg.ha⁻¹) y ensayo ST (15.000 kg.ha⁻¹), la entrada bruta alcanzada fue 130.000 y 150.000 Bs.ha⁻¹, respectivamente. Al considerar los costos de producción y restarlo de la entrada bruta, la ganancia neta fue de 57.283 y 80.883 Bs.ha⁻¹ para ensayo CT y ST, respectivamente. Esto a su vez, generó una eficiencia del capital de 78,77 y 117,02% que en ambos casos, es muy buena relación como negocio agrícola.

La mayor rentabilidad y eficiencia del capital del ensayo ST está estrechamente relacionada a los factores menos limitantes para la expresión del potencial productivo encontrados en este lote experimental, en comparación a los presentes en el ensayo CT, donde mayores incidencias de enfermedades bacterianas junto con los problemas de orden edáfico anteriormente discutidos, ocasionaron que los rendimientos encontrados en esta área experimental fueran inferiores a lo esperado.

No obstante, la diferencia en cuanto al costo de producción por la adopción del control biológico con base a *Trichoderma*, es muy poca frente a los beneficios potenciales que representa su adopción en un sistema de producción. Por lo cual, a pesar de haber obtenido desde el punto de vista económico menos beneficio, se sugiere su adopción como parte

rutinaria en las siembras de este cultivo, más aún en zonas donde la incidencia de enfermedades causadas por hongos del suelo sea frecuente.

Cuadro 75. Estructura de costos para el primer y segundo año de producción (2012-2013) con base al establecimiento del cultivo en el área experimental.

Labor cultural (año 1)	Costo (Bs.ha ⁻¹)
Preparación de tierra: acondicionamiento del terreno y elaboración de camas y surcos de drenaje en el terreno	2.000
Elaboración de espalderas: incluye costos de postes de madera, alambre y mano de obra.	14.165
Fase de vivero: incluye costos de bandejas de 25 celdas, sustrato y manejo de mantenimiento durante 2,5 meses para una población de 1666 pl/ha.	3.332
Riego por goteo: incluye mangueras, cinta de goteo, bomba y sistema de filtros.	20.000
Siembra: incluye costos de tutores de madera, nylon y mano de obra.	3.100
Fertilización: incluye costos de fertilizantes hidrosolubles, edáficos y mano de obra en el caso de fertilizaciones incorporadas al suelo	3.100
Podas: incluye mano de obra	2.400
Control de insectos plagas: incluye costos de insecticidas, productos biológicos y jornales de aplicación.	3.730
Control de malezas: incluye costo de herbicidas y jornales de aplicación.	4.320
Control de enfermedades: incluye fungicidas y jornales de aplicación	2.570
Fertilización foliar: incluye costos de fertilizantes con microelementos y jornales de aplicación	1.900
Mantenimiento de espalderas: incluye mano de obra y materiales.	2.400
Cosecha: incluye costos de sacos y jornales	7.200 ¹
Total ensayo 2 (sin <i>Trichoderma</i>)	69.117
Aplicación de <i>Trichoderma</i> : incluye costo del producto (<i>Tricho-Plus-A</i>) y jornales de aplicación	3.600
Total ensayo 1 (con <i>Trichoderma</i>)	72.717

Año 2 (segundo ciclo anual)	Costo (Bs.ha ⁻¹)
Acondicionamiento del terreno: elaboración de camas y surcos de drenaje.	2.000
Mantenimiento de espalderas: incluye alambre y mano de obra.	2.500
Fase de vivero: incluye costos de bandejas de 25 celdas, sustrato y manejo de mantenimiento durante 2,5 meses para una población de 1666 pl/ha.	6.664

Siembra: incluye nylon y mano de obra.	700
Fertilización: incluye costos de fertilizantes hidrosolubles, edáficos y mano de obra en el caso de fertilizaciones incorporadas al suelo	4.610
Podas: incluye mano de obra	3.200
Control de insectos plagas: incluye costos de insecticidas, productos biológicos y jornales de aplicación.	2.440
Control de malezas: incluye costo de herbicidas y jornales de aplicación.	5.200
Control de enfermedades: incluye fungicidas y jornales de aplicación	2.500
Fertilización foliar: incluye costos de fertilizantes con microelementos y jornales de aplicación	2.250
Cosecha: incluye costos de sacos y jornales	9.600
Total ensayo 2 (sin <i>Trichoderma</i>)	41.664
Aplicación de <i>Trichoderma</i> : incluye costo del producto (<i>Tricho-Plus-A</i>) y jornales de aplicación	4.280
Total ensayo 1 (con <i>Trichoderma</i>)	46.524

Año 2 (ciclo continuo)	Costo Bs.ha⁻¹
Acondicionamiento del terreno: incluye mantenimiento de surcos de drenaje y jornales.	800
Fertilización: incluye costos de fertilizantes hidrosolubles, edáficos y mano de obra en el caso de fertilizaciones incorporadas al suelo	4.610
Podas: incluye mano de obra	600
Control de insectos plagas: incluye costos de insecticidas, productos biológicos y jornales de aplicación.	2.440
Control de malezas: incluye costo de herbicidas y jornales de aplicación.	5.200
Control de enfermedades: incluye fungicidas y jornales de aplicación	2.500
Fertilización foliar: incluye costos de fertilizantes con microelementos y jornales de aplicación	2.250
Cosecha: incluye costos de sacos y jornales	4.800
Total ensayo 2 (sin <i>Trichoderma</i>)	23.200
Aplicación de <i>Trichoderma</i> : incluye costo del producto (<i>Tricho-Plus-A</i>) y jornales de aplicación	2.700
Total ensayo 1 (con <i>Trichoderma</i>)	25.900

Tomando ahora los resultados obtenidos en el segundo año de evaluación del cultivo (2013), en el caso del segundo ciclo anual, los costos para el ensayo CT y ST fueron 46.524 y 41.664 Bs.ha⁻¹ respectivamente. En cuanto a la entrada bruta, el precio de la parchita

pagado a nivel de productor para ese año estuvo alrededor de 15 Bs.kg⁻¹, lo cual dado el rendimiento en cada ensayo (7.000 y 12.500 kg.ha⁻¹ para los ensayos CT y ST, respectivamente) arrojó una ganancia neta de 58.476 y 145.836 Bs.ha⁻¹.

Nuevamente, tal como sucedió en el primer año de evaluación, el rendimiento del ensayo ST fue superior al obtenido en el ensayo CT, demostrando las mejores cualidades de ese lote para la producción del cultivo. Esto queda evidenciado al calcular la eficiencia del capital, donde en el primer caso fue de 125,68% y en el segundo, 350,02%. Esto manifiesta un incremento sustancial con respecto al primer año de cultivo, lo cual puede ser atribuido a que no se incluyen para el segundo año los costos de establecimiento de espalderas y sistema de riego por goteo, ya que siguen siendo utilizados en el próximo ciclo. Esto se corrobora cuando a pesar que en ambos ensayos los rendimientos del año 2 fueron menores a los obtenidos en el primer año de establecido el cultivo, la rentabilidad del negocio para el segundo año fue considerablemente superior.

En el caso del ciclo continuo, para el segundo año de producción hubo un rendimiento promedio de 6.000 y 8.500 kg.ha⁻¹ para ensayo CT y ST respectivamente, bajo el mismo precio de 15 Bs.kg⁻¹ de fruta, se obtuvieron entradas netas de 90.000 y 127.000 Bs.ha⁻¹ y brutas de 121.383 y 185.183 Bs.ha⁻¹, generando eficiencias de capital en el orden de 247,49 y 449,57%. En este caso, aplican los criterios señalados anteriormente, al no considerar en la estructura de costo el establecimiento de espalderas e instalación del sistema de riego, sumado a que no se incluyen los costos de manejo las plántulas en vivero, ni siembra en campo, ya que las mismas continuaron su producción desde el primer ciclo, lo cual hace reducir los costos con respecto al primer año, así como los comparados con el segundo ciclo anual.

Al analizar los costos totales de producción y la rentabilidad obtenidos a lo largo de los dos años de evaluación, se pueden hacer algunas consideraciones tomando en cuenta el manejo en ciclo anual y continuo en ambos ensayos. En el Cuadro 76 se aprecia que los costos para el primer año de producción son más elevados, ya que se incluyen aquí el establecimiento de espalderas y adquisición de sistema de riego que hacen encarecer este aspecto. Lógicamente, es una inversión que se hace en el primer año, no obstante, queda para seguir

siendo usada en ciclos sucesivos. Por otra parte, desde el punto de vista de la rentabilidad, el ensayo ST fue mucho mejor que el ensayo CT.

Cuadro 76. Resumen de costos totales de producción y rentabilidad (ganancia neta) en función del manejo en ciclo anual y continuo para ambos ensayos en el cultivo de parchita.

Costos totales (Bs.ha⁻¹)						
	Año 1	Año 2 CA	Año 2 CC	Σ Ciclos anuales	Σ Ciclo continuo	CA - CC
Ensayo CT	72.717	46.524	25.900	119.241	98.617	20.624
Ensayo ST	69.117	41.664	23.200	110.781	92.317	18.464
Ganancia neta (Bs.ha⁻¹)						
	Año 1	Año 2 CA	Año 2 CC	Σ Ciclos anuales	Σ Ciclo continuo	CA - CC
Ensayo CT	57.283	58.476	64.100	115.759	121.383	- 5.624
Ensayo ST	80.883	145.836	104.300	226.719	185.183	41.536

CT: con aplicación de Trichoderma; ST: sin aplicación de Trichoderma; CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo

Considerando el segundo año de evaluación, comienza la distinción entre los manejos en ciclo anual y continuo, donde también existen variaciones de los costos entre ellos, siendo en ambos casos inferiores a los del primer año de establecido el cultivo. En este sentido, el ciclo continuo para el segundo año es el de menor costo en ambos ensayos, no obstante, si se considera la rentabilidad, se obtiene mayores ganancias con la producción del segundo ciclo anual, especialmente en el ensayo ST.

Sobre la base del ensayo ST, el cual presentó menores limitantes para el desarrollo del cultivo, se pudiera seguir comparando el factor manejo del ciclo, ya que ilustra mejor el posible comportamiento del cultivo en condiciones homogéneas y menos limitantes.

De esta manera, se observó que la sumatoria de la ganancia neta en los dos ciclos anuales fue superior a la obtenida considerando los dos años del ciclo continuo, lo cual hace ver que el manejo en ciclo anual puede representar una alternativa para aquellos agricultores en zonas donde la incidencia de los hongos que afectan al sistema radical del cultivo, causantes de marchitez y posterior muerte de las plantas, causan efectos notables en la continuidad de los ciclos de producción de este cultivo semiperenne.

El otro factor evaluado en la presente investigación fue el uso de riego deficitario controlado (RDC). Al respecto, en el Cuadro 77 se señala la rentabilidad obtenida de acuerdo al tipo de riego evaluado en ambos años de establecido el ensayo, tanto para ciclo anual como ciclo continuo. En todos los casos, el rendimiento y rentabilidad del ensayo ST fue superior al ensayo CT, esto debido a los factores de productividad anteriormente descritos.

En el caso del ensayo CT, el mayor rendimiento se obtuvo con el uso de R2 (RDC al 66% de la demanda hídrica en periodos críticos), mientras que para el ensayo ST, los valores de rendimiento entre R1 y R2 fueron muy similares en ambos años de evaluación. Esto hace pensar que la aplicación del RDC bajo el esquema de R2 no afecta en forma significativa el rendimiento del cultivo, por lo cual su aplicación hace un uso más eficiente del agua sin disminuir la productividad ni calidad de la fruta cosechada, siendo factible su adopción en este rubro para las condiciones en la cual se desarrolló la investigación.

Cuadro 77. Análisis de rentabilidad en función del tipo de riego suministrado al cultivo de parchita en ambos ensayos y durante los dos años de evaluación.

Ensayo	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)								
	Año 1			Año 2 ciclo anual (CA)			Año 2 ciclo continuo (CC)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
CT	12.976	13.709	11.787	5.654	7.203	6.206	6.258	6.544	5.084
ST	16.587	15.670	14.814	14.605	14.276	10.291	9.550	9.397	6.777
Ensayo	Ganancia neta (Bs.ha ⁻¹)								
	Año 1			Año 2 ciclo anual (CA)			Año 2 ciclo continuo (CC)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
CT	57.043	64.333	45.153	38.286	61.521	46.866	67.960	72.260	50.360
ST	96.470	87.583	79.023	177.411	172.476	112.601	120.050	117.755	78.455

CT: con aplicación de Trichoderma; ST: sin aplicación de Trichoderma; CA: ciclo anual; CC: ciclo continuo. R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%.

Del mismo modo, la adopción de R2 no representó gastos adicionales al riego aplicando lámina al 100% de la demanda hídrica (R1), razón por la cual su ejecución está sujeta solo a criterios técnicos en función de la fenología del cultivo y ajustes de láminas en periodos no

críticos de la planta. Tomando en consideración la rentabilidad total durante los dos años de evaluación de la experimentación, en el Cuadro 78 se presentan las ganancias netas sumando los dos ciclos anuales comparados con el rendimiento acumulado durante todo el ciclo continuo.

En este sentido, se observa que para el ensayo CT dada la mayor afectación en este lote de factores fitopatológicos y de condiciones de desarrollo del cultivo en el área experimental, hace que se presenten rentabilidades menores, ya que el rendimiento se vio afectado en forma notable. En este caso, la rentabilidad del ciclo continuo en el ensayo CT fue mayor a la del ciclo anual para todos los riegos estudiados. No obstante, para el ensayo ST, donde las condiciones fueron más homogéneas, se observó la ventaja del ciclo anual, permitiendo que bajo dicho esquema de manejo del cultivo, se obtuviera mayor rendimiento y mejor rentabilidad en cada uno de los riegos evaluados.

Cuadro 78. Rentabilidad acumulada durante los dos años de evaluación en ciclo anual y continuo para el cultivo de parchita maracuyá en función al riego deficitario controlado en ambos ensayos.

Ensayo	Ciclo anual (CA)			Ciclo continuo (CC)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
CT	95.329	125.854	92.019	125.013	136.596	95.513
ST	273.881	260.059	191.624	216.520	205.338	157.478

CT: con aplicación de Trichoderma; ST: sin aplicación de Trichoderma; R1: 100% dotación hídrica; R2: RDC 66%; R3: RDC 33%.

De esta forma, el manejo en ciclo anual puede representar una estrategia en el cultivo de parchita maracuyá que puede mejorar la eficiencia productiva del rubro, permitiendo obtener mayores rendimientos, adecuada calidad de fruta, sin afectar significativamente la estructura de costos y por ende, la rentabilidad o ganancia neta del agricultor.

