

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto del coeficiente de estrés hídrico sobre los rendimientos del cultivo de cebolla

Effect of the coefficient of hydric stress on the yields of the onion crop

Carmen E. Duarte Díaz¹, Elisa I. Zamora Herrera² y María León Fundora²

RESUMEN. Se estudió el efecto del coeficiente de estrés hídrico (Kc) sobre los rendimientos del cultivo de cebolla, a través de un gradiente de evapotranspiración (Etc), que incluyó condiciones estándar, (100% de la Etc, determinada experimentalmente) y cuatro niveles de reducciones simuladas de la Etc (Etc-aj) para las condiciones no estándar. Las simulaciones se realizaron con auxilio del programa CROPWAT 8.0, que incorpora el modelo Penman Montheith, modificado por FAO. Para cada variante, se calcularon los coeficientes de cultivo (Kc), siendo los coeficientes de cultivos globales de la cebolla, 0,64; 0,57; 0,53, 0,51 y 0,45 además se determinaron los coeficientes de estrés hídrico (Ks) (1, 0,55; 0,45; 0,37 y 0,33) respectivamente; y se evaluó la influencia de los mismos sobre el rendimiento fresco de la cebolla los cuales oscilaron entre 18,7 y 13,1 kg/m² en función de la variación relativa de la evapotranspiración, con reducciones hasta el 68% de la producción para la variante más extrema. El conocimiento sobre las potencialidades del uso del agua en diferentes escenarios de suministro, constituyen las bases científicas para proyectar medidas de adaptación y mitigación para la producción de cebolla, en condiciones de sequía.

Palabras clave: cebolla, stress, CROPWAT.

ABSTRACT. The effect of the coefficient of hydric stress (Kc) was studied on the yields of the onion cultivation, through an evapotranspiration (Etc) gradient that included conditions standard, (100% of the Etc, determined experimentally) and four levels of simulated reductions of the maximum Etc for the non standard conditions. The simulations were carried out with aid of the program CROPWAT 8.0 that incorporates the pattern Penman Montheith, modified by FAO. For each variant, the coefficient culture (Kc) were calculated, being the coefficients of global crop of the onion, 0,64; 0,57; 0,53; 0,51 and 0,45 and of hydric stress coefficients (Ks) were also determined (Ks) (1, 0,55; 0,45; 0,37 and 0,33) respectively; to evaluate their influence on the fresh yield, it was evaluated which oscillated between 18,7 and 13,1 kg/m² in function of the relative variation of the evapotranspiration, with reductions until 68% of the production for the most extreme variant. The knowledge about the potentialities of the use of the water in different supply scenarios, they constitute the scientific bases to project about adaptation and mitigation for the onion fresh production, under conditions of drought.

Keywords: onion, stress, CROPWAT.

INTRODUCCIÓN

La sequía es uno de los desastres naturales de carácter hidrológico más nocivos conocidos en el planeta. Su acrecentada influencia en Cuba, ha dado lugar a que se le considere como “uno de los mayores desastres naturales, el más frecuente y persistente y de mayores efectos negativos para la producción agrícola, como también de impactos adversos reales y potenciales sobre el medio ambiente (IIRD, 2010). Una de las medidas para mitigar los efectos de la sequía, consiste en

el ahorro y uso eficiente del agua de riego, además de utilizar la fitotecnia adecuada, para proporcionar una mayor efectividad de la lluvia y la conservación de la humedad del suelo. El índice de aridez constituye un indicador de importancia a tener en cuenta para desarrollar la política del agua correctamente, el cual relaciona el valor de la precipitación ocurrida, con la evapotranspiración de referencia de la zona (Vázquez *et al.* 2007), relación importante a tener en cuenta en la selección agronómica de las áreas con limitación de recursos hídricos.

Recibido 19/05/11, aprobado 20/07/12, trabajo 54/12, artículo original.

