

# EVALUACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL CV VALENCIA INJERTADO SOBRE "CLEOPATRA", "VOLKAMERIANA" Y "CARRIZO".

*Evaluation of the water stress in the implanted cv Valencia on "Cleopatra", "Volkameriana" and "Carrizo".*

Gastón Laborem Escalona<sup>1</sup>, Manuel Wagner<sup>2</sup>, Carlos Marín<sup>2</sup>,  
Luis Rangel<sup>2</sup>, Gerardo Medina<sup>2</sup> y Maximiliano Espinoza<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Investigadores, <sup>2</sup> Técnicos Asociados a la Investigación del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIA-Apdo.4653-Maracay 2101, Venezuela.

## Resumen

El naranjo Valencia injertado sobre mandarina 'Cleopatra', limonero 'Volkameriana' y citrange 'Carrizo' fue sembrado en un diseño completamente aleatorizado con cinco repeticiones. Las plantas fueron sometidas a tres frecuencias de riego T<sub>1</sub> (cada 5 días), T<sub>2</sub> (cada 10 días) y T<sub>3</sub> (cada 15 días), durante el período seco (diciembre-abril) y por cinco ciclos consecutivos, 1987-88 a 1991-92. El objetivo fue evaluar el comportamiento de los patrones de cítricos al estrés hídrico provocado por la aplicación del riego a diferentes frecuencias, utilizando la prolina como indicador al estrés. El área donde se sembró el ensayo corresponde al Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay-Venezuela., situado a 450 msnm, con una temperatura y precipitación media anual de 25 °C y 900 mm respectivamente. En el análisis foliar de prolina por año, no se encontraron diferencias significativas entre los patrones, excepto durante el año de 1992. El tratamiento T<sub>3</sub> (riego cada 15 días) resultó estadísticamente significativo y mayor que T<sub>2</sub> (riego cada 10 días) en el contenido de prolina y este estadísticamente significativo y mayor que T<sub>1</sub> (riego cada 5 días). Las interacciones (M x P) y (M x F) resultaron altamente significativas, esta condición sugiere la necesidad de realizar varios muestreos durante la época de sequía, a fin de conocer en que momento la planta comienza a sufrir por la carencia de agua. Durante los cinco años en estudio, se detectó la buena capacidad de recuperación al estrés hídrico que poseen los tres patrones, lo que los hace tolerantes, dentro de ciertos límites a la sequía. Se sugiere que las plantas de 'Valencia' injertada sobre 'Cleopatra', 'Volkameriana' o 'Carrizo', después de dos años de edad y en condiciones de clima similares a las descritas, deben regarse con una frecuencia de cinco días.

**Palabras claves:** estrés hídrico, patrones, prolina, Valencia

## Summary

Valencia sweet oranges grafted on 'Cleopatra' mandarin, 'Volkameriana' lemon and 'Carrizo' citrange were planted in a complete randomized design with five replications. The plants were submitted to three irrigation frequency, T<sub>1</sub> (each 5 days), T<sub>2</sub> (each 10 days) and T<sub>3</sub> (each 15 days) during five dry seasons and for five consecutive seasons (December-April), 1987-88 to 1991-92. The objective was to evaluate the behavior of 'Valencia' orange to the water stress on three citrus rootstocks, caused by the applications of three irrigation frequencies, using proline as indicator of the stress. The assay was planted at the Agricultural Research National Center (CENIAP) at Maracay, Venezuela. The area is located at 450 m.a.s.l. with a mean temperature and annual rainfall of 25° C and 900 mm respectively. The foliar proline analysis showed that there were no significant differences between the annual proline content of 'Valencia' on the different rootstocks, except during 1992. T<sub>3</sub> (irrigation e/15 days) treatment resulted statistically significant and better than T<sub>2</sub> (irrigation e/10 days) in proline content and significantly better than T<sub>1</sub> (irrigation e/5 days). The interactions (S x R) and (M x F) are highly significant, this condition suggests the necessity to carry out several samplings in the dry season, in order to know in which moment the plant starts to suffer for a lack of water. During the five years it was observed the good capacity of the rootstocks to recover from water stress, between certain limits. It is suggested that 'Valencia' on 'Cleopatra', 'Volkameriana' or 'Carrizo' should be irrigated with a frequency of five days.