En otro trabajo de evaluación económica del cultivo de parchita maracuyá, Badiz *et al.* (2011) señalan que los mayores costos operativos se corresponden con las labores mecanizadas (31,1%) y de mano de obra (23,5%). Para la región de Marília, São Paulo, evaluando los mismos indicadores que el presente trabajo de investigación, encontraron resultados desfavorables (valores negativos de ingreso neto, eficiencia del capital e índice de lucro), fundamentalmente debido al alto precio de los insumos y la necesidad de emplear

prácticas para el control de enfermedades costosas, especialmente a la incidencia de virosis en la zona. En su trabajo, los autores obtuvieron rendimientos de 20 t.ha⁻¹, siendo el punto de equilibrio 28,38 t.ha⁻¹ para obtener ganancia y rentabilidad.

Por su parte Hafle *et al.* (2010) estudiaron la rentabilidad económica del cultivo en la región de Lavras, Minas Gerais, Brasil; encontrando que el índice de rentabilidad osciló entre 0,89 a 1,37. Del mismo modo, Lima *et al.* (2009) analizaron la rentabilidad en seis polos productivos brasileiros, encontrando que el cultivo es rentable cuando la productividad es mayor a 19 t.ha.año⁻¹, por lo cual, sugieren para esas zonas aumentar el rendimiento por hectárea, así como minimizar los costos de producción. Igualmente, Motta *et al.* (2008) en el Municipio Maringá obtuvieron un rendimiento de 17 t.ha.año⁻¹ con lo cual se generó un índice de lucro de 41,83%.

Los resultados tan contrastantes encontrados en cada uno de estos estudios y en la presente investigación, hace necesaria la consideración de evaluaciones económicas detalladas de acuerdo a zonas específicas de producción, ya que los indicadores pueden variar por aspectos del manejo agronómico, costos de insumos y otros elementos de la estructura de costo, como por ejemplo, la mano de obra (familiar o jornales) de acuerdo al tipo de sistema de producción. Para garantizar un óptimo uso de los recursos y búsqueda de eficiencia económica y rentabilidad del cultivo, deben considerarse los indicadores aquí señalados para situaciones en particular de cada sistema de producción.

X- Relación entre la incidencia de *Fusarium*, el rendimiento y las variables edáficas.

Con la finalidad de poder explorar asociaciones entre las variables edáficas con el rendimiento y la incidencia de *Fusarium*, se procedió a realizar un análisis de componentes principales tomando en consideración las variables texturales y estructurales en cuanto a propiedades físicas del suelo se refiere, las asociadas a la fertilidad del suelo (macroelementos), el rendimiento e incidencia de *Fusarium* en cada unidad experimental durante los dos años de experimentación. En el Anexo 30 se presenta la matriz de correlación y probabilidad.

Este tipo de análisis surgió como necesidad de poder tener elementos de juicio que corroboren que el factor *Trichoderma*, no ocasionó disminución en el rendimiento del cultivo en el ensayo CT, sino que existieron otros condicionantes que afectaron el potencial productivo en dicho ensayo.

Para ello, en primer lugar se realizó un análisis de correlación entre todas las variables consideradas a fin de determinar el grado de asociación entre las mismas. Los resultados de dicho análisis arrojaron que existieron altas correlaciones entre las variables edáficas y el rendimiento, así como también ciertas variables de suelo con la incidencia de *Fusarium* en el área experimental (Anexo 30). Sin embargo, no existió correlación entre el rendimiento y la incidencia de *Fusarium*, por lo cual, se infiere que las variables edáficas son las que mayormente afectaron la expresión del rendimiento de las plantas bajo las condiciones de experimentación.

Por tal motivo, para determinar el peso de cada variable en la expresión del rendimiento, se realizó un análisis de componentes principales, donde se pudo constatar que los primeros 5 componentes explicaron el 52% de la variabilidad de los resultados (Anexo 31); lo cual es adecuado de acuerdo a Pla (1986) e Iezzoni y Pritts (1991), quienes señalan que valores superiores al 40% suelen ser suficientes para realizar análisis adecuados.

Seguidamente, se determinó mediante la consideración de los mayores autovalores en cada componente (Anexo 32) la definición de una nueva categorización de los mismos, en función de las variables que los definieron. De esta manera, los componentes quedaron bajo la siguiente clasificación:

Componente 1: contenido de arcilla del suelo

Componente 2: drenaje del suelo, asociado al alto contenido de arena y bajo contenido de limo.

Componente 3: fertilidad de suelo, asociado con el contenido de nutrimentos.

Componente 4: compactación del suelo, asociado al módulo de ruptura y densidad aparente.

Componente 5: porosidad del suelo o aireación, asociado al espacio poroso total.

Posteriormente, para determinar el grado de asociación de cada componente con respecto al rendimiento e incidencia de *Fusarium* en cada año, se realizó un análisis de regresión de acuerdo a los criterios sugeridos por SAS Institute Inc (1991) (Anexo 33).

De esta forma, se encontró que para el caso de la incidencia de *Fusarium* en el primer año no existió ningún componente asociado a esta variable. En cambio, durante el segundo año de evaluación, existió una regresión significativa resultando negativo el coeficiente del componente 2 (drenaje del suelo) con un valor de -0,3202. Con base a esto, se puede interpretar que mientras mayor sea el drenaje del suelo, menor será la incidencia de *Fusarium* sobre el cultivo, lo cual está ampliamente señalado por diferentes autores (Plotz, 2006; Suárez *et al.*, 2008; Fischer, 2010; Cubillos *et al.*, 2011; Junqueira *et al.*, 2012; Ortiz *et al.*, 2012) quienes indican que el *Fusarium* aumenta su patogenicidad en condiciones de mal drenaje, dado el incremento en los contenidos de humedad del suelo.

Por su parte, en cuanto al rendimiento se refiere, se obtuvo una regresión significativa para los componentes 1 (arcilla), componente 2 (drenaje) y componente 5 (porosidad). La regresión para el primer componente fue negativa, mientras que para el resto fue positiva, con valores de -0,3242; 0,2440 y 0,3985 respectivamente. De esta manera, la interpretación de estos resultados permite comprobar que suelos con menor contenido de arcilla ocasionan un menor rendimiento por planta, pudiendo estar esto asociado a que suelos con mayor contenido de arcilla se corresponden con incrementos en la capacidad de intercambio catiónico del mismo. Resultados similares fueron obtenidos por Basso (1999) en el Campo Experimental del Instituto de Agronomía FAGRO-UCV. La autora realizó una correlación entre componentes principales tomando variables edáficas con respecto a la producción de lechosa (*Carica papaya* L.), encontrando que mayores contenidos de arcilla en el suelo, estaban asociados a un mayor rendimiento del cultivo.

Con respecto al drenaje, dado los resultados obtenidos en el componente 2, se puede inferir que suelos con mayor drenaje son apropiados para que el cultivo pueda desarrollar un mejor potencial productivo, lo cual tiene que ver con la presencia de condiciones más favorables de humedad en el suelo para el desarrollo radical y a su vez, evitar condiciones adecuadas para el ataque de hongos patógenos que afectan al cultivo.

Del mismo modo, en cuanto a porosidad se refiere, dado la asociación con el componente 5, los suelos con mayor espacio poroso total y porosidad de aireación provocan una mejor condición de aireación, favoreciendo el drenaje adecuado y con ello un mayor rendimiento del cultivo.

Por tales razones, la selección de suelos que posean atributos favorables en cuanto a las características señaladas anteriormente, son importantes considerar a la hora de planificar el establecimiento en campo de este cultivo, a fin de obtener un buen potencial productivo, incorporando además las prácticas de manejo agronómico necesarias para tal fin.

De esta forma, los menores rendimientos obtenidos en el ensayo con *Trichoderma* (CT) con respecto al ensayo sin aplicación del hongo antagonista (ensayo ST) pueden estar asociados mayormente a la variabilidad de suelos presente en el área experimental y a la presencia de variables edáficas con mayor grado de limitación para el óptimo rendimiento del cultivo. Adicionalmente, esto corrobora que la aplicación de *Trichoderma* actuó adecuadamente para disminuir la incidencia de *Fusarium* en dicho ensayo, no obstante, las limitaciones de carácter edáfico en esa área experimental fueron las que incidieron en forma determinante para obtener disminución en el potencial productivo.

Dados estos resultados, se desarrollará un breve análisis de la incidencia de las propiedades físicas del suelo, caracterizando los valores encontrados en las evaluaciones realizadas en el área experimental.

Propiedades físicas del suelo

Los resultados del análisis textural para cada capa de suelo se observan en el Cuadro 78, donde se aprecia el predominio de texturas francas en buena parte del área experimental. No obstante, por haber observado con anterioridad en ensayos previos la ocurrencia de procesos de sellado superficial y tendencia a baja infiltración y escurrimiento del agua de riego, se procedió a realizar el fraccionamiento de arenas en las muestras tomadas para DTP, a los fines de poder tener una mejor visión de la presencia de partículas finas en el suelo, tales como arenas finas (af) y arenas muy finas (amf) las cuales poseen un radio similar al limo, y pueden comportarse como tal en los procesos de humedecimiento del suelo (Pagliai *et al.*, 1989).

Se puede apreciar que en el lote con *Trichoderma* se presentó menor cantidad de horizontes clasificados como franco-arenosos (15 en esa área experimental), igualmente hay una mayor variabilidad de texturas que van de franco hasta franco-arcillo-arenoso. Esto guarda mucha relación con la poca infiltración de agua y favorecimiento de la escorrentía y exceso de humedad.

Cuadro 79. Clasificación textural de los tres horizontes muestreados en campo para cada unidad experimental en ambos ensayos.

Ensayo CT							
Profundidad (cm)				Profundidad (cm)			
UE	0-12	13-25	26-39	UE	0-12	13-25	26-39
1	F	F	F	13	FaA	F	F
2	FA	F	F	14	FA	FA	FA
3	F	FA	F	15	FA	FA	FA
4	F	F	Fl	16	F	F	F
5	F	F	F	17	FA	F	F
6	F	FA	F	18	Fl	F	F
7	FA	F	FA	19	F	F	F
8	F	F	FA	20	F	F	F
9	F	F	F	21	F	Fl	F
10	FA	F	Fa	22	F	F	F
11	F	FA	F	23	F	F	F
12	F	F	F	24	F	F	F
Ensayo ST							
UE	0-12	13-25	26-39	UE	0-12	13-25	26-39
25	F	F	F	37	F	F	F
26	F	F	F	38	F	F	F
27	F	F	F	39	FA	FA	FA
28	FA	FA	FA	40	FA	FA	FA
29	F	F	F	41	F	F	F
30	F	F	F	42	F	F	FA
31	F	F	F	43	FA	FA	FA
32	F	FA	F	44	FA	FA	FA
33	F	F	F	45	FA	FA	F
34	F	F	F	46	FA	FA	FA
35	F	F	F	47	Fa	FA	FA
36	F	FA	F	48	FA	FA	FA

Ct: con aplicación de *Trichoderma*; ST: sin aplicación de *Trichoderma*; UE: inidad experimental; F: franco; FA: franco arenoso; Fa: franco arcilloso; FaA: franco arcillo arenoso; Fl: franco limoso

Esta variabilidad en las características de granulometría y textura del suelo juegan un papel importante en el desarrollo del cultivo, la dinámica de agua en el suelo y el generar posibles condiciones idóneas para el ataque de hongos patogénicos que afectan notablemente a este cultivo en su sistema radical. Es así como existen contrastes texturales en 12 perfiles correspondientes a parcelas del ensayo CT (50% del área experimental del ensayo con *Trichoderma*); mientras que en el ensayo ST, las características del perfil desde el punto de vista textural son más homogéneas, presentando solo 4 perfiles con diferencias de textura en profundidad, de los 24 que esta área experimental.

Por otra parte, en el ensayo con *Trichoderma* se presentaron tendencias a encontrar mayor proporción de partículas de arcilla y mayor cantidad de arenas finas y muy finas (Cuadro 79) comparado con el ensayo sin *Trichoderma*, donde había mas homogeneidad en las texturas encontradas y la mayor proporción de horizontes franco-arenosos (29 en el área experimental) que tienen la característica de mayor infiltración y retención de humedad en el perfil del suelo.

Cuadro 80. Promedio de la granulometría de partículas finas del suelo en ambos ensayos de las 24 unidades experimentales muestreadas en ambos lotes.

Ensayo	Arcilla ($< 2 \mu\text{m}$)	Limo ($50-2 \mu\text{m}$)	Arena muy fina ($100-50 \mu\text{m}$)	Arena fina ($250-100 \mu\text{m}$)	Arena media ($500-250 \mu\text{m}$)
CT	12,30	39,72	25,95	17,76	4,65
ST	10,19	40,10	23,18	14,43	5,73

CT: con aplicación de *Trichoderma*. ST: sin aplicación de *Trichoderma*

Es así como en unidades experimentales donde la proporción de amf y af fue mayor, se evidenció menor infiltración del agua en el suelo, exceso de humedad superficial en el fondo del surco y escurrimiento del agua del camellón donde se encontraban sembradas las plantas, lo cual a su vez puede afectar el sistema radical, por encontrar menor cantidad de oxígeno dado el mal drenaje o favorecer contenidos de humedad apropiados para el desarrollo de hongos patogénicos del suelo, que inciden notablemente el cultivo de parchita, fundamentalmente *Fusarium*, causante de marchitez y muerte de las plantas.

En este sentido, Malavolta *et al.* (1989) y Fischer (2010) señalan que dada la sensibilidad del cultivo de parchita al mal drenaje, las plantas no toleran periodos largos de encharcamiento, ya que los suelos pesados no drenan fácilmente y mantienen saturación con agua proveniente de lluvia o riego, favoreciendo el desarrollo de hongos del suelo que ocasionan pudrición de las raíces o debilidad en la planta.

Al respecto, Rivera *et al.* (2008) indican que la profundidad efectiva, el perfil, la textura estructura y drenaje natural influyen directamente en el desarrollo del cultivo de parchita maracuyá, siendo determinantes para su éxito. Del mismo modo, señalan que son plantas susceptibles al mal drenaje o condiciones de hipoxia en el suelo, teniendo baja tolerancia al encharcamiento. Por otra parte, los autores indican que el drenaje limitado y el exceso de humedad favorecen el desarrollo de enfermedades radicales causadas por *Fusarium*, por lo que suelos con texturas pesadas obligan a la construcción de drenajes superficiales y camellones para la siembra.