¹ Dr. C., Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Apdo. Postal 6090. La Habana. Cuba, E-✉: carmen@iagric.cu

² M. Sc. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric).

Para suplir las necesidades de agua en el suelo de un cultivo determinado se requiere del riego, y compensar las pérdidas sufridas por evapotranspiración que las precipitaciones no pueden suplir. Entonces se precisa, entre otros métodos efectivos, realizar el balance diario del agua presente en la zona radicular, para planificar las láminas y los momentos de riego.

La escasa disponibilidad de los recursos hídricos, unido a los altos costos del riego, obliga a adoptar cambios en el manejo de éste, para contribuir a la obtención de producciones económicamente rentables, con dotaciones hídricas inferiores a la que los cultivos requieren para su óptimo crecimiento y producción. Para ello es fundamental conocer los efectos del déficit hídrico sobre la producción y la calidad de las cosechas través del manejo en el riego, teniendo en cuenta la evapotranspiración de cultivo, y así establecer lo que se conoce como riego deficitario controlado que surge con el fin de optimizar el uso del recurso hídrico, que como concepto plantea la reducción de la cantidad de agua aplicada a un determinado cultivo, (Sánchez y Torrecillas, 1995; Ramos, 1999).

El riego deficitario controlado, según Sánchez (2009), constituye una estrategia de aplicación del agua para reducir los aportes hídricos en los períodos fenológicos en los que un déficit hídrico controlado no afecta sensiblemente a la producción y calidad de la cosecha para cubrir plenamente la demanda de la planta durante el resto del ciclo del cultivo.

Los coeficientes de cultivo (Kc) constituyen los principales indicadores para conocer los requerimientos hídricos de la planta. Estos se obtienen relacionado la Evapotranspiración de cultivo (Etc), con la Evaporanspiración del cultivo de referencia (Eto), (ésta última determinada a través de la ecuación de Penman Monteith, modificada por FAO). (Allen *et al.* 2006). Los efectos del estrés hídrico sobre el valor la ET del cultivo se reflejan mediante la reducción del valor del coeficiente del cultivo, afectados por el coeficiente de estrés hídrico (Ks). Este es un factor adimensional de reducción de la transpiración que depende de la cantidad de agua disponible en el suelo y describe el efecto de la reducción hídrica en la planta, en función de la cantidad de agua disponible en el suelo (Allen *et al.* 2006).

Además, para conocer la reducción relativa de la productividad en función de la reducción de la Evapotranspiración del cultivo generada por falta de agua, se utiliza el factor de respuesta de la productividad (Ky).

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto y la necesidad de crear bases científicas en el país para realizar acciones que tributen a la mitigación y adaptación de la sequía, analizando su evolución dirigida hacia el uso eficiente del agua y de los sistemas de riego, se requiere evaluar la influencia del coeficiente de estrés hídrico en el cultivo de la cebolla a diferentes niveles de humedad en el suelo y predecir su afectación sobre los rendimientos. Para este fin, es posible utilizar la información de la evapotranspiración del cultivo de la cebolla determinada en condiciones experimentales, para la simulación de niveles de reducción hídrica, el programa de ordenador para planificar y manejar el riego Cropwat de Smith (1993), y por el método de ordenador Cropwat 8.0 de Smith *et al.* (2007).

MÉTODOS

Se trabajó en la Estación Experimental de Riego y Drenaje del otrora IIRD, hoy IAgriC, situada en el municipio de Alquizar; provincia Artemisa (Latitud 22° 46' N y Longitud 82° 37' W), a seis metros sobre el nivel medio del mar. Los datos climáticos fueron tomados de la estación meteorológica situada en el lugar de la investigación. Los parámetros del clima medidos diariamente fueron: temperatura media, humedad relativa, velocidad del viento, precipitación, insolación y evaporación, de los años 1997 y 1998; lo cual se utilizó para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (Eto) teniendo en cuenta el método de Penman Monteith y los criterios de la FAO, propuestos por Allen *et al.* (2006). Como herramienta computacional se utilizó para los cálculos el programa Cropwat 8.0. Los valores de la Eto se encuentran en la Tabla 1.