**Key words:** hydric stress, rootstock, proline, Valencia.

## INTRODUCCIÓN

Al someter una planta en desarrollo a estrés hídrico, el primer resultado visible es la reducción en el crecimiento, producto de la inhibición del alargamiento celular dado por la turgencia a la cual es sometida la célula, Jerez (1987). En estas condiciones procesos como respiración, transpiración, fotosíntesis, etc., son alterados. De allí que los vegetales sometidos a estrés hídrico reducen su área foliar y por ende la producción, es decir, se alteran los procesos metabólicos. Las plantas raras veces están en equilibrio con el medio que les rodea, debido a la dinámica del sistema suelo-planta-atmósfera y por consiguiente, las mediciones de sus alrededores no reflejan las mismas condiciones de las plantas, Jerez y Dell' Amico (1983). Esta carencia de equilibrio es la que obliga al agricultor a priorizar todos aquellos factores que directa e indirectamente tienen que ver con la producción y productividad de los cultivos. El riego es uno de ellos y en este sentido, los niveles que determinan su déficit deben ser estudiados para conocer pos-

teriormente como inciden en la naturaleza fisiológica del vegetal.

Es conocida la problemática dentro del sector citricultor del país para responder a cuándo, cómo y cuánta agua es necesaria para el cultivo a fin de no caer en déficit o estrés. La alta presión urbanística creada en las zonas tradicionalmente citricolas ha incidido notablemente en la merma del nivel freático y con él las posibilidades de llevar a cabo la aplicación de riegos en la cantidad y en el tiempo que el cultivo necesita. En estudios donde se analizan los efectos de algunas propiedades físicas del suelo sobre la distribución radical y la producción en cítricos, Avilán *et al.* (1980), encontraron diferencias significativas entre los suelos estudiados asociados a la profundidad del nivel freático y la secuencia textural, incidiendo esto en el bajo estatus nutricional y por ende en la producción. La tolerancia de los patrones o portainjertos a la sequía varía de acuerdo a las condiciones físicas del suelo; es así como Samson (1991), considera que con la excepción de lima 'Rangpur', la mayoría de los patrones comúnmente usados

presentan una tolerancia a la sequía la cual varía de moderada a muy mala. Mientras que Castle *et al.* (1993), en condiciones de suelo y altitud diferentes, los evalúan de intermedios a buenos.

El presente trabajo tiene por finalidad evaluar el comportamiento de los patrones 'Cleopatra', 'Volkameriana' y 'Carrizo' al estrés hídrico, bajo condiciones de riego controlado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), en plantas de naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* Osbeck) de dos a seis años bajo condiciones de riego controlados.

Según Papadakis (1975), en esta zona se presentan

cuatro meses áridos, uno seco, dos húmedos y cinco muy húmedos. Así mismo de acuerdo a Holdridge, citado por Ewel y Madriz (1968), clasifica la zona como Bosque seco Tropical Premontano, donde se presenta una precipitación media anual (1988-1992) de 1034,12 mm, una evapotranspiración potencial media anual de 1176,14 mm y una temperatura promedio anual igual a 25,04 °C (Cuadro 1). El naranjo 'Valencia' fue injertado sobre mandarino 'Cleopatra' (*Citrus reshni* Hort.); limonero 'Volkameriana' (*C. Volkameriana* Pasquale) y Citrange 'Carrizo' (*Poncirus trifoliata* x *C. sinensis*). Se plantaron en recipientes de 200 litros, con una mezcla en partes iguales de turba, suelo y arena, desinfectados con vapor. Los niveles hídricos consistieron en tres rangos de humedad: alto, medio y bajo, aplicados a través de tres frecuencias de riego cada 5, 10 y 15 días, respectivamente, formándose nueve tratamientos (Cuadro 2).

**Cuadro 1.** Balance hídrico del campo experimental del CENIAP (Período 1988-92).

MES	P (mm)	Ev (mm)	ETP (mm)	Pr-ETP** (mm)	ETR (mm)	Alm (mm)	EXC (mm)	DEF (mm)	IH*	CLIMA
ENE	0,06	156,23	101,54	-101,48	0,06	0	0	101,5	0	Árido
FEB	2,54	165,95	107,87	-105,33	2,54	0	0	105,3	0,024	Árido
MAR	5,56	204,04	132,63	-127,07	5,56	0	0	127,1	0,042	Árido
ABR	61,32	19065	12392	-62,6	61,32	1169	0	62,6	0,49	Seco
MAY	116,18	160,75	104,49	+11,69	104,49	20,51	0	0	1,22	Húmedo
JUN	95,26	132,99	86,44	8,82	86,44	69,5	0	0	1,34	Húmedo
JUL	151,38	130,9	85,1	66,28	85,1	69,5	17,29	0	2,6	Muy húmedo
AGO	209,32	133,78	86,96	+122,36	86,96	69,5	122,39	0	3,21	Muy húmedo
SEP**	157,12	129,58	84,23	72,89	84,23	69,5	3,39	0	2,69	Muy húmedo
OCT	11942	14572	94,72	24,7	94,72	69,5	24,7	0	1,99	Muy húmedo
NOV	101,26	125,78	81,76	+19,5	81,76	69,5	19,5	0	2,09	Muy húmedo
DIC	14,7	133,04	86,48	-71,78	84,2	0	0	2,28	0,17	Árido
<b>Total</b>	<b>1034,12</b>	<b>1809,41</b>	<b>1176,14</b>		<b>777,38</b>			<b>398,8</b>		