Labores culturales como conformación de camas o camellones para la siembra de las plantas, así como el establecimiento de una correcta red de drenaje en el campo, para eliminar los excedentes de agua en épocas de precipitación, fueron prácticas diseñadas en toda el área experimental. Sin embargo, las características limitantes texturales del suelo al presentar alta proporción de partículas finas, afectaron en algunas parcelas la expresión del cultivo en cuanto a desarrollo, productividad e incidencia de enfermedades del suelo, razón por la cual la selección de suelos en cuanto a sus características físicas, es de suma importancia para determinar la factibilidad de establecer este cultivo.

En cuanto a la densidad aparente (D_a), en líneas generales se obtuvieron valores relacionados con la textura del suelo de acuerdo a la clasificación propuesta por Soil Survey Staff (1996) quienes señalan para las clases texturales franca y franco limosa, densidades aparentes de 1,40 a 1,55 $Mg.m^{-3}$. Por su parte, para texturas franco arenosas señalan valores entre 1,55 a 1,60 $Mg.m^{-3}$.

El mismo autor señala valores críticos para el inicio de restricción radicular de acuerdo a la familia textural del suelo, donde densidades aparentes de 1,60 $Mg.m^{-3}$ para texturas francas finas o limosas gruesa (las cuales fueron en su mayoría encontradas en el suelo estudiado)

comienzan a presentar algún grado de limitación para el desarrollo de raíces de los cultivos en general. Como se presentó en el Cuadro 3, algunas capas de suelo en el perfil presentaron valores superiores al señalado anteriormente, lo cual pudiera representar cierta restricción para el desarrollo del sistema radical del cultivo.

La densidad aparente en la primera capa de suelo osciló entre 1,45 a 1,56 Mg.m⁻³, aumentando los valores hacia la segunda capa de suelo, lo cual pudiera afectar el crecimiento de las raíces en el perfil. Esto es debido al carácter de formación aluvial de los suelos del Campo Experimental, donde es frecuente los procesos de desbordamiento de los ríos y deposición de sedimentos de distinta granulometría que van dando conformación textural diferenciada en el perfil (Ostos, 1993).

En cuanto al EPT y EP>15µm se observa que los primeros no presentan valores limitantes en ambos ensayos, estando alrededor de 45%, se observa la tendencia esperada que a medida que aumenta la porosidad del suelo, ocurre un descenso en la densidad aparente. Rawls *et al.*, (1991) señalan para familias texturales franco arenosa, franca y franco limosos valores de EPT entre 45,5 a 50,1% los cuales se corresponden con los encontrados en la presente investigación. No obstante, al considerar el espacio poroso de aireación, el cual ofrece la proporción de poros que pueden ser llenados por aire, los valores oscilaron entre 5 y 10 % para cada capa de suelo. En este sentido, dicho rango es señalado por Pla (1983) como asociado a moderado desarrollo de raíces, mientras que valores superiores a 10 son considerados adecuados para un buen desarrollo radical. De esta forma, se presenta algún grado de limitación en cuanto a la capacidad de drenaje del suelo y aireación del mismo en el perfil.

Con relación al movimiento vertical del agua en el perfil, la conductividad hidráulica saturada presentó valores señalados como bajos tanto en la primera como segunda capa de suelo en ambos ensayos, mejorando dichos valores en el tercer estrato del perfil por presentar texturas más livianas, que hacen mejorar la infiltración. Valores mayores a 10 cm.h⁻¹ son referidos por Pla (1983) como de alta infiltración o movimiento de agua en el perfil, los cuales solo se acercaron a dichos valores en la tercera capa de suelos del ensayo ST.

Para el caso del módulo de ruptura, el cual es una medida de la cohesión en seco del suelo, esta variable tiene que ver con la resistencia que puede ofrecer el suelo a ser penetrado por las raíces del cultivo. En términos generales, se observaron valores considerados como poco limitantes para el caso de plantas *Magnoliopsidae* (dicotiledoneas) de acuerdo a lo propuesto por Dexter (1986) quien señala valores limitantes superiores a 300 kPa. Sin embargo, el aumento en los valores de MR de la primera a la segunda capa de suelo puede sugerir posibles discontinuidades litológicas que favorezcan la restricción en el desarrollo radical del cultivo, así como cambios en la tortuosidad y continuidad de los poros, que pueden afectar el movimiento del agua en el perfil (Pagliai *et al.*, 1989). Rodríguez (2006) señala que este tipo de capas contrastantes en cuanto a textura y MR pueden afectar en el caso de Musáceas, el desarrollo de raíces en sentido vertical y el cambio de geometría de los poros puede alterar el movimiento del agua en el perfil del suelo.

Para el ensayo CT, en cuanto al módulo de ruptura se observó la tendencia al aumento de dicha variable de la primera a la segunda capa de suelo, mientras que en el ensayo 2, la tendencia es diferente, donde los valores más altos están en superficie, disminuyendo progresivamente en la profundidad del perfil. De esta forma, se puede inferir que en cuanto a las propiedades físicas del suelo, existen diferencias contrastantes entre ambos ensayos, presentándose en el caso del área experimental con *Trichoderma*, unas condiciones más limitantes para el desarrollo del cultivo en cuanto al crecimiento radical y generando exceso de humedad en superficie y baja tasa de infiltración, lo que pudiera favorecer condiciones predisponentes para la mayor incidencia de microorganismos patogénicos en el cultivo. Por su parte, la limitante en la penetración de agua hacia capas más profundas del suelo, puede relacionarse con posibles efectos sobre la disponibilidad de nutrientes y la menor eficiencia en la toma de estos por parte del sistema radical.

Los contrastes en el perfil de las propiedades físicas entre las dos primeras capas de suelo y la variabilidad textural es considerablemente menor en el ensayo ST, comparado con el ensayo CT, por lo cual, se asocian mejores condiciones para el desarrollo del cultivo en el área experimental donde no se aplicó el hongo antagonista.

CONCLUSIONES

El manejo del cultivo de parchita en ciclo anual representa una alternativa viable en sistemas de producción que presenten alta incidencia de hongos patogénicos del suelo causantes de marchitamiento del cultivo, obteniendo mayor rendimiento y mejores atributos en calidad de la fruta, comparado con el manejo en ciclo continuo.

El riego deficitario controlado (RDC) en sus dos niveles evaluados (66 y 33% de Eto) no ejerció efectos desfavorables en el desarrollo, fisiología de la planta, aspectos nutricionales del cultivo y calidad de fruta, por lo cual puede ser recomendado en este cultivo, en virtud de hacer un uso más eficiente del agua de riego.

El RDC aplicando el 66% de la Eto en fases fenológicas no críticas, representa una estrategia eficiente de manejo del recurso hídrico desde el punto de vista productivo, sin correr riesgo de generar efectos desfavorables al cultivo. De esta manera, se mantiene un estatus hídrico adecuado de la planta y no se generan posibles excesos de humedad del suelo que puedan favorecer la incidencia de hongos patogénicos que afecten al cultivo.

El uso de *Trichoderma harzianum* permitió disminuir la incidencia de *Fusarium* spp y otros hongos causantes de marchitamiento del cultivo, los cuales afectan notablemente la longevidad de la plantación y limitan el potencial de rendimiento en los sistemas de producción en Venezuela.

El RDC no ejerció un efecto determinante en la expresión del potencial antagónico de *Trichoderma harzianum*, por lo cual, ambos factores actuaron en forma independiente, en cuanto a las variables evaluadas en la planta.

El patrón de distribución de raíces bajo las condiciones de estudio fue superficial, logrando profundidades efectivas menores a 35 cm en el perfil, con alrededor del 90% del sistema radical en los primeros 25 cm del suelo. Igualmente, la extensión lateral de raíces no superó los 70 cm de longitud.

La variabilidad espacial de suelo en ciertas características tales como: bajo contenido de arcilla, baja conductividad hidráulica saturada, bajos valores de espacio poroso de aireación,

generaron efectos desfavorables en el rendimiento del cultivo, por lo tanto, su diagnóstico es necesario considerarlo a la hora del establecimiento del mismo y tomar en cuenta posibles estrategias de manejo ante tales limitantes.

La estructura de costos y análisis económico permitieron demostrar que el manejo en ciclo anual, uso de riego deficitario controlado y *Trichoderma harzianum* como hongo antagonista, representan tecnologías económicamente viables y eficientemente productivas que pudieran ser usadas como referenciales tecnológicos innovadores en este cultivo.

RECOMENDACIONES

Las variables fisiológicas y nutricionales evaluadas en la presente investigación permiten un monitoreo de aspectos funcionales de la planta en respuesta al estrés hídrico, los cuales pueden ser tomados en consideración en estudios de ecofisiología de estrés, para su evaluación y posterior validación en este cultivo.

La evaluación de manejos al cultivo que integren prácticas culturales tales como: uso de riego localizado, determinación de láminas adecuadas de riego, elaboración de redes de drenaje, posibilidad de uso de patrones resistentes a *Fusarium* sp mediante injertación, siembra del cultivo en camas, evitar daños mecánicos en el sistema radical, uso de controladores biológicos de plagas y enfermedades, representan alternativas tecnológicas eficientes y sustentables para ser incluidas en los referenciales tecnológicos de este cultivo y validadas en diferentes zonas agroecológicas de producción del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, M. 2008. Uso de la termometría infraroja para evaluación de estrés hídrico en el cultivo de lechosa (*Carica papaya* L). Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 76 p.
- Aguilar, C.; R. Martínez. 1986. Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Universidad Autónoma de Chapingo. 126 p.
- Alencar, C. 2000. Consumo de água do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.). Tese de Maestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 49 p.
- Alfano, G.; M. Lewis; C. Cakir; I. Bos; S. Miller; V. Madden; S. Kamoun; J. Hoiting. 2007. Systemic modulation of gene expression in tomato by *Trichoderma hamatum* 382. *Phytopathology* 97:429-437.
- Al-Yahyai, R.; B. Schaffer; F. Davies. 2003. Monitoring water content for irrigation scheduling in a carambola orchard in a gravelly limestone soil. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 116:37-41.
- Al-Yahyai, R.; B. Schaffer; F. Davies. 2005a. Physiological responses of carambola trees to soil water depletion. *HortScience* 40(7):2145-2150.
- Al-Yahyai, R.; B. Schaffer; F. Davies; J. Crane. 2005b. Four levels of soil water depletion minimally affect carambola phenological cycles. *HortTechnology* 15(3):623-630
- Anconelli, S.; A. Battiliani. 2000. Use of leaf temperatura to evaluate grapevine (*Vitis vinifera*) yield and quality response to irrigation. *Acta Hort.* 537:407-413.
- Araújo, T. 2005. Evapotranspiração e coeficiente de maracujazeiros determinados pelo método do balanço de radiação e lisimetria de pesagem hidráulica. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 187 p.

Araújo, T.; M. Folegatti; C. Da Silva; J. Alves; A. De Matos. 2006. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do maracujazeiro amarelo conduzido sob duas orientações de plantio. Irriga. 11(1):90-106.

Arcia, A.; L. Bautista. 2009. Control biológico en cultivos con hongos antagonistas y entomopatógenos. Ediciones CITECI. Caracas, Venezuela. 64 p.

Ascencio. J. 1985. Determinación del área foliar en plantas de caraota (*Phaseollus vulgaris* L.), Yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ) y Batata (*Ipomoea batata* (L.) POIR) utilizando dimensiones lineales y de peso seco de las hojas. Turrialba. 35 (1):55-64.

Aular, J. 2002. Cosecha y postcosecha de Pasifloras. En: Memorias de la Primera Reunión Venezolana sobre Investigación y Producción de Pasifloras. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Lara, Venezuela. pp 31-35.

Aular, J. 2005. Análisis de la producción de parchita y otras pasifloras en Venezuela. En: Memorias II Curso de Actualización de Conocimientos en Fruticultura. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Postgrado de Horticultura. Cabudare, Lara. pp 2-10.

Aular, J; E. Rojas. 1994. Influencia del nitrógeno sobre el crecimiento y la producción de parchita (*Passiflora edulis* Sims). Agron. Trop. 44(1):121-134.

Aular, J; M. Casares. 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. Rev. Bras. Fruticultura. Jaboticabal. 33(esp1):187-198

Aular, J; Y. Rodríguez. 2003. Algunas características físicas y químicas de cuatro especies de pasifloras. Bioagro (Ven). 15(1):41-46

Avilán, L.; F. Leal; D. Bautista. 1992. Manual de Fruticultura. Principios y prácticas de producción. Editorial América. pp. 989-1019.

Azcón-Bieto, J.; M. Talón. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Ediciones Universidad de Barcelona/McGraw-Hill. Madrid, España. 515 p.

Badiz, F.; A. Martins; M. Esperancini; A. Vidal; F. Okamoto. 2011. Custo de produção do maracujazeiro-amarelo. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. Volume Especial E. 441-446.

Bailey, B.; H. Bae; M. Strem; D. Roberts; S. Thomas; J. Grozier; G. Samuels; I. Choi; K. Holmes. 2006. Fungal and plant gene expression during that colonization of cacao seedling by endophytic isolates of four *Trichoderma* species. Planta (Berlin) 224:1449-1464.

Basso, C. 1999. Efecto del nitrógeno y el potasio sobre el desarrollo, rendimiento y calidad del fruto de lechosa (*Carica papaya* L.) tipo “Solo” en un suelo de la Cuenca del Lago de Valencia. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis Doctoral. 147 p.

Bautista, D. 2002. Producción de Pasifloras en la región Sur del Lago de Maracaibo. En: Memorias Primera Reunión Venezolana sobre Investigación y Producción de Pasifloras. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. pp. 43-44.

Begg, J; N. Turner. 1970. Water potential gradients in filed tobacco. Plant Physiol. 46:343-349

Bernacci, L.; N. Vilela; I. Da Silva; L. Molina. 2008. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite yellow passion fruit (and others colors). Rev. Bras. Frutic. 30(2):566-576.

Blanco, F; M. Folegatti. 2005. Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. Sci. Agri. (Piracicaba, Braz). 62(4):305-309

Böhm, W. 1979. Methods of studying root system (Ecological studies).- Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, Alemania. 188 p.

Borges, A.; B. Van Rajj; A. Fonseca; A. Bernardi; A. Lima. 2002a. Nutrição mineral, calagen e adubação do maracujazeiro irrigado. Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA. 8 p.