TABLA 1. Valores medios de la evapotranspiración de referencia (Eto) en el cultivo de la cebolla para el período noviembre- abril de los años de estudio, con enfoque FAO Penman-Monteith

Meses	Eto (mm/día)
Noviembre	3,7
Diciembre	2,9
Enero	3,4
Febrero	4,1
Marzo	5,3
Abril	5,5
Promedio	4,2

Las variables evapotranspiración (Etc), coeficiente de cultivo (Kc) y coeficiente de estrés hídrico (Ks) se determinaron experimentalmente para condiciones estándar (con máxima satisfacción de requerimientos de agua del cultivo de la cebolla: 100% de Etc) (Tabla 2).

Se modelaron cuatro (4) variantes para la simulación de condiciones no estándar, (con deficiencias de disponibilidad de agua en el suelo) en función de la evapotranspiración máxima de cultivo, considerando reducciones de la misma entre 10 y 30%. Se realizaron los cálculos de Etc en el programa Cropwat 8.0, para cada una de las variantes y se calcularon los coeficientes de cultivo, así como los coeficientes de estrés hídrico, con el propósito de conocer las variaciones en los rendimientos en función de la limitación del agua aplicada.

Se determinó el coeficiente de estrés hídrico a través del programa considerando un efecto simple de condiciones subóptimas de humedad del suelo de acuerdo a la ecuación $E_{Tc-aj} = E_{Tc} \cdot K_s$ propuesta por Allen *et al.* (2006).

Los umbrales simulados como límite mínimo de humedad permisible, representan el (90, 85, 80 y 70 %) de la ETC máxima (determinada experimentalmente); fueron ajustados para la programación de riego del cultivo. Se utilizó para la planificación la opción de regar entre los límites mínimos seleccionados y hasta la capacidad de campo. El procesamiento de actualización del régimen hídrico por el programa de ordenador se realizó en 2011, con los valores medios de los años de estudio.

TABLA 2. Requerimientos hídricos para el cultivo de la cebolla para condiciones estándar

Month	Decade	Stage	Kc	ETc	ETc	Eff rain	Irr. Req.
			coeff	mm/day	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	1	Init	0,49	1,97	17,7	8,1	8,7
Nov	2	Init	0,49	1,83	18,3	6,8	11,6
Nov	3	Init	0,49	1,70	17,0	4,5	12,5
Dec	1	Deve	0,54	1,70	17,0	0,1	16,9
Dec	2	Deve	0,67	1,88	18,8	0,0	18,8
Dec	3	Deve	0,79	2,39	26,3	0,0	26,3
Jan	1	Deve	0,92	2,98	29,8	0,0	29,8
Jan	2	Deve	1,04	3,53	35,3	0,0	35,3
Jan	3	Mid	1,10	3,97	43,7	0,1	43,6
Feb	1	Mid	1,10	4,23	42,3	6,1	36,2
Feb	2	Mid	1,10	4,49	44,9	9,2	35,7
Feb	3	Mid	1,10	4,93	39,4	11,4	28,0
Mar	1	Late	1,07	5,32	53,2	14,6	38,7
Mar	2	Late	0,87	4,70	47,0	17,4	29,6
Mar	3	Late	0,62	3,36	37,0	15,7	21,3
Apr	1	Late	0,43	2,32	11,6	6,7	4,9
				499,2	100,6	397,7	

La variedad Red creole se utilizó como representativa del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.)

El suelo del área en estudio se clasificó como Ferralítico Rojo compactado (Hernández *et al.*, 1999).

Para los datos experimentales de base se tuvo en cuenta la preparación de tierra, la cual se realizó según lo orientado por el *Instructivo Técnico de la cebolla* (1984) y se fertilizó atendiendo a las normas técnicas del cultivo.