\* Índice de humedad = pr + alm (thornwaite), según Papadakis (1975). \*\* Inicio del balance hídrico etp

**Cuadro 2.** Tratamientos considerados en el experimento.

Tratamiento	Patrón	Frecuencia de riego (Días)	Consumo diario (mm.día <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub>	Cleopatra	5	14,6
T <sub>2</sub>	Volkameriana	5	14,6
T <sub>3</sub>	Carrizo	5	14,6
T <sub>4</sub>	Cleopatra	10	7,3
T <sub>5</sub>	Volkameriana	10	7,3
T <sub>6</sub>	Carrizo	10	7,3
T <sub>7</sub>	Cleopatra	15	4,8
T <sub>8</sub>	Volkameriana	15	4,8
T <sub>9</sub>	Carrizo	15	4,8

El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado en donde cada tratamiento se replicó cinco veces, lo que da un total de 45 recipientes, conformando cada planta una unidad experimental; se realizaron cinco muestreos cada año, durante cinco años. El análisis de la varianza se realizó en base a un arreglo factorial de tres factores, considerando el muestreo como parcela principal y los efectos de patrón y de frecuencia de riego como subparcelas (5x3x3); en este arreglo se utilizó el modelo tipo III para efectos mixtos y se analizó utilizando la rutina del General Linear Model (GLM) o modelo lineal general para diseños no balanceados (Cuadro 3), haciendo uso del paquete estadístico SAS (Statistical Analyses Sys-

tem). Para la normalización de la variable prolina (mg.mol<sup>-1</sup>), se utilizó la transformación logarítmica según la siguiente ecuación. Prolina (t) = log (prolina + 1). Los análisis físicos del suelo se realizaron al inicio del experimento, determinando la textura mediante el método de Bouyoucos Chirinos y González (1975). Para conocer la curva de retención de humedad de 0.033 a 1,5 megapascal, se utilizó el método de Richard, citado por Wagner *et al.* (1984), La fertilización se efectuó al momento de la siembra con fórmula completa 12-12-17/2 a razón de 100 gramos por planta, más una dosis extra de urea de 100 gramos. La muestra foliar de seis hojas/planta tomadas mensualmente durante el tiempo que duró el experimento y antes de aplicar

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

los tratamientos, provenían de ramas completamente desarrolladas. A esta se le determinó la prolina colorimétricamente mediante el método desarrollado por Bates *et al.* (1973) comprobado para cítricos por Laborem *et al.* (1991), leída en Spectronic-20 a una longitud de onda de 250  $\mu\text{m}$ . La lámina de agua aplicada fue constante e igual a 73,17 mm para cada tratamiento, que distribuidos en el tiempo resultaron iguales a 14,6  $\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$  para la frecuencia de riego de 5 días; 7,32  $\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$  para un riego cada 10 días; 7,32  $\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$  para un riego cada 10 días y de 4,87  $\text{mm}\cdot\text{día}^{-1}$  para un riego cada 15 días, respectivamente. Aplicada en un recipiente cuyo diámetro es igual a 0,59 metros (Cuadro 2).

Las características físicas del suelo al inicio del experimento se presentan en el cuadro 4a. En él se puede observar una textura franco-arenosa, contenido de agua aprovechable de 8,92%; densidad aparente de 1,06  $\text{gr}\cdot\text{cm}^{-3}$  y un almacenamiento máximo de humedad de 69,50 mm. El bajo valor en la densidad aparente se debe fundamentalmente a la mezcla de suelo utilizado, el cual como ya se indicó en M y M consiste de 1/3 en partes iguales de suelo cernido, arena aluvial y turba.