- Borges, A.; R. Correa; A. Lima; I. Almeida. 2002b. Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo, e na produtividade do maracujazeiro amarelo. Rev. Bras. Frutic. 24(1):208-213.
- Bowers, F.; R. Dedolph. 1959. A preliminary report of pruning of passion fruit. Hawaii Farm Science (Honolulu). 7(4):6-8.
- Buchanan, B.; W. Gruisem; R. Jones. 2000. Biochemistry & Molecular biology of plants. American Society of Plants Physiologists. United States of America. 1343 p.
- Cadahía, C. 1998. Fertilización en riego por goteo en cultivos hortícolas. Ed. ERT. Madrid, España. pp. 88-130.
- Cadahía, C. 2005. Fertilización, cultivos hortícolas y ornamentales. 3^{ra} edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 473 p.
- Cadahía, C. 2008. La savia como índice de fertilización. Cultivos agroenergéticos, hortícolas, ornamentales y frutales. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 256 p.
- Casierra-Posada, F; H. Roa. 2007. Efecto del deficit 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, C. 2001. Guía básica para el establecimiento y mantenimiento de la granadilla. Asociación Hortofrutícola de Colombia (ASOHOFRUCOL). Bogota, Colombia. 23 p.
- Castro, F; E. Campostrini; A. Torres-Netto; L. Hespanhol. 2011. Relationship between photochemical efficiency (JIP-Test paramaters) and portable chlorophyll meter Reading in papaya plants. Braz. Plant. Physiol. 23:295-304.
- Cavichioli, J.; C. Ruggiero; C. Volpe. 2008. Caracterização físico-química de frutos de maracujazeiro-amaerlo submetidos á iluminação artificial, irrigação e sombreamento. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 30(3):649-656.

Cavichioli, J.; L. Corrêa; M. García; 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. Jaboticabal*. 33(2):567-574.

CEAGESP. 2001. Classificação do maracujá. Centro de Qualidade em Horticultura. Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortoagrícolas. pp 17-21.

Chai, Q; Y. Gan; C. Zhao; H-L. Xu; R. Waskon; Y. Niu; K. Siddique. 2015. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 36(1): 338-359.

Chalmers, D.J. 1986. Research and progress in cultural systems and managements in temperate fruit orchards. *Acta Hort.* 175:215-225.

Chalmers, D.J.; P. Mitchell; P. Jerie. 1985. The relation between irrigation, growth and productivity of peach trees. *Acta Hort.* 173:283-288.

Chalmers, D.J; P. Mitchell; L. Van Heek. 1981. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply tree density and summer pruning. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 106:307-312.

Chet, I.; N. Benhamou; S. Haran. 1998. Mycoparasitism and lytic enzymes. In: G. Harman and C. Kubicek (Eds). *Trichoderma and Gliocladium*. Vol 2. Taylor and Francis, London, UK. pp. 153-172.

Choné, X.; C. Van Leeuwen; D. Dubourdieu; J.P. Gaudillères. 2001. Stem water potential as indicator of grapevine water status. *Ann. Bot.* 87:477-483.

Cisneros, R. 2003. Riego y Drenaje. Centro de Investigación y Estudios de Posgrado. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Potosí, México. 164 p.

Clemente, E.; J. Bastos; C. Meneguetti. 2003. Influência da poda de fructificação na produtividade e nas características físico-químicas do fruto do maracujazeiro amarelo. Rev. Guairacá. 19:7-13

Cochram, W y G. Cox. 1990. Diseños Experimentales. 2^{da} edición. Editorial Trillas. 653 p.

Coimbra, K.; J. Peixoto; M. De Sousa; N. Junqueira. 2012. Productividade e qualidade de frutos de progênies de maracujazeiro-azedo cultivados no distrito federal. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 34(49):1121-1128.

Contador, P.; R. De Aguiar; N. Colauto; T. Sera; C. Vieira. 2012. Produção e características qualitativas dos frutos de híbridos de maracujazeiro-amarelo. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 34(4):1113-1120.

Cordeiro, A.; D. Martins; P. Monnerat; B. Salassier; J. Da Silva. 2001. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro amarelo associadas a estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 23(2):403-408.

Cordeiro, A.; P. Monnerat; D. Martins; B. Solassier; J. Da Silva. 2002. Teores foliares de nutrientes no maracujazeiro amarelo em função de adubação nitrogenada, irrigação e épocas de amostragem. Scientia agrícola. 59(1):121-127.

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.

Costa, A; F. Alves; Costa, A.N. 2005. Plantio, formação y manejo da cultura do maracujá. In: Costa, A; Costa, A.N. (Eds). Tecnologias para a produção de maracujá. Vitória, INCAPER. Brasil. pp. 23-53

Cubillos, J; J. Páez; L. Mejía. 2011. Evaluación de la capacidad controladora de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium solani* (Mart) Sacc. Asociado al complejo secadera en maracuyá en condiciones de invernadero. Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín. 64(1):5821-5830.

Da Cunha, D; C. Prata. 1999. Nematóides do maracujá e seu controle. En: O cultivo do maracujá. Embrapa Mandioca y Fruticultura. Lima, A (Ed). Circular Técnica 35. pp 74-77.

Dat, J; N. Capelli; H. Folzer; B. Pascale; P. Badot. 2004. Sensing and signalling during plant flooding. *Plant Physiology and Biochemistry*. 42:273-282.

Davies, W; S. Wilkinson; B. Loveys. 2002. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist*. 153:449-460.

De Carvalho, M; O. Okiyoshi; J. Peixoto; N. Tadeu; M. Alves. 2011. Enxertia de progenies de maracujazeiro-roxo australiano em espécies nativas. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal*. 31(3):823-830.

De Lima, R. 2004. Evapotranspiração e coeficientes de cultura em dois ciclos de produção do maracujazeiro amarelo. Universidade de São Paulo. Escola Superior da agricultura “Luiz de Queiroz”. Título Mestre em Agronomia. 116 p.

De Sousa, V.; M. Folegatti; J. Frizzzone; T. Dias; S. Boanerges; J. Albuquerque; E. Batista. 2008. Níveis de irrigação e dossis de potásio sobre os teores foliares de nutrientes do maracujazeiro amarelo. *Rev. Bras. Eng. Agric. Ambiental*. 12(1):41-46.

Dexter, A. 1986. Model experiment on behavior of root all interface between a tilled seed-bed and compactation sub-soil. Effects of seed bed aggregate size and subsoil strenght on wheat root. *Plant and Soil*. 95:123-133.

Diddier, C. 2001. Growing passion fruit. *Tropical Fruits Newsletter*. 38-39:24-27.

Domingo, R.; M.C. Ruiz-Sanchez; M.J. Sánchez-Blanco; A. Torrecillas. 1996. Water relations, growth and yield of Fino lemon trees under regulated deficit irrigation. *Irrig. Sci* 16:115-123.

Dominguez, C. 2011. Caracterización y evaluación de aislados de *Trichoderma* spp. para el control de la pudrición basal de la lechuga causada por *Rhizoctonia* spp., en la zona agrícola de Timotes, estado Mérida. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía UCV. 76 p.

Dorado, D; L. Rios. 2009. Manejo del riego y fertilización del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) en el Sur del Valle del Cauca. En: Miranda, D.; G, Fischer; C. Carranza; S. Magnitskiy; F. Cassierra-Posada; W. Piedrahíta y L. Florez (eds.) Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. pp 45-67.

Emekli, Y.; R. Bastug; D. Buyuktas; N. Emekli. 2007. Evaluation of a crop waters stress index for irrigation scheduling of bermudagrass. *Agric. Water Manag.* 90:205-112.

Falconi-Borja, C. 1999. Enfermedades, plagas, malezas y nematodos fitopatógenos en Ecuador. Centro Diagnóstico de Control Biológico. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. 123 p.

FAO. 2002. Deficit irrigation practices. Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp. 1-3.

Faria, L. 2009. Produção na entressafra do maracujazeiro-amarelo irrigado em diferentes ambientes de cultivo. Universidade Federal de Lavras. Tese de Maestrado. 46 p.

Fernández, G; M. Melgarejo; 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. Hort.* 8(2):206-216.

Ferreira, L.; T. Dias; S. Cabral; I. Lucena; G. Da Silva; F. Rodrigues. 2005. Desenvolvimento e produção do maracujazeiro IAC 273/277+275 em função do número de ramos principais por planta. *Agropecuária Técnica.* 26(2):109-116.

Ferreira, R.; G. Sellés; I. Sellés. 2001. Riego Deficitario controlado en uva de mesa. Estrategias de riego para enfrentar situaciones de escasez de agua en frutales. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Santiago de Chile, Chile. 44 p.

Ferreira, R.; G. Selles; P. Maldonado; J. Celedon; P. Gil. 2007. Efecto del clima, características de la hoja y la metodología de medición en el potencial hídrico xilemático en palto (*Persea americana* Mill). *Agricultura Técnica (Chile).* 62(2):182-188.

Ferreira, R.; G. Selles; R. Ruiz; I. Selles. 2002. Efecto del estrés hídrico aplicado en distintos periodos de desarrollo de la vid var. Chardonnay en la producción y calidad del vino. *Simiente* 72(3-4):102-103.

Fischer, G. 2000. Efecto de las condiciones en precosecha sobre la calidad de los frutos. *Rev. Comalfi*. 27(1-2):39-50.

Fischer, G. 2005. Aspectos de la fisiología aplicada de los frutales promisorios en cultivo y poscosecha. *Rev. Comalfi*. 32(1):22-34.

Fischer, G. 2010. Condiciones ambientales que afectan el desarrollo y calidad de las pasifloráceas. En: *Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Passiflora*. Colombia. pp 10-22.

Fischer, G.; F. Casierri-Posada; W. Piedrahíta. 2009. Ecofisiología de las especies pasifloráceas cultivadas en Colombia. En: Miranda, D.; G. Fischer; C. Carranza; S. Magnitskiy; F. Casierri-Posada; W. Piedrahíta y L. Florez (eds.) *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracujá, granadilla, gulupa y curuba*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. pp. 45-67.

Fischer, I.; A. Marques; M. Fileti; R. Marques; M. De Arruda; C. Bueno. 2010. Avaliação de passifloras, fungicidas e trichoderma para o manejo da podridão-do-colo do maracujazeiro causada por *Nectria haematococca*. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal*. 32(3):709-717.

Fitter, A.; R. Hay. 2002. *Environmental physiology of plants*. Academic Press. Third edition. London, UK. 358 p.

Freitas, P. 1987. Possibilidades farmacológicas. En: Maracujá. C. Ruggiero (Ed). Editora Legis Summa. Brasil. pp. 210-217.

Gachanja, S.; A. Gurnah. 1980. Pruning and trellising purple passion fruit 1. Yields and seasonal trends. *J. of Hortic. Sci. (Londres)*. 55(4):345-349.

García, C.; O. Nunes; C. Da Silva; J. De Oliveira. 2013. Avaliação agronômica de parentais e híbridos de maracujazeiro-amarelo. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 35(1):191-198.

García, M. 2002. Cultivo de maracuyá amarillo. Guía Técnica. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Salvador, El Salvador. 33 p.

García, Y; J. Rivero; J. Brito. 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.

Gardner, B; D. Nielsen; C. Shock. 1992. Infrared thermometry and the crop water stress II. Sampling procedures and interpretation. J. Prod. Agric. 5(4):233-240.

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.

Geremia, R.; G. Goldman; D. Jacobs; W. Ardiles; S. Vila; M. Van Montagu; A. Herrera-Estrella. 1993. Molecular characterization of the proteinase-encoding gene, *prb 1*, related to mycoparasitism by *Trichoderma harzianum*. Molec. Microbiol. 8:603-613.

Goodwin, I; M. Boland. 2002. Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency. In: Deficit irrigation practice. FAO. Roma, Italia. pp. 67-78.

Granadillo, D.; J. Valdez. 1973. Estudio agrológico detallado de una zona ubicada entre los campos experimentales del CIA (MAC) y de la Facultad de Agronomía (UCV). Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Trabajo Especial. Mimeografiado. 38 p.

Gurnah, A.; Gachanja, S. 1984. Spacing and pruning of purple passion fruit. Trop. Agric. 61(2):143-147.

- Haddad, O.; Millán, C. 1975. La parchita maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). Boletín Técnico N° 2. Fondo de Desarrollo Frutícola. Caracas, Venezuela. pp. 13-14.
- Hafle, O. 2009. Crescimento vegetativo, rendimento y qualidade dos frutos de maracujazeiro-amarelo sob diferentes formas de condução e poda de renovação. Tese de Doutorado. 72 p.
- Hafle, O; T. Ramos; S. Araújo; V. Mendonça. 2011. Rentabilidade econômica do cultivo do maracujazeiro-amarelo sob diferentes podas de formação. Rev. Brasil. Fruticultura Jaboticabal. 32(4):1088-2010
- Hagg, H.; G. Oliveira; A. Bordichi; J. Sarruge. 1973. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracuyá. An. Es. Sup. Agr. "Luis de Queiroz". Universidade de São Paulo (piracicaba). 30: 267-279.
- Hanson, B.; S. Orloff; D. Peters. 2000. Monitoring soil moisture helps refine irrigation managment. California Agriculture. 54(3):38-42.
- Harman, G; M. Shores. 2007. The mechanisms and applications of opportunistic plant symbionts. In: M. Vurro and J. Gressel (Eds). Novel Biotechnologies for biocontrol agent enhancement and management. Springer, Amsterdam. The Netherlands. pp. 131-153.
- Harman, G. 2000. Myths and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Dis. 84:377-393.
- Harman, G.; C. Howell; A. Viterbo; I. Chet; M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Rev. Microbiol. 2:43-56.
- Harman, G.; T. Björkman; K. Ondik; M. Shores. 2008. Changing paradigms on the mode of action and uses of *Trichoderma* spp for biocontrol. In: Outlooks on Pest Management. 6 p.
- Heldt, H.W.; F. Heldt. 2005. Plant Biochemistry. Elsevier Academic Press. London, UK. 595 p.

Hirt, H; K. Shinozaki. 2004. Plant response to abiotic stress. Springer-Verlag Edition. Berlin, Alemania. 320 p.

Howell, C.R. 1998. The role of antibiosis in biocontrol. In: G. Harman and C. Kubicek (Eds). *Trichoderma* and *Gliocladium*. Vol 2. Taylor and Francis. London, UK. pp. 173-184.

Idso, S. 1982. Non-water-stressed baselines: A key to measuring and interpreting plant water stress. *Agric. Meteorol.* 27:59-70.

Idso, S; R. Jackson; G. Reicosky; J. Hatfield. 1981. Determining soil-induced plant water potential depressions in alfalfa by means of infrared thermometry. *Agron. J.* 73:826-830.

Iezzoni, A y M. Pritis. 1991. Applications of principal component analysis to horticultural research. *HortScience* 26(4):334-338.

Israelsen, O.; V. Hansen. 1985. Principios y aplicaciones del riego. Editorial Reverté. 395 p.