Se evaluó la calidad del agua utilizada para el riego, la cual es de origen subterráneo cálcica, característica de la zona sur de Artemisa, la cual no presenta restricciones para el riego de la cebolla según Casas (1999).

Los rendimientos de la cebolla estimados a partir del programa CROPWAT 8.0 y relacionados con distintos tenores de evapotranspiración del cultivo ajustados; se calcularon a través de la ecuación de reducción de rendimiento por estrés hídrico.

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = K_y \left(1 - \frac{ET_{c-aj}}{ET_c}\right)$$

Donde Y_a representa el rendimiento alcanzable en condiciones reales, Y_{max} es el máximo rendimiento de la cebolla a plena satisfacción siendo en éste caso el rendimiento logrado bajo en riego con la ET al 100 %, ET_{c-aj} es la evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar (con niveles de reducción de la ETc) y ET_c es la evapotranspiración del cultivo de la cebolla en condiciones estándar.

Se utilizó el programa estadístico Statgraphic plus para el análisis estadístico y prueba de los modelos de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 representa la evolución de los valores calculados de la evapotranspiración de cultivo representando cinco niveles de reducción de la misma (hasta 70%).

Aquí se aprecia que la evapotranspiración máxima del cultivo de la cebolla coincide con el valor 1 del Ks, lo que se interpreta como ausencia de estrés hídrico, tal como plantean Allen *et al.* (2006) y que se alcanza el máximo global del coeficiente de cultivo (Kc). También puede observarse la reducción gradual de los indicadores Kc y Ks de acuerdo al decrecimiento de la evapotranspiración ajustada a las varian-tes de reducción.

Los coeficientes de cultivo promedio de los dos años ajustados en la corrida del programa (Kc inicial 0,49- Kc medio 0,93 – Kc 0,75) que aparecen en la Tabla 2, son semejantes con los obtenidos por Bossie *et al.*, (2009) con los valores de 0,47- 0,99- 0,46 según las fases de desarrollo del cultivo, para los dos primeros puntos inicial y medio aunque el final se aleja un poco, probablemente referido a la variedad y el tiempo de exposición en el campo en su etapa final. Se pueden comparar además, con (0,45- 0,8-0,3), coeficientes que se presentan en los estudios de la FAO (2006), de igual forma para las dos etapas iniciales del período vegetativo, no así para la última. En estos últimos casos el valor de Kc final difiere ligeramente, dado por las diferencias relativas a la permanencia del cultivo en el campo, ciclo del cultivo de la variedad y del momento en que fue suspendido el riego antes de la cosecha.

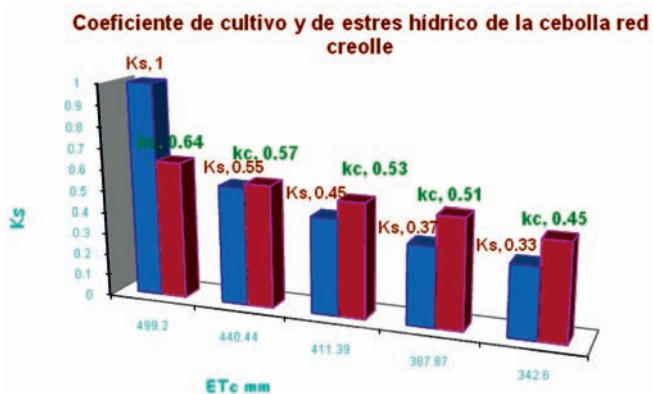


FIGURA 1. Coeficiente de cultivo y coeficiente de estrés hídrico de la cebolla variedad Red creolle en función de la evapotranspiración ajustada.

Desde el punto de vista agronómico, lo más importante del coeficiente de estrés hídrico, es el manejo que permite realizar en la gestión del riego, su efecto sobre la producción y en su repercusión más en la producción obtenida en la parte aérea que en la zona subterránea (De Santa Olalla y Valero, 1993).