**Cuadro 3.** Esperanza de los cuadrados medios para el análisis de la varianza según arreglo factorial (5x3x3), utilizando el modelo mixto tipo III\*.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios esperados	F
Mest	(m-1)	SC (muest)	CM <sub>1</sub>	CM <sub>1</sub> CM <sub>8</sub>
Patrón	(p-1)	SC(patrón)	CM <sub>2</sub>	CM <sub>4</sub> CM <sub>8</sub>
Frieg	(f-1)	SC(frieg)	CM <sub>3</sub>	CM <sub>5</sub> CM <sub>8</sub>
Patrón * Muest	(p-1) (m-1)	SC(patrón*muest)	CM <sub>4</sub>	CM <sub>6</sub> CM <sub>8</sub>
Frieg * Muest	(f-1) (m-1)	SC(frieg*muest)	CM <sub>5</sub>	CM <sub>7</sub> CM <sub>8</sub>
Patrón * Frieg	(p-1) (f-1)	SC(patrón*frieg)	CM <sub>6</sub>	CM <sub>8</sub> CM <sub>8</sub>
Patrón * Frieg * Mest	(p-1) (f-1) (m-1)	SC(patrón*frieg*mest)	CM <sub>7</sub>	CM <sub>9</sub> CM <sub>8</sub>
Error	(p-1) (f-1) (m-1) (r-1)	SCE	CM <sub>8</sub>	
TOTAL	(m.p.f.r)-1	SCT		

\*De acuerdo a Steel y Torrie (1985).

**Cuadro 4a.** Análisis físico-químico del suelo al inicio del experimento\* (1988).

Profundidad	Arena	Limo	Arcilla	Textura	M.O	Retención	Humedad	A.A.	D.Ap	Almacenamiento máximo
(cm)	(%)	(%)	(%)		(%).	33 Kpa	1500 Kpa	(%)	(Mg.m <sup>-3</sup> )	(mm)
0-73,48	70,6	19,0	10,4	F.aren	0,51	14,68	5,76	8,92	1,06	69,5

\*Laboratorio de Suelos del CENIAP.

**Cuadro 4b.** Análisis del suelo al término del experimento\* (1992).

Profundidad	K	P	Ca	pH	MO	Ce
(cm)	(mg.Kg <sup>-1</sup> )	(mg.Kg <sup>-1</sup> )	(mg.Kg <sup>-1</sup> )		(%)	(ds.m <sup>-1</sup> )
0-40	72	3,6	1500	8,2	1,42	0,08

\*Laboratorio de Suelos del CENIAP.

En el cuadro 4b aparecen características químicas del suelo, las cuales fueron tomadas para interpretar la fertilidad del mismo una vez concluido el experimento.

En el cuadro 5 se presentan valores de tensión de humedad del suelo, obtenidos a partir de la humedad gravimétrica de muestras de este, tomadas antes de cada riego. Para 1988 resultaron estadísticamente no significativas, mientras que para 1989, 90 y 91 existen diferencias significativas ( $\alpha = 0,05$ ). Durante los tres años en cuestión, la lámina aplicada cada cinco días resultó suficiente para mantener la mejor condición de humedad en el suelo; mientras que las tensiones creadas por los tratamientos cada 10 y 15 días, provocaron una situación de inadecuada suplencia hídrica. Aún cuando los valores de tensión del año 1992 resultan estadísticamente no significativos, presentan una tendencia parecida a la de los tres años precedentes. Los niveles de tensión del suelo permiten hacer algunas consideraciones dependiendo del patrón utilizado y del tratamiento aplicado. Para el año 1988, aún cuando

los niveles de tensión resultaron estadísticamente no significativos, comienza a observarse una tendencia en la pérdida de agua en el suelo producto de la capacidad de absorción de cada patrón. Es así como 'Volkameriana' es la primera en aumentar las tensiones de 0,165 a 0,217 Mpa (Megapascal) con respecto a los otros patrones, para los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>, respectivamente. Para el año 1989 y regando cada cinco días, 'Cleopatra' creó una tensión de 0,079 MPa, 'Volkameriana' de 0,090 y 'Carrizo' de 0,020 MPa. Al aplicar el riego cada 10 días, la humedad existente en el suelo por las plantas fue de 0,788 MPa para 'Cleopatra'; 1,002 MPa para 'Volkameriana' y de 0,815 MPa para 'Carrizo'. Valores entre 0,7 y 0,8 MPa marcan el límite superior de una cada vez mayor dificultad de obtención de agua por el vegetal, esto quiere decir que para este caso, el patrón 'Volkameriana' comienza a sufrir los rigores de la carencia del líquido. Este déficit hídrico aumenta aún más cuando el espaciado en la aplicación del riego se hace mayor (riego cada 15 días), se observa que para 'Volkameriana' la tensión con la cual se está reteniendo el agua en