Jackson, R.D.; R. Reginato; S. Idso. 1977. Wheat canopy temperatures as a crop water stress indicator. *Water Resour. Res.* 13:651-656.

Jackson, R.D.; S. Idso; R. Reginato; P. Pinter. 1981. Canopy temperatures as a crop water stress indicator. *Water Resour. Res.* 17:1133-1138.

Jiménez, M.A; A. Arcia; D. Ulacio; A. Hernández. 2012. Evaluación de *Trichoderma* spp. y Acibenzolar-S-Metil (Bion®) como inductores de resistencia a la pudrición blanca *Sclerotium cepivorum* Berk. en ajo (*Allium sativum* L) bajo condiciones de campo. *Journal of the Selva Andina Research Society.* 3(1):14-25.

Jones, H. 1990. Physiological aspects of the control of water status in horticultural crops. *HortScience.* 25(1):19-25.

Junqueira, N.; E. Carvalho; K. Pereira; F. Gelape; G. Bellon; M. Fideles. 2010. Características físico-químicas e produtividade de acessos de *Passiflora nitida* Kunth procedentes do centro-norte do Brasil. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal.* 32(3):791-797.

Junqueira, N; F. Faleiro; K. Pereira; L. Pereira. J. Peixoto. 2012. Avanços no manejo integrado de doenças na cultura do maracujazeiro no Brasil. En: Melgarejo, M (Ed). Ecofisiología del cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia., Bogotá. pp. 71-84.

Kirda, C. 2002. Deficit irrigation scheduling bases on plant growth stages showing water stress tolerance. In: Deficit irrigation Practices. FAO. Roma, Italia. pp. 4-10.

Koetz, M. 2006. Maracujazeiro-amarelo: cultivo protegido e natural, irrigação e adubação potássica. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, Brasil. 119 p.

Lampinen, B.; A. Kenneth; S. Shakel; M. Southwick; W. Olson. 2001. Deficit irrigation strategies using midday stem water potential in prune. Irrigation Science. 23:183-189.

León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3^{ra} edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. pp. 135-139.

Lima, A. 1999. O cultivo do maracujá. Embrapa Mandioca y Fruticultura. Circular Técnica 35. 130 p.

Lima, M; M. Azevedo; D, Santos. 2009. Comparativo da rentabilidade da produção de maracujá em seis polos no Brasil. Revista Inovação, Gestão e Produção. 1(5):54-69

Lobo, F.A; M. Oliva; M. Resende; N. Fernández; M. Maestri. 2004. Infrared thermometry to schedule irrigation of common bean. Pesq. Agrop. Bras. Brasilia. 39(2):113-121.

López, R; R. Arteaga; M. Vásquez; I. López; I. Sánchez. 2009. Índice de estrés hídrico como indicador del momento de riego en cultivos agrícolas. Agric. Téc. Mex. 35(1):97-111.

Lozano, M; L. Roza; N. Ruiz; L. Quiroga; L. Sandoval. 2008. Manual del manejo preventivo de la secadera (*Fusarium* sp) en el cultivo de maracuyá. Corpoica. Huila, Colombia. pp. 25-31.

- Lucas, A. 2002. Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) a lâminas de irrigação e doses de adubação potássica. Tese de Maestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 88 p.
- Machado, E.; J. De Oliveira; C. Ruggiero. 2012. Florescimento e frutificação do maracujazeiro Silvestre (*Passiflora setacea*) cultivado em Jaboticabal. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 34(2):377-381.
- Maciel, N.; D. Bautista; J. Aular. 1994. Crecimiento, desarrollo y arquitectura de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 38:133-138.
- Malavolta, E. 1994. Nutrición y fertilización del maracuyá. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Quito, Ecuador. 52 p.
- Malavolta, E.; G. Vitti; S. Oliveira. 1989. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios y aplicações. Piracicaba:POTAFOS. 201 p.
- Maldonado, I.; C. Quezada; L. León; L. Márquez. 2006. Programación del riego en remolacha azucarera mediante el método de evaporación de bandeja y el modelo Penman-Monteith. Cien. Ing. Agr. 33(3):237-246.
- Manica, I. 1981. Fruticultura Tropical. Maracujá. Editora Agronômica CERES. São Paulo, Brasil. 151 p.
- Marques, M.; R. Bonomo; D. De Sena; R. Rodrigues; V. Ragagnin. 2009. Produção do maracujazeiro amarelo em condições de sequeiro e irrigado em Jataí, GO. Rev. Bras. Agric. Irrigada. 3(1):13-21.
- Marra, R.; P. Ambrosino; V. Carbone; F. Finale; L. Wo; M. Ruocco; R. Ciliento; S. Lanzuise; S. Ferraioli; I. Sorrente; D. Turra; V. Fogliano; F. Scala; M. Lorito. 2006. Study of the three-way interaction between *Trichoderma atroviride*, plant and fungal pathogens using a proteoma approach. Curr. Genet. 50:307-321.

Martín de Santa Olalla, F.; J. De Juan. 1993. *Agronomía del Riego*. Ediciones Mundi-Prensa. 731 p.

Martins, D.; A. Carvalho; S. Bernardo; P. Monnerat. 1998. Produtividade do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg.) em função das lâminas totais de água. In: *Memorias Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Poços de Caldas, Brasil. pp 27-32.

Massai, R.; D. Remorini; F. Casula. 2001. Leaf temperature measured on peach trees growing in different climatic and soil water conditions. *Acta Hort.* 537:399-406.

McCarthy, M.G.; B.R. Loveys; P.R Dry; M. Stoll. 2002. Regulated deficit irrigation and partial root zone drying as irrigation management techniques for grapevine. In: *Deficit irrigation practices*. FAO. Roma, Italia. pp. 79-87.

Melo, C.; R. Naves. 2006. Maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) no Estado de Goiás: aspectos relativos à fenologia, demanda hídrica, fitossanidade e qualidade dos frutos. In: *Congresso de pesquisa ensino e extensão da UFG-COMPEEX*. Goiânia, UFG. pp. 186-188.

Menzel, C.; D. Simpson. 1994. Passionfruit. In: *Handbook of environmental physiology of fruits crops*. Vol II: Sub-tropical and tropical crops. B. Shaffer and P. Andersen (Eds). CRC Press. Inc. USA. Pp. 225-241.

Menzel, C.; D. Simpson; A. Dowling. 1986. Water relation in passionfruit: effect of moisture stress on growth, flowering and nutrient uptake. *Scientia Hort.* 29:239-249.

Merino, J; C. Basso; M. Barrios; 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. (UCV)*. 41(1):9-18

Miranda, D. 2009. Manejo Integral del cultivo de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss). En: Miranda, D.; G, Fischer; C. Carranza; S. Magnitskiy; F. Cassierra-Posada; W. Piedrahíta y L. Florez (eds.) *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia*:

maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas, Bogotá. Pp. 121-128.

Molina, L. 2011. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. Volume Especial E:83-91.

Motta, I; F. Cunha; J. Sena; E. Clemente; R. Caldas. R. Lorenzetti. 2008. Análise econômica de produção do maracujazeiro-amarelo em sistema orgânico e convencional. Ciência e Agrotecnologia. 32(6):1927-1934.

Moutonnet, P. 2002. Yield response factors of field crops to deficit irrigation. In: Deficit irrigation practices. FAO. Roma, Italia. pp. 11-15.

MPPAT. 2010. Ministerio del Poder Polular para Agricultura y Tierras. Estadísticas de producción del sector agrícola vegetal. Dirección Nacional de Estadística.

Nakasone, H; Paull, R. 1998. Tropical fruits. CAB International. Wallinford, UK. pp. 76-89.

Naor, A. 2000. Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. Acta Hort 537: 447-454.

Nobel, P. 2008. Physicochemical and environmental plant physiology. Elsevier Academic Press. Fourt edition. Oxford, UK. 571 p.

Oliveira, A.; E. Coelho; V. Sousa; A. Borges. 2002. Irrigação e Fertirrigação. Em: Maracujá produção: aspectos técnicos. Lima, A (Ed). Brasilia, Embrapa. pp. 49-56.

Oliveira, H.J. 2006. Incidencia e manejo do virus do endurecimento dos frutos (PWV) no Estado de Minas Gerais. In: Sampaio, A.C; Fumis, T; Rossi, A; Almeida, A; García, M: (Eds). Manejo no controle do virus do endurecimento dos frutos (PWV) do maracujazeiro. Jaboticabal: Multipress. pp. 37-46

Ortiz, E; L. Hoyos-Carvajal. 2012. Descripción de la sintomatología asociada a fusariosis y comparación con otras enfermedades en Gulupa (*Passiflora edulis* Sims) en la región del Sumapaz (Colombia). Rev. Colomb. Cienc. Hort. 6(1):110-116.

Ortúzar, J.; P. Carmona; J. Quintero; A. Póvez. 2002. Efecto del riego deficitario controlado sobre el comportamiento postcosecha de mandarinas 'Clemenules' y naranjas 'Newhall'. Simiente 72(3-4):49-50.

Ostos, A. 1993. Diagnóstico de las propiedades del suelo que afectan el desarrollo de plantas cítricas en el lote E sector este del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía UCV. Tesis de Grado. 76 p.

Pagliai, M; B. Pezzarussa; M. Manzzone; E. Bonari. 1989. Effects of tillage on porosity and macroporosity of loam soil. Soil Technology. 2:345-358.

Pérez, A. 2001. Estudio agronómico y fisiológico del albaricoquero en condiciones de infradotación hídrica. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Colombia. pp 3-31.

Pérez, D. 2002. Producción de Passifloras en la Región Central del país. En: Memorias primera reunión venezolana sobre investigación y producción de pasifloras. Barquisimeto, Venezuela. 73 p.

Pérez, L; M. Melgarejo. 2012. Caracterización ecofisiológica de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) bajo tres condiciones ambientales del departamento de Cundinamarca. En: Melgarejo, M (Ed). Ecofisiología del cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia. pp. 11-32.

Pérez, L; M. Melgarejo. 2015. Photosynthetic performance and leaf water potential of gulupa (*Passiflora edulis* Sims) in the reproductive phase in three locations in the Colombian Andes. Acta Biol. Colomb. 20(1):183-194.

Piza, C. 1991. A cultura do maracujá. Secretaria Agricultura e Abastecimento. Campinas, Brasil. 71 p.

Pla, I. 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos, en condiciones tropicales. Rev. Fac. Agr. Alcance N° 32. 91 p.

Pla, L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Instituto Interamericano de Estadística. Secretaria General de la OEA. Washington DC. USA. 89 p.

Ploetz, R. 2006. Fusarium induced diseases of tropical perennial crops. Phytopathology 96(6):648-652.

Pocasangre, L; R. Menjivar; A. Felde; A. Rivero; F. Rosales; R. Sikora. 2006. Hongos endofíticos como agentes de control de fitonemátodos en banano. En: Memorias XVII Reunión Internacional Acorbat. Joinville, Brasil. pp. 249-254.

Quiroga, L; N. Ruiz; G. Muñoz; M. Lozano. 2012 Microorganismos rizosféricos, potenciales antagonistas de Fusarium sp causante de la pudrición radicular de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims). Acta Agronómica (Colombia). 61(3):265-272

Rawls, W. T. Gish; D. Brankensiek. 1991. Estimating soil water retention from soil physical properties and characteristic. Advances in Soil Science. 16:213-234.

Reina, C; S. Parra; R. Sánchez. 1999. Manejo poscosecha y evaluación de la calidad de maracuyá (*Passiflora edulis*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Universidad Surcolombiana. 117 p.

Rezende, J. 2006. Práticas culturais para prevenção e convivência com as viroses do maracujazeiro. In: Sampaio, A; T. Fumis; A. Almeida; M. García (Eds). Manejo no controle do virus do endurecimento dos frutos (PWV). Jaboticabal Multipress. Jaboticabal, Brasil. pp. 47-58.

Rivera, B.; D. Miranda; L. Avila; A. Nieto. 2008. Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) Editorial Litoas. Manizales, Colombia. 63 p.

Roa, D. 2011. Exigencias del mercado de la parchita maracuyá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) en los estados Aragua y Carabobo. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 32 p.

Roa, S. 2002. La producción de pasifloras en la Región Andina. En: Memorias primera reunión venezolana sobre la investigación y producción de pasifloras. Barquisimeto, Venezuela. 73 p.

Rodrigues, A; M. Coelho; E. Ferreira; D. Rossini; V. Machado; G. Carvalho; E. Santana. 2010. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima acida. Pesq. Agropec. Brasília. 45(10):1141-1148.

Rodríguez, G. 2006. Desarrollo y distribución de raíces de diez clones de musáceas y su relación con las propiedades de un suelo de la Cuenca del Lago de Valencia. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 118 p.

Rosendo, Y.; Y. Terán. 2002. Sistema de conducción y fundación de la plantación. En: Memorias primera reunión venezolana sobre investigación y producción de Passifloras. pp. 15-18.

Ruggiero, C. 1980. Cultura do maracujazeiro. FCAVJ. UNESP. Jaboticabal, Brasil. 147 p.

Salisbury, F.; C. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, S.A de C.V. México, D.F. pp. 29-48.

Sampaio, A.; N. Scudeller; T. Fumis; A. Marques; R. Nakasato; M. De Marchi; M. Pallamin. 2008. Manejo cultural do maracujazeiro-amarelo em ciclo anual visando à convivência com o vírus do endurecimento dos frutos:um estudo de caso. Rev. Bras. Frutic. (Jaboticabal). 30(2):343-347.

Santos, H.; C. Ferreira; Z. Maciel. 1999. Doenças causadas por fungos en bacterias. En: O cultivo do maracujá. Embrapa Mandioca y Fruticultura. Lima, A (Ed). Circular Técnica 35. pp. 78-92.

Santos, L.; T. Valero; M. Picornell; J. Tarjuelo. 2010. El riego y sus tecnologías. Centro Regional de estudios del agua. Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete, España. 296 p.

Sarro, M; C, Cadahía; O, carpena. 1985. Balance iónico en savia como índice de nutrición del tomate. Nueva metodología aplicada *in situ*. Anal. Edaf. Y Agrobiología. pp 799-812.

SAS Institute Inc. 1991. System for regression. Second edition. Cary, NC, USA. SAS Institute. 210 p.

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

Sikora, R.; L. Pocasangre. 2006. The concept of a suppressive banana plant: root helth management with a biological approach. En: Memorias XVII Reunión Internacional Acorbat. Joinville, Brasil. pp. 241- 248

Silva, A.; A. Klar. 2002. Demanda hídrica do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg). Irriga 7(3):185-190.