Del estudio relacionado con la evapotranspiración de cultivo y el coeficiente de estrés calculado a partir de los criterios propuestos por Allen *et al.* (2006) y analizándolo a partir de la evapotranspiración ajustada, por su variación en cuanto a la desviación de la misma del valor absoluto para las condiciones reales; se evaluó el rendimiento del cultivo de la cebolla para los diferentes tenores, lo que contribuyó a utilizar normas de riego de diferente magnitud, en función de los requerimientos forzados por las variantes utilizadas.

En la Figura 2, se aprecia la evolución de los posibles rendimientos en función del déficit hídrico caracterizados por el valor global de k_y (factor de respuesta del rendimiento) propuesto por (FAO 33). Los rendimientos se presentan con valores en peso fresco, a lograr según las variaciones en la ETc del cultivo. Se realizó un análisis de comparación entre las medias por el programa Stacgrafic plus 4, que refleja diferencias significativas entre las medias con una desviación típica de $\pm 58,56$ para la evapotranspiración de cultivo y $\pm 2,08$ en el rendimiento.

La Figura 2 además, permite observar que la producción máxima, obtenida experimentalmente (18,7 t/ha) es superior al valor de la media nacional obtenidos por Muñoz y Prats, (2004) que es de 12,3 t/ha, alcanzados en la antigua provincia La Habana, en condiciones edafoclimáticas semejantes a las experimentales de este trabajo. Los resultados alcanzados, estiman una reducción del orden de 88,23, 82,41, 77,7 y 68,63% respectivamente, según los tratamientos, tomando como referencia, los rendimientos logrados con el riego a la ETc al 100 %. Los resultados de la producción, podrían definirse en función del manejo integral del cultivo y conociendo la conveniencia de lograr producciones, disminuídas, pero con estimados preliminares de la misma. Los resultados servirían además para pronosticar y/o ayudar a decidir a los regantes de acuerdo a las zonas agroclimáticas, disponibilidades de agua

y estrategias de selección de cultivo, con criterio económico. Independientemente que, según Ramos (1999), éste cultivo requiere de clima seco, mucha insolación y es relativamente resistente a la sequía, no deberá faltar agua en las fases de germinación y desarrollo de raíces y bulbos.

Los coeficientes de estrés hídrico estimados sobre la evapotranspiración del cultivo de la cebolla, describieron un efecto de déficit de agua en el suelo, el cual se asume que se reduce linealmente en proporción a la reducción de agua disponible en la zona radicular. Como se utilizó el enfoque de coeficiente único del cultivo para la determinación de la evapotranspiración del cultivo de la cebolla en las diferentes etapas de crecimiento, el efecto del coeficiente de estrés hídrico queda incorporado al valor del coeficiente de cultivo. Los diferentes tenores en los coeficientes de estrés hídrico estimados inducen a que la planta tenga una tasa de transpiración menor que la óptima, por lo que el rendimiento comienza a decrecer (López *et al.*, 2009).

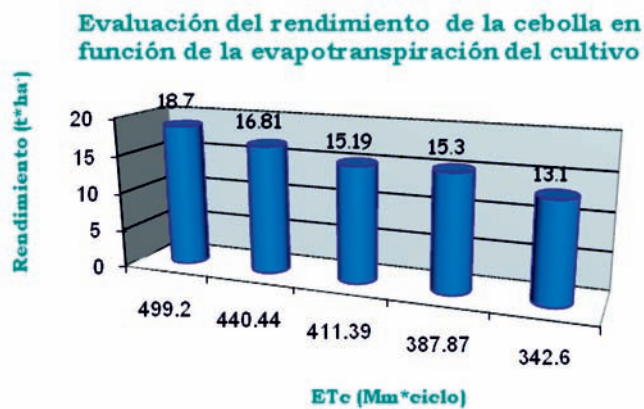


FIGURA 2. Evaluación del rendimiento en función de la evapotranspiración del cultivo de la cebolla.

