

RESPUESTA DEL CULTIVO DE *Capsicum annuum* L. AL RIEGO DEFICITARIO ETAPA INICIAL Y DE DESARROLLO

RESPONSE OF *Capsicum annuum* L. CROPS TO DEFICIT IRRIGATION DURING INITIAL AND DEVELOPMENT STAGES

Rubén Darío Rivera Fernández, Juan Ramón Moreira Saltos, Carlos Geovanny Moreira Muñoz, Jefferson Rafael Cevallos Rivera

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone, Avenida Eloy Alfaro y Malecón

Correo: ruben.rivera@uleam.edu.ec

Información del artículo

Tipo de artículo:
Artículo original

Recibido:
05/08/2020

Aceptado:
15/12/2020

Licencia:
CC BY-NC-SA 4.0

Revista
ESPAMCIENCIA
11(2):88-94

DOI:
https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v11i2.210

Resumen

El objetivo fue determinar el efecto del riego deficitario aplicado en la etapa inicial y de desarrollo del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L), sin que afecte el rendimiento. Los tratamientos fueron 70, 80, 90 y 100% (Control) de la evapotranspiración del cultivo (Etc). El material experimental fue el híbrido Quetzal, sembrado a un distanciamiento de 1,0 m x 0,5 m. El riego se realizó por goteo con una frecuencia de dos días y los cálculos de la Eto se estimó mediante el tanque tipo A. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño DBCA con cuatro réplicas. Se midieron: el uso eficiente del agua (kg/m^3), altura de planta (cm), peso del fruto (g), número de frutos por planta y rendimiento (t/ha). Con la aplicación del 80% de la sEtc se obtuvo un mayor uso eficiente del agua con 12,5 y 12,6 kg/m^3 . La altura de planta presentó diferencia significativa ($p < 0,05$) a los 27 y 37 ddt, donde la reducción del 20% obtuvo mayor promedio. El número de frutos por planta y el rendimiento (t/ha) mostraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$), el 80% de la Etc presentó los mayores promedios con 8,8 frutos/planta y 20,1 t/ha. El peso (g) del fruto fue similar en todos los tratamientos, entre 112,2 y 114,1 g/fruto. Se concluye que el cultivo del híbrido Quetzal tolera una reducción del 20% de la lámina de riego sin que afecte la producción, lo que se traduce en una mayor eficiencia del uso de agua.

Palabras clave: Estrés hídrico, uso eficiente del agua, lámina de riego.

Abstract

The objective was to determine the effect of deficit irrigation during the initial and development stages of a bell pepper (*Capsicum annuum* L) crop, without affecting the yield. The treatments were 70, 80, 90 and 100% (control) of the crop evapotranspiration (ETo). The experimental material was the hybrid Quetzal, planted at a distance of 1.0 m x 0.5 m. Dripping irrigation was used with a frequency of two days and the calculations of the ETo were estimated by means of the type A tank. The treatments were distributed in a DBCA design with four replicates. The following parameters were measured: efficient water use (kg/m^3), plant height (cm), fruit weight (g), number of fruits per plant and yield (t/ha). With the application of 80% of the Eto, a greater efficient use of water was obtained with 12.5 and 12.6 kg/m^3 . The plant height presented significant difference ($p < 0.05$) at 27 and 37 ddt, contributing to the reduction of 20% of the highest average. The number of fruits per plant and the yield (t/ha) showed statistical differences ($p < 0.05$), being 80% of the Etc who presented the highest averages with 8.8 fruits/plant and 20.1 t/ha. The weight (g) of the fruit was similar in all treatments, between 112.2 and 114.1 g/fruit. It is concluded that hybrid Quetzal crops tolerate a reduction of 20% of the irrigation sheet without affecting production, which translates into greater efficiency of water use.

Keywords: Water stress, water use efficiency, irrigation sheet.

INTRODUCCIÓN

La agricultura bajo riego es el sector que más consume agua dulce en el mundo con aproximadamente el 70% del total de la extracción de agua dulce para producir el 40% de los alimentos (Ayars *et al.*, 2006). Esto demuestra lo determinante que es el agua en la producción agrícola. Patane *et al.* (2011) señalan que entre las principales limitantes de la actividad agrícola está el déficit hídrico, sobre todo en zonas semiáridas, donde el requerimiento de producir más con menos agua es una prioridad (Khouri *et al.*, 2011; Wright y Cadiero, 2011), sin dejar de lado que el suministro de agua insuficiente y poco confiable en los países menos desarrollados es a menudo la causa principal de la pobreza y el hambre (Ringler y Zhu, 2015).

Debido a esta problemática se deben implementar técnicas que permitan el uso eficiente del agua sin que afecte la producción. En este sentido, Costa *et al.* (2007) y Favati *et al.* (2009), indican que la mejor herramienta en situaciones donde el agua es escasa es el riego deficitario, que tiene la finalidad de ahorrar agua sin afectar la producción y calidad de los frutos (Serna-Pérez *et al.*, 2008; Serna-Pérez *et al.*, 2011). Zegbe-Domínguez *et al.* (2003), indican que el riego deficitario implica o trata de aplicar una cantidad menor de agua de la requerida por la planta en una etapa fenológica del cultivo. Aunque se debe considerar que al disminuir el régimen de riego se puede alterar negativamente el desarrollo vegetativo y productivo, ya que afecta directamente la capacidad de la planta para capturar los recursos necesarios para la fotosíntesis y la eficiencia con la que convierten los recursos físicos en material biológico (Yi *et al.*, 2010; Bozkurt *et al.*, 2015).