Silva, T. J.A. da.; M. Folegatti; C. Da Silva, J. Alves;R. de Matos. 2006. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do maracujazeiro amarelo conduzido sob duas orientações de plantio. Irriga 11(1):90-106.

Sobreira, R; J. Lopes; A. Tadeu; B. Horst; W. Campos. 2013. Metodologia de minienxertia en maracujazeiros. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal. 35(1):329-332.

Soil Survey Staff. 1996. Keys to soil taxonomy. 6th Ed. US Gov. Print. Office. Washington DC. 129 p.

Sousa, J.; L. Meletti. 1997. Maracujá: Espécies, variedades, cultivo. Piracicaba: ESALQ. 179 p.

Souza, V. 2000. Níveis de irrigação e doses de potássio aplicadas via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg). Tese de

Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 178 p.

Souza, V; M. Foleggatti; J. Frizzzone; T. Dias; B. Albuquerque; E. Batista. 2008. Níveis de irrigação e doses de potássio sobre os teores foliares de nutrientes do maracujazeiro amarelo. Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient. 12(1):41-46.

Staveley, K y Wolstenholme, C. 1990. Effects of water stress on growth and flowering of *Passiflora edulis* (Sims) grafted to *P. Caurelea*. Acta Horticulture. 275:551-558.

Stefanova, N. 1996. Aplicación de *Trichoderma* spp como antagonista de hongos fitopatógenos. La Habana. Instituto de Sanidad Vegetal. 28 p.

Suarez, C; R. Fernández; N. Valero; R. Gómez; A. Páez. 2008. Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium solani* (Mart.)Sacc, asociado a la marchitez en maracuyá. Rev. Colomb. Biotecnol. 10(2):31-43.

Suárez, Z. 2004. Informe final resumido Proyecto MIP Frutales Andinos. Maracay, Venezuela. Mimeografiado. pp. 4-10.

Tadeu, A. 2002. Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var *flavicarpa* Deg) a lâminas de irrigação e doses de adubação potássica. Universidade de São Paulo. Escola Superior da Agricultura “Luiz de Queiroz”. Título Mestre em Agronomia. pp 35-66.

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

Thaiz, L; E. Zeigr. 2010. Plant Physiology. 5^a ed. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, MA. pp. 150-199.

Tomaz, H. 2006. Composição mineral de folhas com e sem pecíolos em três posições nos ramos ao longo de doze meses em maracujazeiro amarelo. Tese de Mestre. Universidade Federal de Viçosa. 76 p.

Torrecillas, A.; M.C. Ruiz-Sánchez; F. Del Amor; A. León. 1998. Seasonal variations on water relation of *Amygdalus communis* L. under drip irrigated and non-irrigated conditions. Plant and Soil 106:215-220.

Turner, N. 1988. Measurements of plant water status by the pressure chamber technique. Irrig. Sci. 9:289-308.

Urdaneta, T; F. Araujo; L. Lugo. 2003. Estudio comparativo sobre dos métodos para estimar potencial hídrico en el cultivo del guayabo (*Psidium guajava* L.) en la Planicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 20(1):1-9

Villarreal, D. 2011. Efecto de la humedad del suelo sobre el diferencial térmico cultivo-ambiente en parchita (*Passiflora edulis* Sims). Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 35 p.

Wample, R.L.; R. Smithyman. 2002. Regulated deficit irrigation as a water management strategy in *Vitis vinifera* production. In: Deficit irrigation practices. FAO. Roma, Italia. pp. 89-100.

Watson D.P; F. Bowers. 1965. Long days produce flowers on passion fruit. Hawai Sci. 14(2):3-5.

Yuki, V.; F. Mizote; N. Narita; H. Hojo; M. Delfino; D. Oliveira. 2006. Epidemiologia do virus do endurecimento dos frutos do maracujazeiro na região produtora de Alta Paulista. Summa Phytopatholog. (Botocatu). 32(1):19-22.

Zhou, S; B. Medlyn; S. Sabaté; D. Sperlich; 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.

ANEXOS

VARIABLES AÑO 1

Anexo 1. Resumen ANAVAR combinado para altura de planta en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5	ALT6	ALT7	ALT8
Valores de probabilidad									
Ensayo	1	0.3397	0.0078	0.0012	0.0014	0.0626	0.2245	0.0079	0.7845
Bloque	2	0.4873	0.2493	0.5301	0.2781	0.0119	0.1099	0.3745	0.2112
Riego	2	0.6972	0.9759	0.9752	0.8712	0.8097	0.0217	0.0112	0.8630
Ensayo x Riego	2	0.4465	0.1672	0.0800	0.0739	0.0699	0.1619	0.6096	0.0786
%CV		6.31	8.87	7.69	11.75	8.52	8.06	10.37	12.07

Anexo 2. Resumen ANAVAR combinado para número de hojas en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	NH1	NH2	NH3	NH4	NH5	NH6	NH7	NH8
Valores de probabilidad									
Ensayo	1	0.0843	0.5228	0.3518	0.0740	0.7430	0.0411	0.0035	0.1984
Bloque	2	0.2874	0.3202	0.1540	0.0634	0.2716	0.6404	0.8223	0.3406
Riego	2	0.5473	0.5763	0.6798	0.9442	0.8675	0.2626	0.6865	0.4724
Ensayo x Riego	2	0.2415	0.4680	0.0766	0.1419	0.1121	0.6885	0.8218	0.4724
%CV		6.13	5.15	3.86	5.97	8.09	8.02	12.00	14.33

Anexo 3. Resumen ANAVAR combinado para fenología del cultivo en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	DTF	DTC	DFC
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.1782	0.0542	0.0934
Bloque	2	0.8798	0.9117	0.7451
Riego	2	0.5605	0.2430	0.1901
Ensayo x Riego	2	0.8399	0.9718	0.9235
%CV		5.08	7.14	9.36

Anexo 4. Resumen ANAVAR combinado para el área foliar en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	AF FLO	AFE FLO	AF FICO	AFE FICO
Valores de probabilidad					
Ensayo	1	0.7058	0.3085	0.3432	0.4006
Bloque	2	0.2573	0.9967	0.6020	0.9011
Riego	2	0.8882	0.7515	0.1826	0.4794
Ensayo x Riego	2	0.6026	0.4566	0.1903	0.3037
%CV		12.26	10.97	11.73	6.54

Anexo 5. Resumen ANAVAR combinado para potencial hídrico xilemático en el primer año de evaluación

Fuente de variación	gl	PHX1	PHX2	PHX3
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.0008	0.1475	0.5470
Bloque	2	0.0488	0.6543	0.6904
Riego	2	0.0928	0.5095	0.3699
Ensayo x Riego	2	0.3779	0.6610	0.5029
%CV		8.66	15.51	17.54

Anexo 6. Resumen ANAVAR combinado para diferencial térmico en el primer año de evaluación

Fuente de variación	gl	DIFT1	DIFT2	DIFT3
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.0089	0.5920	0.3925
Bloque	2	0.4851	0.6926	0.4256
Riego	2	0.8529	0.5858	0.9912
Ensayo x Riego	2	0.6791	0.7446	0.5509
%CV		39.30	35.87	37.68

Anexo 7. Resumen ANAVAR combinado para índice de clorofila en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	SPAD1	SPAD2	SPAD3
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.3399	0.0497	0.0155
Bloque	2	0.3251	0.1531	0.5921
Riego	2	0.9863	0.4298	0.2287
Ensayo x Riego	2	0.7212	0.8680	0.0180
%CV		6.23	6.74	3.17

Anexo 8. Resumen ANAVAR combinado para nitrato en savia en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	NO3 flo	NO3 fruct	NO3 finco
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.0157	0.2621	0.2722
Bloque	2	0.9317	0.3829	0.4383
Riego	2	0.2191	0.5436	0.1471
Ensayo x Riego	2	0.8815	0.7524	0.0928
%CV		24.40		13.44

Anexo 9. Resumen ANAVAR combinado para calcio en savia en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	Ca flo	Ca fruct	Ca finco
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.6037	0.3718	0.1669
Bloque	2	0.4818	0.1428	0.4127
Riego	2	0.7474	0.8871	0.5533
Ensayo x Riego	2	0.2263	0.6811	0.4093
%CV		21.58	32.66	18.09

Anexo 10. Resumen ANAVAR combinado para potasio en savia en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	K flo	K fruct	K finco
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.2736	0.4724	0.7922
Bloque	2	0.6589	0.1520	0.2564
Riego	2	0.8790	0.8537	0.6627
Ensayo x Riego	2	0.3797	0.7836	0.6898
%CV		20.19	23.71	22.72

Anexo 11. Resumen ANAVAR combinado para los nutrimentos determinados en tejido foliar en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	N	P	K	Ca	Mg	Na
Valores de probabilidad							
Ensayo	1	0.0727	0.0610	0.1662	0.8890	0.0553	0.3921
Bloque	2	0.0924	0.6713	0.6494	0.9333	0.5168	0.7313
Riego	2	0.7981	0.6755	0.5069	0.4404	0.3941	0.1882
Ensayo x Riego	2	0.9766	0.3589	0.8458	0.6550	0.4442	0.3105
%CV		11.33	8.57	9.82	19.58	18.14	16.16

Anexo 12. Resumen ANAVAR combinado para las variables evaluadas en raíces en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	ER1	ER2	ER3	PR1	PR2	PR3	PE
Valores de probabilidad								
Ensayo	1	0.2192	0.3452	0.6962	0.8246	0.6699	0.4715	0.2599
Bloque	2	0.6635	0.6433	0.5626	0.8690	0.4402	0.6314	0.7364
Riego	2	0.0500	0.0423	0.0003	0.0030	0.0005	0.0755	0.0431
Ensayo x Riego	2	0.8806	0.7866	0.4696	0.2391	0.2485	0.1222	0.5374
%CV		10.49	16.23	29.07	16.71	17.15	61.12	14.85

Anexo 13. Resumen ANAVAR combinado variables de rendimiento en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	kg.pl ⁻¹	t.ha ⁻¹
Valores de probabilidad			
Ensayo	1	0.0485	0.2354
Bloque	2	0.1157	0.2205
Riego	2	0.5318	0.5723
Ensayo x Riego	2	0.5419	0.8301
%CV		24.27	27.66

Anexo 14. Resumen ANAVAR combinado para incidencia de *Fusarium* en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	Inc. Fus
Valores de probabilidad		
Ensayo	1	0.0782
Bloque	2	0.4844
Riego	2	0.4036
Ensayo x Riego	2	0.6774
%CV		108.01

Anexo 15. Resumen ANAVAR combinado para variables físicas de calidad de fruta en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	Peso	L/A	Gros	% casc	% sem	%jugo
Valores de probabilidad							
Ensayo	1	0.8505	0.7960	0.3807	0.2490	0.4496	0.2855
Bloque	2	0.4181	0.6354	0.1313	0.2948	0.5244	0.2733
Riego	2	0.7275	0.5239	0.3371	0.0102	0.5185	0.0142
Ens x Rieg	2	0.2132	0.8535	0.9825	0.6842	0.4822s	0.5230
%CV		7.88	5.23	10.68	8.17	5.19	7.70

Anexo 16. Resumen ANAVAR combinado para variables químicas de calidad para primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	SST	pH	Acidez	SST/Acidez
Valores de probabilidad					
Ensayo	1	0.4522	0.9539	0.4099	0.9876
Bloque	2	0.9192	0.0341	0.4328	0.7541
Riego	2	0.6727	0.7245	0.8952	0.9239
Ensayo x Riego	2	0.5436	0.1814	0.4077	0.4872
%CV		13.34	7.33	2.46	9.63

Anexo 17. Resumen ANAVAR combinado para relación consumo agua de riego por kg de fruta en el primer año de evaluación.

Fuente de variación	gl	Relación consumo agua de riego por kg de fruta
Valores de probabilidad		
Ensayo	1	0.0782
Bloque	3	0.4844
Riego	2	0.4036
Ensayo x Riego	2	0.6774
%CV		108.01

VARIABLES AÑO 2

Anexo 18. Resumen ANAVAR combinado para altura de planta en el segundo año de evaluación en plantas bajo segundo ciclo anual.

Fuente de variación	gl	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5	ALT6	ALT7	ALT8
Valores de probabilidad									
Ensayo	1	0.2787	0.0387	0.0104	0.0103	0.0133	0.0094	0.0052	0.0063
Bloque	2	0.6151	0.8110	0.8469	0.8746	0.8365	0.5245	0.2237	0.1643
Riego	2	0.9818	0.6936	0.5100	0.3746	0.4159	0.3500	0.2328	0.1881
Ensayo x Riego	2	0.3541	0.5957	0.6269	0.7920	0.9573	0.9532	0.9688	0.9655
%CV		11.77	13.44	17.38	20.00	23.64	24.14	20.71	23.14

Anexo 19. Resumen ANAVAR combinado para número de hojas en el segundo año de evaluación en plantas bajo segundo ciclo anual.

Fuente de variación	gl	NH1	NH2	NH3	NH4	NH5	NH6	NH7	NH8
Valores de probabilidad									
Ensayo	1	0.0205	0.0102	0.0373	0.0099	0.0350	0.0154	0.1362	0.0881
Bloque	2	0.9473	0.9544	0.7946	0.7396	0.9366	0.7243	0.4410	0.3700
Riego	2	0.3819	0.3137	0.7496	0.7242	0.4626	0.3540	0.2124	0.1945
Ensayo x Riego	2	0.4379	0.8081	0.8812	0.8215	0.9182	0.6605	0.5284	0.5230
%CV		11.14	11.69	16.03	14.80	21.17	19.86	20.60	22.01

Anexo 20. Resumen ANAVAR combinado para el potencial hídrico xilemático y SPAD en el segundo año de evaluación en plantas bajo ciclo anual

Fuente de variación	gl	PHX1	PHX2	PHX3	SPAD1	SPAD2	SPAD3
Valores de probabilidad							
Ensayo	1	(*)	0.6172	0.0413	0.8805	0.5422	0.7980
Bloque	3		0.4814	0.1084	0.090	0.7939	0.5026
Riego	2		0.2728	0.5960	0.7188	0.5982	0.7594
Ensayo x Riego	6		0.2529	0.7932	0.4926	0.4474	0.4288
%CV			18.33	11.42	11.01	7.46	5.66

(*) no se determinó el potencial hídrico xilemático en la primera evaluación, por no presentar la hoja indicadora apropiada al momento del muestreo.