Se realizaron las comparaciones entre los coeficientes de estrés hídrico determinados, con los rendimientos de la cebolla para lo que se probaron varios modelos, resultando el de mejor ajuste $y = 7,004x + 12,03$ con $R^2 = 0,828$, el cual se muestra en la Figura 3. Esta figura revela que existe una disminución gradual en los rendimientos en peso fresco del cultivo de la cebolla, determinada, por la limitación de agua para el consumo por la planta y permite estimar el gradiente de déficits en los rendimientos. Por otra parte, los resultados de los rendimientos alcanzados aún para baja disponibilidad de agua resultaron superiores a los rendimientos mínimos (12 t/ha) alcanzable para las condiciones tropicales de Cuba en la antigua provincia La Habana, según resultados experimentales de Muñoz y Prats (2004), para igual variedad Red creolle, por lo que sería válido analizar también la viabilidad de obtención de los rendimientos desde la visión económica.

En otro aspecto de la investigación, se exponen en la Figura 4, las observaciones y estimaciones del balance humedad de suelo para los tenores estudiados. Las variaciones de la lámina de agua en los diferentes perfiles de suelo responden esencialmente a las variantes de riego ejecutado por las diferentes opciones de la ETc. En el caso a) donde en condiciones experimentales se riega al 100% de la ETc, se aprecia como

el rango de humedad no desciende del umbral de agotamiento previsto del 45% y el balance de agua se mantiene todo el ciclo del cultivo en condiciones de humedad realmente dispo-

nible y fácilmente aprovechable por las plantas. Para alcanzar este estado, fue necesario aplicar una norma neta de riego de 397,7 mm como se muestra en la Tabla 2.

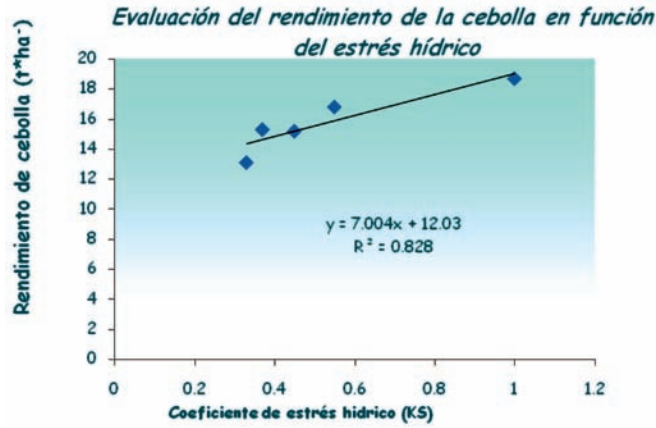


FIGURA 3. Comparación entre el rendimiento fresco de la cebolla y el coeficiente de estrés hídrico para diferentes condiciones de limitaciones de agua.