el suelo es de 1,312 MPa valor éste muy cercano de los 1,5 MPa, considerado como el punto de marchitez permanente. Para los años subsiguientes (1990 y 91), con la excepción del primer tratamiento (riego cada 5 días), las plantas se encuentran en un medio seco producto del distanciamiento con el cual se aplica el riego, haciendo que la lámina aplicada en el suelo se encuentre retenida a 1,5 MPa. En este punto resulta interesante resaltar cual de los patrones estudiados posee una mayor capacidad de regeneración al aplicársele el nuevo riego. Según (Salibe 1977), citado por Monteverde (1982), el patrón limón 'Volkameriana' es resistente a la sequía. Por su parte Laborem *et al.* (1991), en trabajo de dos años de evaluación consideran a dicho patrón como vulnerable a la sequía, debido a la alta tasa de extracción del líquido. Si consideramos los resultados obtenidos durante cinco años, en donde el estrés producido por la aplicación del riego cada 10 y 15 días, determinan la misma respuesta sin discriminación de patrones, permiten aseverar en líneas generales que tanto 'Cleopatra' como

'Volkameriana' y 'Carrizo' son tolerantes a la sequía, ya que son capaces de soportar las condiciones anteriormente descritas y recuperarse luego de aplicarles nuevamente el riego sin disminución o pérdida aparente de follaje. Así mismo, tampoco se observó reducción ostensible de la tasa de crecimiento, el desarrollo de la parte aérea en todo momento guardó relación con el vigor inferido por el patrón respectivo. Esta condición de tolerancia a la sequía es importante por cuanto permite, si esta es controlada, no incidir en los niveles de productividad, así lo afirma Pire *et al.* (1992). Los valores reportados para los tratamientos cada 10 y 15 días del año 1992 (Cuadro 5), no guardan relación con los anteriores, la explicación es atribuible posiblemente al contenido de materia orgánica formada a expensas de la concentración de raíces, como consecuencia de su confinamiento durante cinco años, así puede verse en el cuadro 4b en donde el contenido de materia orgánica resulta ser de 1,42%, el cual contrasta con el valor de 0,51% obtenido al inicio del estudio (Cuadro 4a).

**Cuadro 5.** Tensión de humedad del suelo antes del riego.

Tratamiento	Patrón	Año				Tensión de Humedad (Mpa)
		1988	1989	1990	1991	
T1	Cleopatra	0,045 a*	0,079 b	0,082 b	0,139 b	0.084 a
	Volkameriana	0,045 a	0,090 b	0,272 b	0,151 b	0.202 a
	Carrizo	0,045 a	0,020 b	0,258 b	0,109 b	0.106 a
T2	Cleopatra	0,052 a	0,788 a	1,500 a	1,500 a	0.259 a
	Volkameriana	0,165 a	1,002 a	1,500 a	1,500 a	0.169 a
	Carrizo	0,045 a	0,815 a	1,500 a	1,500 a	0.213 a
T3	Cleopatra	0,053 a	0,849 a	1,500 a	1,500 a	0.383 a
	Volkameriana	0,217 a	1.312 a	1,500 a	1,500 a	0.250 a
	Carrizo	0,087 a	0,875 a	1,500 a	1,500 a	0.588 a
Nivel de Significancia.		N.S.	0,05	0,05	0,05	N.S.

\* Medias de igual letra no difieren estadísticamente. Studentized Maximun Modulus (GT<sub>2</sub>)

**Cuadro 6a.** Efecto patrón sobre el contenido de prolina durante cinco años.

Patrones	Años					Media
	1988	1989	1990	1991	1992	
<b>µg Prolina . (g Materia fresca)<sup>-1</sup></b>						
Cleopatra	47,13a*	30,30a	45,67 a	43,24 b	50,50 a	43,36 a
Volkameriana	48,39a	25,61 a	51,62 a	52,36 a	48,57 a	45,31 a
Carrizo	40,28 b	20,27 a	47,86 a	47,48 a,b	45,38 a	40,23 a
Nivel de Significancia	0,05	N.S.	N.S.	0,05	NS	NS
C.V.	11,54	36,91	15,13	13,11	17,34	

\* Medias de igual letra no difieren estadísticamente. Studentized Maximun Modulus (GT<sub>2</sub>).