Anexo 21. Resumen ANAVAR combinado para el diferencial térmico cultivo-ambiente en el segundo año de evaluación en plantas bajo ciclo anual

Fuente de variación	gl	DIFT1	DIFT2	DIFT3
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.1896	0.1039	0.2295
Bloque	3	0.6914	0.3009	0.1734
Riego	2	0.5266	0.7935	0.1767
Ensayo x Riego	6	0.8033	0.1548	0.1503
%CV		4.13	6.46	5.43

Anexo 22. Resumen ANAVAR combinado para las variables fisiológicas en el segundo año de evaluación en plantas bajo ciclo continuo

Fuente de variación	gl	PHX4	SPAD4	DIFT4
Valores de probabilidad				
Ensayo	1	0.0603	0.5093	0.3203
Bloque	3	0.0670	0.8133	0.1311
Riego	2	0.001	0.0998	0.0002
Ensayo x Riego	6	0.0343	0.9925	0.8674
%CV		6.13	9.66	7.82

Anexo 23. Resumen ANAVAR combinado para nitrato, calcio y potasio en savia en el segundo año de evaluación

Fuente de variación	gl	NO3 flo	NO3 fruct	NO3 finco	Ca flo	Ca fruct	Ca finco	K flo	K fruct	K finco
Valores de probabilidad										
Ensayo	1	0.8095	0.9295	0.8641	0.1468	0.0451	0.1587	0.9287	0.6871	0.2286
Bloque	3	0.9813	0.9955	0.9937	0.7308	0.1998	0.6035	0.7976	0.9374	0.9384
Riego	2	0.1082	0.2549	0.2312	0.6313	0.0429	0.2173	0.5906	0.9504	0.5637
Bloque x Riego	6	0.5434	0.2751	0.3376	0.1546	0.0342	0.3168	0.5317	0.6546	0.3929
Ciclo	1	0.0059	0.0024	0.0076	0.0259	0.0150	0.0506	0.0004	0.0010	0.0020
Riego x Ciclo	2	0.4815	0.7628	0.53323	0.3334	0.0274	0.0155	0.5649	0.4344	0.4201
Ensayo x Riego	2	0.1027	0.1242	0.2407	0.0735	0.1156	0.0887	0.2658	0.3843	0.5476
Ensayo x Ciclo	1	0.4714	0.1310	0.1005	0.7905	0.8953	0.7496	0.9575	0.4147	0.4385
Ens x Rieg x Cic	2	0.2161	0.2165	0.3628	0.8858	0.2766	0.5475	0.0720	0.9875	0.6544
%CV		33.19	29.35	30.80	13.59	14.16	17.38	25.34	28.86	33.66

Anexo 24. Resumen ANAVAR combinado para los nutrientes determinados en tejido foliar durante el segundo año de evaluación

Fuente de variación	gl	N	P	K	Ca	Mg	Na
Valores de probabilidad							
Ensayo	1	0.1271	0.1209	0.1102	0.5083	0.8429	0.6766
Bloque	3	0.2611	0.0537	0.1164	0.4966	0.0517	0.2779
Riego	2	0.9719	0.8983	0.7573	0.7004	0.7254	0.4120
Bloque x Riego	6	0.8513	0.8490	0.5626	0.5871	0.9434	0.7157
Ciclo	1	0.7427	0.8429	0.8734	0.4497	0.4304	0.5382
Riego x Ciclo	2	0.8548	0.5955	0.1872	0.3906	0.9867	0.2496
Ensayo x Riego	2	0.4141	0.3475	0.8161	0.3490	0.7576	0.9382
Ensayo x Ciclo	1	0.6156	0.1209	0.2134	0.5816	0.4693	0.8952
Ens x Rieg x Cic	2	0.8248	0.5158	0.6790	0.5687	0.1878	0.3611
%CV		8.85	30.63	7.14	9.11	14.38	5.71

Anexo 25. Resumen ANAVAR combinado para las variables de rendimiento en el segundo año de evaluación.

Fuente de variación	gl	kg.pl ⁻¹	t.ha ⁻¹	kg.pl ⁻¹ acum	t.ha ⁻¹ acum
Valores de probabilidad					
Ensayo	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Bloque	2	0.0593	0.4535	0.0724	0.0123
Riego	2	0.7010	0.1863	0.0984	0.3202
Bloque x Riego	2	0.7015	0.4993	0.1254	0.3241
Ciclo	1	0.3714	0.0352	0.1235	0.2241
Riego x Ciclo	2	0.8805	0.8878	0.9925	0.6828
Ensayo x Riego	2	0.8116	0.3018	0.3988	0.3763
Ensayo x Ciclo	1	0.1238	0.0328	0.8161	0.6657
Ens x Rieg x Cic	2	0.7259	0.6522	0.4806	0.9001
%CV		37.71	41.55	21.24	23.91

Anexo 26. Resumen ANAVAR combinado para las variables físicas de calidad de fruta en el segundo año de evaluación

Fuente de variación	gl	Peso	L/A	Gros	% casc	% sem	%jugo
Valores de probabilidad							
Ensayo	1	0.0138	0.4745	0.5403	0.7598	0.3980	0.9081
Bloque	3	0.3421	0.5342	0.1879	0.9018	0.3538	0.9007
Riego	2	0.6578	0.5195	0.4931	0.4694	0.2314	0.3157
Bloque x Riego	6	0.9402	0.9157	0.5714	0.9104	0.8716	0.7143
Ciclo	1	0.0015	0.5783	0.2309	0.8527	0.5250	0.9811
Riego x Ciclo	2	0.1100	0.9957	0.7677	0.9750	0.9394	0.9588
Ensayo x Riego	2	0.4985	0.9819	0.5393	0.0747	0.3972	0.0226
Ensayo x Ciclo	1	0.1705	0.0630	0.5466	0.1720	0.5422	0.2293
Ens x Rieg x Cic	2	0.0870	0.3752	0.5622	0.1994	0.2369	0.3958
%CV		14.81	16.38	11.95	13.62	13.66	12.92

Anexo 27. Resumen ANAVAR combinado para las variables químicas de calidad de fruta en el segundo año de evaluación.

Fuente de variación	gl	SST	pH	Acidez	SST/Acidez
Valores de probabilidad					
Ensayo	1	0.6537	0.8783	0.3074	0.5922
Bloque	2	0.5740	0.4049	0.3867	0.2834
Riego	2	0.9906	0.8529	0.7648	0.7123
Bloque x Riego	2	0.3717	0.3205	0.3419	0.6678
Ciclo	1	0.6004	0.2363	0.0011	0.0120
Riego x Ciclo	2	0.9876	0.6670	0.1580	0.4102
Ensayo x Riego	2	0.5780	0.9291	0.9241	0.4612
Ensayo x Ciclo	1	0.4991	0.7986	0.6371	0.7938
Ens x Rieg x Cic	2	0.4496	0.4026	0.5385	0.8151
%CV		11.44	3.26	10.99	9.74

Anexo 28. Resumen ANAVAR combinado para relación consumo agua de riego por kg de fruta en el segundo año de evaluación.

Fuente de variación	gl	Relación agua consumido de riego por kg de fruta
Valores de probabilidad		
Ensayo	1	0.0128
Bloque	3	0.3390
Riego	2	0.0001
Bloque x Riego	6	0.2654
Ciclo	1	0.0001
Riego x Ciclo	2	0.7284
Ensayo x Riego	2	0.4577
Ensayo x Ciclo	1	0.1906
Ens x Rieg x Cic	2	0.7527
%CV		5,99

Anexo 29. Resumen ANAVAR combinado para incidencia de *Fusarium* en el segundo año de evaluación.

Fuente de variación	gl	Incidencia Fusarium
Valor de probabilidad		
Ensayo	1	0.0005
Bloque	3	0.1682
Riego	2	0.9815
Bloque x Riego	6	0.3285
Ciclo	1	0.2288
Riego x Ciclo	2	0.2631
Ensayo x Riego	2	0.9815
Ensayo x Ciclo	1	0.0866
Ens x Rieg x Cic	2	0.2459
%CV		65.78

Anexo 30. Matriz de correlación y valor de de probabilidad (en letra cursiva) de las variables edáficas, rendimiento e incidencia de *Fusarium* durante los dos años de evaluación.

	Arc1	limo1	are1	amf1	af1	am1	ag1	amg1	Arc2	limo2	are2	amf2	af2	am2	ag2	amg2
limo1	-0.21 <i>0.16</i>															
are1	-0.24 <i>0.11</i>	-0.90 <i><.0001</i>														
amf1	-0.02 <i>0.87</i>	-0.70 <i><.0001</i>	0.71 <i><.0001</i>													
af1	-0.14 <i>0.35</i>	-0.31 <i>0.03</i>	0.37 <i>0.01</i>	-0.30 <i>0.04</i>												
am1	-0.28 <i>0.06</i>	0.00 <i>0.99</i>	0.12 <i>0.43</i>	-0.48 <i>0.00</i>	0.50 <i>0.00</i>											
ag1	-0.28 <i>0.06</i>	0.13 <i>0.40</i>	0.00 <i>0.98</i>	-0.34 <i>0.02</i>	0.19 <i>0.21</i>	0.34 <i>0.02</i>										
amg1	-0.23 <i>0.12</i>	-0.03 <i>0.87</i>	0.13 <i>0.39</i>	-0.24 <i>0.10</i>	0.22 <i>0.14</i>	0.38 <i>0.01</i>	0.37 <i>0.01</i>									
Arc2	0.61 <i><.0001</i>	-0.01 <i>0.96</i>	-0.26 <i>0.07</i>	-0.19 <i>0.19</i>	0.08 <i>0.59</i>	-0.19 <i>0.20</i>	-0.13 <i>0.37</i>	-0.22 <i>0.13</i>								
limo2	0.02 <i>0.92</i>	0.31 <i>0.03</i>	-0.31 <i>0.03</i>	-0.08 <i>0.58</i>	-0.33 <i>0.02</i>	-0.18 <i>0.21</i>	-0.02 <i>0.89</i>	0.00 <i>1.00</i>	-0.04 <i>0.77</i>							
are2	-0.29 <i>0.05</i>	-0.27 <i>0.06</i>	0.40 <i>0.01</i>	0.16 <i>0.28</i>	0.27 <i>0.07</i>	0.25 <i>0.08</i>	0.09 <i>0.56</i>	0.10 <i>0.49</i>	-0.41 <i>0.00</i>	-0.89 <i><.0001</i>						
amf2	0.11 <i>0.45</i>	-0.08 <i>0.59</i>	0.03 <i>0.84</i>	0.28 <i>0.06</i>	-0.27 <i>0.06</i>	-0.29 <i>0.05</i>	-0.23 <i>0.11</i>	-0.16 <i>0.27</i>	-0.08 <i>0.58</i>	-0.44 <i>0.00</i>	0.44 <i>0.00</i>					
af2	-0.32 <i>0.03</i>	-0.19 <i>0.20</i>	0.33 <i>0.02</i>	-0.01 <i>0.94</i>	0.48 <i>0.00</i>	0.27 <i>0.06</i>	0.09 <i>0.54</i>	0.09 <i>0.53</i>	-0.20 <i>0.16</i>	-0.28 <i>0.06</i>	0.34 <i>0.02</i>	-0.57 <i><.0001</i>				
am2	-0.35 <i>0.01</i>	-0.04 <i>0.79</i>	0.19 <i>0.19</i>	-0.25 <i>0.09</i>	0.37 <i>0.01</i>	0.62 <i><.0001</i>	0.40 <i>0.01</i>	0.36 <i>0.01</i>	-0.34 <i>0.02</i>	-0.22 <i>0.14</i>	0.36 <i>0.01</i>	-0.54 <i><.0001</i>	0.65 <i><.0001</i>			
ag2	-0.25 <i>0.09</i>	0.00 <i>0.98</i>	0.10 <i>0.48</i>	-0.24 <i>0.10</i>	0.20 <i>0.18</i>	0.57 <i><.0001</i>	0.42 <i>0.00</i>	0.33 <i>0.02</i>	-0.35 <i>0.02</i>	-0.24 <i>0.11</i>	0.38 <i>0.01</i>	-0.03 <i>0.85</i>	-0.08 <i>0.61</i>	0.42 <i>0.00</i>		
amg2	-0.27 <i>0.06</i>	0.05 <i>0.76</i>	0.09 <i>0.56</i>	-0.23 <i>0.12</i>	0.14 <i>0.36</i>	0.51 <i>0.00</i>	0.44 <i>0.00</i>	0.44 <i>0.00</i>	-0.12 <i>0.40</i>	0.00 <i>0.99</i>	0.06 <i>0.71</i>	-0.24 <i>0.10</i>	0.03 <i>0.84</i>	0.44 <i>0.00</i>	0.40 <i>0.00</i>	
EPT1	0.17 <i>0.24</i>	-0.09 <i>0.56</i>	0.03 <i>0.84</i>	0.29 <i>0.04</i>	-0.32 <i>0.03</i>	-0.29 <i>0.04</i>	-0.28 <i>0.05</i>	-0.06 <i>0.68</i>	-0.13 <i>0.37</i>	-0.01 <i>0.96</i>	0.07 <i>0.66</i>	0.20 <i>0.16</i>	-0.25 <i>0.09</i>	-0.28 <i>0.06</i>	0.11 <i>0.44</i>	-0.13 <i>0.39</i>