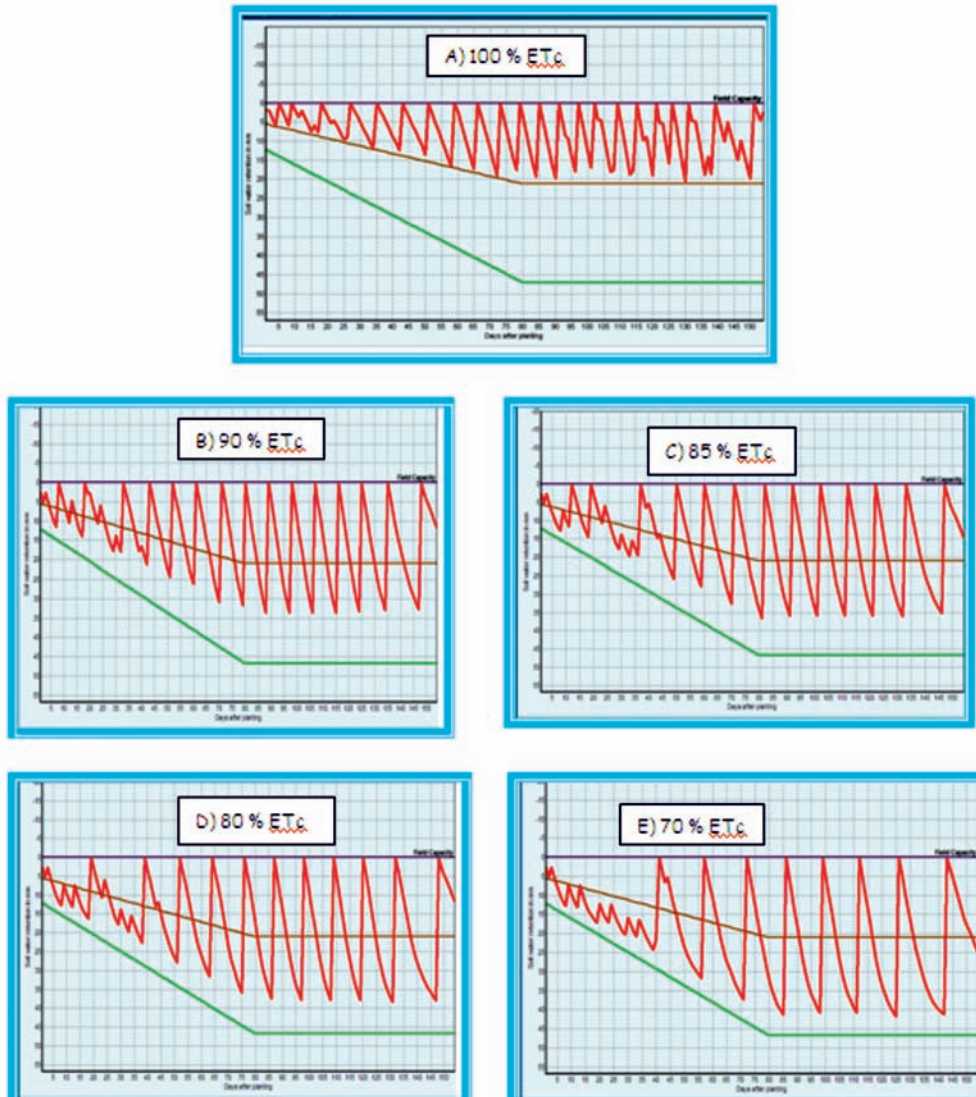


FIGURA 4. Evolución de la humedad en el suelo Ferralítico Rojo compactado en función del riego programado a diferentes niveles de ETc para el cultivo de la cebolla.

Nota: En la Figura 4 la línea superior indica el valor de humedad a capacidad de campo, la intermedia corresponde al valor de la humedad hasta donde llega el agua realmente disponible y la final el valor de la humedad en el punto de marchitez.

En las variaciones simuladas, el agotamiento crítico se modifica en función de la disponibilidad de agua, determinadas por planificaciones de riego con normas netas respectivas de: 309,44; 280,39; 256,87 y 211,6 mm. Se aprecia en cada caso las diferencias en el movimiento del agua en el suelo y que la disponibilidad de agua para la planta se va haciendo más crítica como consecuencia del estrés hídrico. En la medida que los niveles de agua se acercan al punto de marchitez permanente del suelo, el desarrollo de la planta se ve más limitado y por tanto, los procesos fisiológicos vitales de la misma, influyendo igualmente en la producción agrícola. En los casos, en que el contenido de humedad del suelo se encuentran por debajo del

valor umbral establecido como factor de agotamiento crítico del suelo (45%), por lo que el agua, no podrá ser transportada a las raíces con la velocidad suficiente para satisfacer la demanda transpiratoria, por lo que el cultivo comenzará a sufrir de estrés hídrico.