**Cuadro 6b.** Efecto riego sobre el contenido de prolina, durante cinco años.

Frecuencia de riego	Años					Media
	1998	1989	1990	1991	1992	
<b>µg Prolina . (g Materia fresca)<sup>-1</sup></b>						
Cada 5 días	45,08 a	11,31 c*	37,06 c	34,06 c	30,70 b	31,64 c
Cada 10 días	46,68 a	26,09 b	45,93 b	47,44 b	52,39 a	43,71 b
Cada 15 días	44,03 a	38,78 a	62,10 a	61,58 a	61,26 a	53,54 a
Nivel de significancia	NS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

\* Medias de igual letra no diferencia estadísticamente, Studentized Maximun Modulus (GT<sub>2</sub>).

La susceptibilidad de los patrones al estrés fue medida a través de la síntesis de prolina, ya que como lo demostró Laborem *et al.* (1991), su contenido foliar constituye un indicador a los déficit hídricos al cual es sometida la planta. En el cuadro 6a, se observa que dicha síntesis resulta significativa en 1988 y no significativa en 1989, 1990 y 1992. Igualmente se observa que cada patrón se comporta diferente en la síntesis del aminoácido, constituyéndose esta en una respuesta al déficit hídrico, provocada por la acción mancomunada de la frecuencia de riego y la capacidad de extracción de agua que posee cada patrón en particular. Los promedios obtenidos señalan que el mayor contenido de prolina es sintetizado por 'Volkameriana', seguido por 'Cleopatra' y en menor cantidad por 'Carrizo', coincidiendo con Wagner *et al.* (1995). La influencia que la frecuencia de riego tiene en la síntesis de prolina se presenta en el cuadro 6b, con la excepción del primer año en el cual no se presentaron diferencias estadísticamente significativas, resultó significativa ( $\alpha = 0,05$ ) para la síntesis del aminoácido los años 89, 90, 91 y 92; durante los años en cuestión el modelo o patrón de síntesis fue siempre el mismo, es decir, la cantidad de prolina se incrementa en la medida en la cual disminuye la frecuencia de riego. La prueba de  $GT_2$  indica que con la frecuencia  $T_3$ , se obtuvo el mayor contenido de prolina, además resultó estadísticamente diferente a la  $T_2$ , la cual es mayor y diferente estadísticamente a  $T_1$ . Estos resultados reafirman el carácter de indicador de la prolina para plantas sometidas a inadecuado suministro de agua, señalado en su momento por Laborem *et al.* (1991). Igualmente coincide con lo obtenido por

Ferrarotto (2000), quien encontró un aumento en el contenido de prolina foliar en aquellas plantas de *Amaranthus dubius* sometidas a déficit hídrico. La explicación al incremento del aminoácido lo explican Iyer y Caplan (1998), quienes encontraron que la prolina funciona como protector o estabilizador de enzimas de aquellas membranas sensibles a la deshidratación. Su utilización como método de rutina, en trabajo en donde se midió el estrés hídrico al cual fueron sometidas las plantas, permitió a Wagner *et al.* (1995), concluir que el alto contenido de prolina registrado en el patrón 'Volkameriana' en comparación con los otros patrones estudiados, se debió a su condición de mayor extractante del agua en el suelo, provocando de esta manera mayor estrés en dicho patrón, el cual se reflejó en una mayor síntesis del aminoácido

El efecto producido por la interacción patrón x frecuencia de riego en la síntesis de prolina se presenta en el cuadro 7, en donde se reafirma como la concentración de prolina en las hojas se incrementa proporcionalmente con los déficit hídricos, coincidiendo con los trabajos de Pulvis y Yelenosky (1983); Moreno y García (1984); Torres *et al.* (1986) y Laborem (1995). La interacción altamente significativa encontrada para (M x P) y (M x F) (Cuadro 8), permite reafirmar que las diferencias entre frecuencias varía con los momentos o períodos de muestreos, lo que sugiere la necesidad de realizar varios muestreos durante el período experimental, los cuales deben realizarse en la época de sequía.