	Arc1	limo1	are1	amf1	af1	am1	ag1	amg1	Arc2	limo2	ar2	amf2	af2	am2	ag2	amg2	EPT1	Da1	Ep1	K1	MR1	EPT2	Da2
Da1	-0.06	0.01	0.01	0.04	-0.07	-0.08	0.13	0.10	-0.04	-0.07	0.09	0.06	-0.01	0.14	0.10	-0.02	-0.20						
	0.67	0.95	0.93	0.80	0.65	0.58	0.38	0.48	0.77	0.64	0.56	0.68	0.97	0.34	0.51	0.88	0.18						
Ep1	-0.07	0.01	0.01	0.02	-0.07	0.14	-0.20	0.08	-0.25	0.04	0.07	-0.06	0.12	0.15	-0.02	0.14	0.15	-0.33					
	0.62	0.94	0.93	0.89	0.62	0.35	0.18	0.59	0.09	0.76	0.64	0.70	0.42	0.32	0.91	0.33	0.32	0.02					
K1	0.04	0.07	-0.10	-0.17	0.12	0.16	-0.03	-0.01	0.06	0.11	-0.14	-0.22	0.11	0.09	-0.10	0.08	-0.12	-0.13	-0.03				
	0.79	0.64	0.52	0.25	0.42	0.27	0.84	0.95	0.71	0.46	0.35	0.13	0.45	0.53	0.49	0.59	0.41	0.39	0.83				
MR1	0.12	0.06	-0.10	-0.01	-0.13	-0.12	0.15	-0.09	0.06	0.04	-0.06	0.00	-0.07	0.08	-0.07	0.20	-0.25	0.33	-0.46	-0.13			
	0.41	0.71	0.49	0.95	0.37	0.41	0.32	0.53	0.68	0.77	0.67	0.99	0.62	0.60	0.63	0.18	0.08	0.02	0.00	0.38			
EPT2	0.09	0.25	-0.27	-0.20	-0.14	0.04	-0.03	0.05	-0.03	-0.02	0.03	0.00	-0.12	-0.04	0.28	0.14	0.54	-0.15	-0.14	-0.13	-0.06		
	0.54	0.08	0.06	0.16	0.33	0.77	0.85	0.72	0.83	0.89	0.82	0.99	0.42	0.81	0.06	0.36	<.0001	0.31	0.33	0.38	0.66		
Da2	-0.27	0.26	-0.14	-0.05	-0.14	-0.01	-0.07	0.01	-0.08	-0.09	0.12	0.17	0.00	0.07	-0.13	0.03	-0.14	0.44	-0.34	-0.02	0.19	-0.09	
	0.06	0.08	0.36	0.73	0.36	0.93	0.63	0.97	0.59	0.53	0.43	0.25	0.99	0.63	0.36	0.86	0.34	0.00	0.02	0.88	0.20	0.56	
Ep2	-0.04	-0.50	0.51	0.38	0.16	0.11	-0.13	0.01	-0.18	0.03	0.06	-0.10	0.20	0.09	0.06	-0.14	0.09	-0.25	0.18	-0.07	-0.35	0.01	-0.35
	0.80	0.00	0.00	0.01	0.28	0.48	0.36	0.93	0.23	0.84	0.70	0.50	0.18	0.56	0.67	0.35	0.55	0.09	0.22	0.61	0.01	0.94	0.02
K2	-0.14	-0.07	0.13	0.17	-0.15	-0.02	0.32	-0.02	-0.16	0.13	-0.05	-0.05	0.00	0.09	-0.03	0.08	-0.04	-0.27	-0.04	0.24	0.00	-0.24	0.01
	0.33	0.64	0.37	0.25	0.32	0.90	0.03	0.90	0.26	0.39	0.75	0.74	0.97	0.54	0.85	0.60	0.79	0.06	0.79	0.10	0.98	0.10	0.92
MR2	0.09	-0.04	0.00	-0.02	0.12	-0.06	-0.22	0.01	0.28	-0.24	0.08	0.08	0.01	0.03	-0.14	0.01	0.01	0.09	-0.11	-0.02	0.30	-0.18	0.28
	0.53	0.78	0.98	0.89	0.41	0.70	0.14	0.97	0.05	0.11	0.57	0.58	0.94	0.84	0.33	0.94	0.93	0.52	0.46	0.87	0.04	0.22	0.06
N1	0.61	-0.13	-0.14	0.03	0.00	-0.32	-0.28	-0.31	0.52	-0.13	-0.13	0.17	-0.19	-0.34	-0.27	-0.19	0.03	-0.26	-0.01	0.14	0.02	-0.07	-0.20
	<.0001	0.36	0.36	0.84	0.99	0.03	0.06	0.03	0.00	0.40	0.39	0.26	0.20	0.02	0.06	0.20	0.87	0.07	0.92	0.36	0.91	0.62	0.16
P1	-0.25	0.20	-0.09	-0.15	-0.07	0.14	0.36	0.18	-0.11	0.12	-0.06	-0.03	-0.08	-0.03	0.10	0.20	-0.18	-0.06	-0.13	-0.05	0.10	-0.14	0.04
	0.09	0.18	0.56	0.31	0.63	0.33	0.01	0.23	0.46	0.43	0.70	0.85	0.60	0.84	0.49	0.17	0.22	0.66	0.38	0.75	0.49	0.33	0.79
Ks1	0.07	-0.15	0.14	0.16	0.11	-0.19	-0.11	-0.20	0.08	-0.04	0.00	0.00	0.12	-0.01	-0.21	-0.05	0.06	-0.09	0.11	-0.21	0.01	-0.14	0.02
	0.66	0.30	0.35	0.28	0.47	0.20	0.44	0.17	0.57	0.77	1.00	0.98	0.43	0.95	0.15	0.76	0.68	0.54	0.45	0.15	0.97	0.33	0.89
Ca1	0.07	-0.09	0.07	0.10	-0.13	0.11	-0.17	0.01	-0.22	-0.07	0.17	0.18	-0.15	-0.05	0.26	0.14	0.48	-0.24	0.22	-0.25	-0.09	0.23	-0.06
	0.62	0.53	0.64	0.49	0.38	0.45	0.26	0.93	0.13	0.66	0.24	0.23	0.32	0.73	0.07	0.34	0.00	0.09	0.13	0.09	0.53	0.11	0.70
Na1	-0.13	-0.03	0.09	0.11	-0.09	0.06	-0.01	0.01	-0.08	-0.17	0.19	0.27	-0.10	-0.13	0.08	-0.04	-0.02	-0.09	-0.20	-0.03	-0.09	0.04	0.01
	0.37	0.83	0.53	0.45	0.53	0.67	0.95	0.93	0.60	0.26	0.20	0.06	0.50	0.38	0.59	0.81	0.89	0.56	0.18	0.82	0.56	0.76	0.92
Mg1	0.24	0.17	-0.28	-0.20	0.04	-0.11	-0.21	-0.16	0.23	-0.06	-0.06	-0.12	0.09	-0.07	-0.05	-0.04	-0.03	-0.14	-0.05	0.39	0.00	0.01	-0.05
	0.10	0.26	0.05	0.18	0.81	0.46	0.15	0.27	0.11	0.67	0.70	0.41	0.54	0.65	0.73	0.77	0.86	0.35	0.76	0.01	0.98	0.92	0.76

	Arc1	limo1	are1	amf1	af1	am1	ag1	amg1	Arc2	limo2	are2	amf2	af2	am2	ag2	amg2	EPT1	Da1	Ep1	K1	MR1	EPT2	Da2
IncFus1	0.17	0.10	-0.18	-0.06	-0.18	-0.19	0.21	0.05	-0.07	0.14	-0.10	0.01	-0.05	-0.04	-0.11	-0.14	-0.13	0.18	-0.08	0.01	0.22	-0.15	-0.05
	<i>0.24</i>	<i>0.51</i>	<i>0.21</i>	<i>0.69</i>	<i>0.21</i>	<i>0.19</i>	<i>0.15</i>	<i>0.74</i>	<i>0.61</i>	<i>0.34</i>	<i>0.51</i>	<i>0.94</i>	<i>0.73</i>	<i>0.79</i>	<i>0.46</i>	<i>0.35</i>	<i>0.39</i>	<i>0.21</i>	<i>0.60</i>	<i>0.96</i>	<i>0.13</i>	<i>0.31</i>	<i>0.71</i>
Incfus2	-0.07	0.15	-0.11	-0.27	0.09	0.25	0.29	0.10	0.13	0.26	-0.29	-0.15	-0.11	0.05	0.01	0.20	-0.20	0.16	0.01	-0.13	0.07	-0.11	0.07
	<i>0.64</i>	<i>0.30</i>	<i>0.45</i>	<i>0.06</i>	<i>0.55</i>	<i>0.08</i>	<i>0.05</i>	<i>0.51</i>	<i>0.37</i>	<i>0.08</i>	<i>0.04</i>	<i>0.30</i>	<i>0.45</i>	<i>0.72</i>	<i>0.96</i>	<i>0.18</i>	<i>0.18</i>	<i>0.27</i>	<i>0.96</i>	<i>0.37</i>	<i>0.66</i>	<i>0.45</i>	<i>0.64</i>
Kgpl1	0.35	-0.15	0.01	0.09	0.03	-0.16	-0.31	-0.17	0.06	-0.15	0.12	0.32	-0.15	-0.35	-0.09	-0.04	0.28	-0.32	0.07	0.02	0.12	0.08	-0.21
	<i>0.02</i>	<i>0.30</i>	<i>0.97</i>	<i>0.55</i>	<i>0.82</i>	<i>0.28</i>	<i>0.03</i>	<i>0.26</i>	<i>0.70</i>	<i>0.29</i>	<i>0.41</i>	<i>0.03</i>	<i>0.30</i>	<i>0.02</i>	<i>0.54</i>	<i>0.79</i>	<i>0.06</i>	<i>0.03</i>	<i>0.62</i>	<i>0.89</i>	<i>0.40</i>	<i>0.59</i>	<i>0.15</i>
Kgpl2	0.35	-0.15	0.01	0.09	0.03	-0.16	-0.31	-0.17	0.06	-0.15	0.12	0.32	-0.15	-0.35	-0.09	-0.04	0.28	-0.32	0.07	0.02	0.12	0.08	-0.21
	<i>0.02</i>	<i>0.30</i>	<i>0.97</i>	<i>0.55</i>	<i>0.82</i>	<i>0.28</i>	<i>0.03</i>	<i>0.26</i>	<i>0.70</i>	<i>0.29</i>	<i>0.41</i>	<i>0.03</i>	<i>0.30</i>	<i>0.02</i>	<i>0.54</i>	<i>0.79</i>	<i>0.06</i>	<i>0.03</i>	<i>0.62</i>	<i>0.89</i>	<i>0.40</i>	<i>0.59</i>	<i>0.15</i>
kgplacum	0.35	-0.15	0.01	0.09	0.03	-0.16	-0.31	-0.17	0.06	-0.15	0.12	0.32	-0.15	-0.35	-0.09	-0.04	0.28	-0.32	0.07	0.02	0.12	0.08	-0.21
	<i>0.02</i>	<i>0.30</i>	<i>0.97</i>	<i>0.55</i>	<i>0.82</i>	<i>0.28</i>	<i>0.03</i>	<i>0.26</i>	<i>0.70</i>	<i>0.29</i>	<i>0.41</i>	<i>0.03</i>	<i>0.30</i>	<i>0.02</i>	<i>0.54</i>	<i>0.79</i>	<i>0.06</i>	<i>0.03</i>	<i>0.62</i>	<i>0.89</i>	<i>0.40</i>	<i>0.59</i>	<i>0.15</i>

Anexo 31. Autovalores de los primeros 10 componentes principales generados.

Eigenvalues of the Correlation Matrix

Comp	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	4.94263	1.07573	0.1545	0.1545
2	3.86689	0.94682	0.1208	0.2753
3	2.92006	0.191564	0.0913	0.3665
4	2.72850	0.332986	0.0853	0.4518
5	2.39551	0.510837	0.0749	0.5267
6	1.88467	0.154885	0.0589	0.5856
7	1.72979	0.139336	0.0541	0.6396
8	1.59045	0.340888	0.0497	0.6893
9	1.24956	0.062647	0.0390	0.7284
10	1.18692	0.084928	0.0371	0.7655

Anexo 32. Autovalores de cada variable para los diferentes componentes seleccionados

	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 5
Arcilla1	-0.280964	0.003802	0.115351	-0.100401	0.226223
limo1	-0.041095	-0.40865	-0.193064	0.012305	0.05577
arena1	0.16351	0.405594	0.135855	0.034221	-0.152017
amf1	-0.103118	0.399766	-0.013116	0.09134	-0.275042
af1	0.223616	0.055014	0.317597	-0.077258	0.188117
am1	0.343913	-0.078152	0.018984	-0.103201	0.186178
ag1	0.256906	-0.174381	-0.025071	0.040296	-0.097676
amg1	0.249366	-0.068758	-0.071874	-0.015106	0.031662
Arcilla2	-0.23237	-0.120825	0.255878	-0.045279	0.17469
limo2	-0.11386	-0.219391	-0.112728	-0.262676	-0.36241
arena2	0.210054	0.254299	-0.017705	0.261634	0.253257
amf2	-0.154504	0.181696	-0.208671	0.32211	0.126669
af2	0.23639	0.08036	0.296303	-0.091262	-0.019702
am2	0.362272	-0.043328	0.152408	-0.030842	0.046882
ag2	0.272329	-0.006292	-0.211782	0.020482	0.23016
amg2	0.248542	-0.126756	-0.049135	-0.024757	0.083023
EPT1	-0.125579	0.178544	-0.311675	-0.075685	0.175744
Da1	0.045341	-0.083182	0.062227	0.386853	-0.114024
Ep1	0.047857	0.109342	-0.07247	-0.295814	0.061685
K1	0.011911	-0.120395	0.160388	-0.200055	-0.013126
MR1	-0.030719	-0.147868	0.109971	0.311761	-0.072139
EPT2	-0.011315	-0.051499	-0.300012	-0.069719	0.289179

Da2	0.013444	-0.117463	0.012981	0.392392	-0.079781
Ep2	0.0696	0.31146	-0.033105	-0.264274	-0.095105
K2	0.04281	0.019004	-0.006098	-0.093766	-0.301983
MR2	-0.069628	-0.007577	0.235576	0.241647	0.220693
N1	-0.262859	0.045343	0.23631	-0.092123	0.242805
P1	0.084929	-0.135572	-0.10826	0.065284	-0.107479
Ks1	-0.081843	0.11267	0.215056	0.017217	0.012767
Ca1	0.008975	0.155455	-0.28144	-0.037174	0.226872
Na1	0.033	0.09616	-0.208646	0.033125	-0.034188
Mg1	-0.101566	-0.109613	0.126491	-0.129328	0.215769

Anexo 33. Análisis de regresión de entre las variables rendimiento e incidencia de *Fusarium* con los componentes generados.

Variable	Inc. <i>Fusarium</i> año 1		Inc. <i>Fusarium</i> año 2		Rendimiento año 1		Rendimiento año 2	
	Parámetro	Pr > [t]	Parámetro	Pr > [t]	Parámetro	Pr > [t]	Parámetro	Pr > [t]
	Estimado		Estimado		Estimado		Estimado	
Intercepto	7.6370	0.0001	26.7341	0.0001	12.9517	0.0001	25.9054	0.0001
Comp 1	- 0.4921	0.5398	1.2865	0.3118	- 0.1264	0.0123	- 0.2528	0.0123
Comp 2	- 1.1757	0.1988	- 3.3965	0.0217	0.1075	0.0500	0.2151	0.0500
Comp3	0.0184	0.9859	0.3469	0.8329	- 0.0142	0.8232	- 0.0282	0.8232
Comp 4	0.7579	0.4833	0.5367	0.7265	- 0.0416	0.5244	- 0.0837	0.5244
Comp 5	- 1.4361	0.2163	- 2.7986	0.1287	0.2231	0.0025	0.4463	0.0025