CONCLUSIONES

- La estimación de coeficientes de estrés hídrico, permitieron determinar la influencia sobre el rendimiento fresco de la cebolla de cuatro tenores de evapotranspiración del cultivo, simulados a través del programa CROPWAT, 8.0.
- El conocimiento sobre las potencialidades del uso del agua en diferentes escenarios de suministro, constituyen las bases científicas para proyectar medidas de adaptación y mitigación para la producción de cebolla, en condiciones de baja disponibilidad de agua y de sequía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, R., L. PEREIRA, D. RAES & M. SMITH: *Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements*, 301pp., in FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2006.
2. BOSSIE, M.; K. TILAHUN & T. HORDOFA: "Crop coefficient and evapotranspiration of onion at Awash Melkassa, Central Rift Valley of Ethiopia", *Irrig. Drainage Syst* 23:1-10, 2009.
3. CASAS, C. A.: *Análisis de suelo- agua- planta y su aplicación en la nutrición de cultivo*, pp. 34-35, Caja Rural de Almería, ISBN: 84-922785-3-6, España, 1999.
4. FAO: *Guidelines for computing crop water requirements*, Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2006.
5. FAO 33. Respuesta del agua al rendimiento de los cultivos. Parte A. Serie Riego y Drenaje, Rome, 1979.
6. HERNÁNDEZ, A., M. PÉREZ, D. BOSCH y L. RIVERO.: *Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba*, Ed. AGRINFOR, La Habana, Cuba, 1999.
7. IIRD: *Situación actual de los efectos de la sequía en el sistema agroproductivo del MINAG*, Informe acciones realizadas por el IIRD en función de la sequía en el sistema del Ministerio de la Agricultura, La Habana, 2010.
8. *Instructivo Técnico de la cebolla*: Ministerio de la Agricultura (MINAG), La Habana. Cuba, 1984.
9. LÓPEZ, R.; A. ARTEAGA; L. VÁZQUEZ; L. LÓPEZ e I. SÁNCHEZ: "Índice de estrés hídrico como un indicador del momento del riego en cultivos agrícolas", *Revista Agricultura Técnica en México*, 35(1): 92-106 (1 enero-31 marzo), 2009.
10. MUÑOZ, L. y A. PRATTS: "Caribe 71 una variedad de cebolla para clima tropical", *Cultivos Tropicales*, 25(3): 59-62, 2004.
11. SÁNCHEZ, B. M. y A. TORRECILLAS: *Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de riego deficitario controlado en cultivos leñosos*, pp. 43-63, Ediciones Mundi-Prensa, España, 1995.
12. SÁNCHEZ, B. M. DE J.: *Curso AECID. Bases para el manejo de aguas en zonas infradotadas. Relación agua-suelo-planta*. La Habana, Cuba, 2009.
13. RAMOS, G. C.: "Determinación de funciones de producción y comportamiento del cultivo de la cebolla bajo diferentes láminas de riego y dosis de fertilización fosforada en San Juan de Lagunillas, Mérida, Venezuela", *Fac. Agron. (LUZ), Revista Universidad de Zulia*, 16: 38-51, 1999.
14. SANTA OLALLA, F. y J. VALERO: *Agronomía del Riego*, pp. 503- 505, Ediciones Mundi- Prensa, España, 1993.
15. SMITH. M.: *CROWAT Programa de ordenador para planificar y manejar el riego*, FAO 46, Rome, 1993.
16. SMITH, M.; V. HALSEMA; F. MARAUIX; G. IZZY; R. WAHAY y G. MUÑOZ: *CROPWAT, 8. Programa de ordenador*, Rome, 2007.
17. VÁZQUEZ, R., A. FERNÁNDEZ, O. SOLANO, B. LAPINEL y F. RODRÍGUEZ: "Mapa de Aridez de Cuba". Zonas Áridas ISSN 1013-445x versión impresa. ISSN 1814-8921 versión electrónica, *Perú*, 11: 101-110, 2007.