**Cuadro 7.** Efecto del patrón y riego sobre el contenido de prolina durante cinco años.

Patrón x Frecuencia	Año				
	1988	1989	1990	1991	1992
	$\mu\text{g Prolina} \cdot (\text{g Materia fresca})^{-1}$				
Cleop. X 5 días	52,04 a*	14,03 c	39,03 d	29,11 c	24,37 d
Cleop x 10 días	47,48 a	31,95 abc	42,36 bcd	40,65 abc	52,32 abcd
Cleop. X 15 días	47,89 a	45,86 a	60,82 abc	62,39 a	64,97 a
Volka. X 5 días	55,42 a	8,80 d	42,13 cd	36,04 bc	31,62 abcd
Volka, x 10 días	49,00 a	22,49 bc	49,18 abcd	58,30 ab	49,18 abcd
Volka x 15 días	48,10 a	42,90 ab	62,73 ab	61,25 ab	53,89 abc
Carrizox 5 días	37,42 b	12,17 c	32,53 d	35,02 c	25,34 d
Carrizox 10 días	49,33 a	22,24 bc	51,84 abcd	48,34 abc	47,42 abcd
Carrizo x 15 días	43,28 a	28,83 abc	63,88 a	60,29 ab	56,53 ab
Nivel de significancia	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

\* Medias de igual letra no difieren estadísticamente ( $GT_2$ ).

**Cuadro 8.** Análisis de varianza del contenido de prolina durante cinco años.

Fuente de emisión	Año									
	1988		1989		1990		1991		1992	
	$\mu\text{g Prolina} \cdot (\text{g Materia fresca})^{-1}$									
	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM	GL	CM
Muestreo(M)	4	0,31**	2	9,81**	5	2,80**	6	0,71**	6	2,00**
Patrón (P)	2	0,15*	2	0,39	2	0,09	2	0,25**	2	0,04
Frec. Riego(F)	2	0,01	2	4,14**	2	2,00**	2	2,36**	2	1,93**
M x P	8	0,05	4	0,22	10	0,11	12	0,03	12	0,17**
M x F	8	0,02	4	0,28	10	0,40**	12	0,13**	12	0,47**
P x F	4	0,11*	4	0,24	4	0,06	4	0,04	4	0,44**
M x P x F	16	0,03	8	0,09	20	0,06	24	0,04	24	0,11**
Error	225	0,03	135	0,16	270	0,06	315	0,04	252	0,07
Total	269		161		324		377		354	
Media	45,26		25,39		48,38		47,69		48,12	
C.V. (%)	11,54		36,91		15,13		13,11		17,42	

**Cuadro 9.** Efecto del muestreo sobre el contenido de prolina durante cinco años.

Número de muestreos	Ciclos anuales				
	1987-88	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92
	<b>µg Prolina . (g Materia fresca)<sup>1</sup></b>				
M1 - Diciembre	44,38 bc*	4,93 c	55,67 ab	32,40 b	30,51 d
M2 - Enero	39,39 e	29,48 b	70,41 a	30,62 b	24,64 e
M3 - Febrero	56,27 a	41,77 a	45,16 c	55,68 a	67,36 ab
M4 - Marzo	47,77 ab		43,02 bc	53,02 a	77,32 a
M5 - Abril	38,51 bc		56,82 ab	56,19 a	53,83 be
M6 - Mayo			19,21 d	59,25 a	39,73 cd
M7 - Junio				46,70 a	43,44 cd
Nivel de significancia	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

\* Medias de igual letra no difieren estadísticamente (GT<sub>2</sub>).

En el cuadro 9 se observa que a partir de diciembre en la medida en que se avanza hacia la época de sequía y según sean las condiciones que priven para cada año en particular; los contenidos de prolina son mayores y estadísticamente diferentes a los anteriores. Tal como lo describe Laborem *et al.* (1991), es de esperarse esta situación debido al crecimiento de la planta, la cual exigirá mayor cantidad de agua a medida que se avanza en el tiempo, influyendo en el agotamiento del suelo.

### CONCLUSIONES

Para los años 1988 y 91 estadísticamente se encontraron diferencias significativas entre los patrones estudiados para el contenido de prolina sintetizado. Aún cuando para los años 1989; 90 y 92 no se encontraron diferencias en los patrones para la síntesis del aminoácido en cuestión, se observó una clara tendencia entre ellos a dicha síntesis.

Con la excepción de 1988, estadísticamente se encontraron diferencias significativas en el contenido de prolina sintetizado de acuerdo al tratamiento aplicado. Correspondiéndole a T<sub>3</sub> (riego cada 15 días) inducir la mayor cantidad, seguido por T<sub>2</sub> (riego cada 10 días) y en menor proporción por T<sub>1</sub> (riego cada 5 días).

Se detectó la buena capacidad de recuperación al estrés hídrico controlado, que poseen los patrones 'Cleopatra', 'Volkameriana' y 'Carrizo'.

A fin de no caer en niveles de tensión de humedad críticos en el suelo y cuando las plantas de 'Valencia' injertadas sobre 'Cleopatra', 'Volkameriana' y 'Carrizo' sobrepasan los dos años de edad, se sugiere en lo posible, regar con una frecuencia que no exceda los cinco días.

### LITERATURA CITADA

- Avilán R., L., L. Meneses., R. Sucre y O. Pérez.** 1980. Efecto de algunas propiedades físicas del suelo sobre la distribución radical y la producción de cítricos. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. Trop. Reg. Vol 24:77-84.
- Bates, L., R. Waldren y D. Teare.** 1973. Rapid determination on free proline for water stress studies. Plan and Soil, (39):205-207.
- Castle, W., D. Tucker., A. Krezdorn y C. Youtsey.** 1993.

Rootstocks for Florida citrus. Univ. of Florida. Second Edition. 92 p.

**Chirinos, A. y R., González.** 1975. Análisis de suelo con fines de fertilidad. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. (Ven.). 56 p.

**Ewel, J. y A. Madriz.** 1968. Zonas de vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. (MAC). Dirección de Investigaciones, 264 p.

**Ferrarotto, M.** 2000. Crecimiento y relaciones hídricas en *Amaranthus dubius* Mart. Y *Amaranthus cruentus* L. Bajo condiciones de deficiencia de agua. Univ. Central de Venezuela. Fac. de Agronomía. Instituto de Botánica Agrícola. Trabajo de Ascenso. 116 p.

**Iyer, S. y A. Caplan.** 1998. Products of proline catabolism can induce osmotically regulated genes in rice. Plant Physiology. 116:203-211.

**Jerez, M.** 1987. La prolina y su relación con el estrés hídrico. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Rev. del Ministerio de Educación Superior. Cuba. 30 p.

**Jerez, E. y J. Dell'Amico.** 1983. Algunos aspectos del régimen hídrico de las plantas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Rev. del Ministerio de Educación Superior. Cuba. 29 p.

**Laborem, G., M. Wagner y F. Reyes.** 1991. Concentración de prolina como indicador de déficit hídrico en tres patrones cítricos. Frutis, Vol.46 (3):259-264.

**Laborem, G.** 1995. Concentración de prolina como indicador de déficit hídrico en tres patrones cítricos. Univ. Rómulo Gallegos. San Juan de los Morros. Trabajo de ascenso. 30 p.

**Monteverde, E.** 1982. La tristeza de los cítricos en Venezuela, sugerencia para su control. Rev. FONAIAP-Divulga, 1(6):8-11.

**Moreno, J. y J. García.** 1984. Nitrogen accumulation and mobilization in citrus leaves throughout the annual cycle. Plant Physiol. 61(3):1429-1434.

**Papadakis, J.** 1975. Clasificación de climas and their potentialities. Ed. Papadakis, Buenos Aires, 200 p.

**Pire, R., D. Bautista y E. Rojas.** 1992. Efecto de la humedad del suelo sobre el desarrollo vegetativo y reproductivo del naranjo dulce. Memorias del IV Congreso nacional de Fruticultura. Maracaibo, Venezuela. Rev. de Agronomía (LUZ). Vol.9 (2 y 3):158 p.

**Pulvis, A. y G. Yelenosky.** 1983. Translocation of carbohydrates and proline in young grapefruit. *Plan Physiol.* 73(4): 877-880.

**Samson, J.** 1991. Fruticultura tropical. Editorial Limusa. 396 p.

**Steel, R. y J., Torrie.** 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2da. Edición. Mc. Graw-Hill. Book Co., Inc. Nueva York. pp. 662.

**Torres, A., L. García y R. Díaz.** 1986. Influencia de los patrones sobre los pigmentos fotosintéticos, las relaciones hídricas, el contenido de proteínas y prolina libre en las hojas de los árboles cítricos. Memorias Simp. Int. Citricultura Tropical. Vol. II. 109-114.

**Wagner, M., R. Guevara y H. Pacheco.** 1984. Evaluación de dos métodos de riego en el Sistema de Riego Suata-Tai-guaigui. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. (Ven.). 30p.

**Wagner, M., G. Laborem, G. Medina y L. Rangel.** 1995. Prolina en naranja 'Valencia' en función de la disponibilidad de agua en un Mollisol. Memorias, XIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela. Mimeografiado, 8 p.