Molina *et al.* (2015), aplicaron el riego deficitario en el cultivo de *Pyrus communis* L. (Rosaceae), obteniendo resultados positivos en la tasa de crecimiento del fruto y un ahorro del 33 y 45% de agua aplicadas en el riego. Fuat (2016), menciona que el trigo puede ahorrar gran cantidad de agua con una mínima reducción del rendimiento aplicando estrategias adecuadas de déficit de agua, considerando la etapa de crecimiento del trigo. Tapia *et al.* (2010), mencionan que la reducción del 54% del régimen de riego incrementó el rendimiento y la calidad comercial del durazno. Serna-Pérez y Zegbe (2012), encontraron que el 40% de riego deficitario produjo chiles de mejor calidad comercial y con rendimiento similar al aplicar el 100% de la lámina de riego, lo cual permitió un ahorro de agua de 1520 m³/ha.

Nangare *et al.* (2016), mencionan que en *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae), la aplicación del riego deficitario está determinado por la etapa fenológica, el mismo que podría estar entre 20 y 40% de reducción de la evapotranspiración del cultivo manteniendo el rendimiento y calidad del fruto. Según Kumar *et al.* (2015), la calidad y rendimiento es mejor cuando se aplica

el riego deficitario en la etapa de floración que en la etapa vegetativa del tomate. Mustafa *et al.* (2017), encontraron que la aplicación del riego deficitario en el inicio de floración puede aumentar el rendimiento en el cultivo de trigo dependiendo del tipo de suelo y su fertilidad. Hergert *et al.* (2016), indican que en *Camelina sativa* (L.) Crantz (Brassicaceae) el riego deficitario es oportuno realizarlo durante la floración y llenado del grano, donde se produjo mayor rendimiento. Entre otros aspectos a considerar el riego deficitario también evita las pérdidas de agua por percolación que ocurren durante el riego (Greaves y Wang, 2017). También se tiene variaciones en el riego deficitario, como el sostenido, moderado y el severo (López *et al.*, 2018) o combinado con cobertura vegetal (Forey *et al.*, 2016).

Por otro lado, la determinación de la Evapotranspiración de referencia (Eto) es determinante en la aplicación del riego deficitario. Para la cual suelen usar ecuaciones empíricas para su estimación (Allen *et al.*, 1998). Andreu *et al.* (1997), mencionan que la aplicación del riego deficitario modifica la humedad del suelo tanto en la superficie como en el perfil del suelo. Estos criterios son necesario tener claro puesto que en esta investigación se trabajó con mediciones diaria de la evaporación del tanque evaporimetro tipo A (Allen *et al.*, 2006) para obtener la Eto. La información descrita evidencia la amplia aplicación del riego deficitario, pero al mismo tiempo la necesidad de evaluar la etapa fenológica del cultivo en donde no se tiene disminución del rendimiento, por lo cual, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del riego deficitario en la etapa inicial y desarrollo del cultivo *Capsicum annuum* híbrido Quetzal sin que se afecte los rendimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se llevó a cabo en la parroquia San Antonio de cantón Chone-Manabí-Ecuador. La localidad presenta un clima tropical subhúmedo, con precipitación promedio anual de 1228,6 mm concentrado en los meses de enero-abril. Una temperatura media de 25,9°C y una altitud de 15 msnm.

En el sitio del ensayo se analizó el perfil del suelo hasta los 70 cm de profundidad (área explorada por las raíces de *C. annuum*) donde se encontró dos horizontes bien definidos, de 0-30 cm y de 30 a 70 cm, a los cuales se realizó el análisis de textura por el método de la Pipeta obteniendo en el primer horizonte: arcilla 15,2%; limo 44,8%; arena 40,0% (clase textural franca) y en el segundo horizonte: arcilla 2,4%; limo 20,8%; arena 76,8% (clase textural arena franca). La capacidad de campo fue de 24,5% el punto de marchitez de 12,4% la densidad aparente 1,35 g/cm³ y la infiltración básica de 13 mm/h.

Material experimental

Se utilizó como material experimental plantas de *C. annuum* L. (Solanaceae), híbrido Quetzal, sembrado a un distanciamiento de 1 m entre hilera y 0,5 m entre planta.

Diseño experimental

Se estudiaron cuatro láminas de riego las mismas que fueron establecidas con la reducción de la evapotranspiración del cultivo (Etc) aplicado en la etapa inicial y desarrollo del cultivo *C. annuum*, teniendo en cada etapa diferentes láminas de riego en función del Kc del cultivo. Los tratamientos fueron: 70, 80, 90 y 100% (control) de la Etc. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro réplicas. La unidad experimental estuvo conformada por 100 plantas divididas en cuatro hileras.

Riego. La aplicación del riego se lo realizó mediante un sistema riego por goteo, con un gotero autocompensado de un caudal de 3,8 L/h (dato del catálogo) ubicado en una manguera de 16 mm de diámetro nominal, a una distancia de 0,5 m entre gotero. La frecuencia de riego fue establecida en dos días para evitar enfermedades fungosas. Para del control de riego en cada línea de goteo en las unidades experimentales se colocó una válvula de control.

El cálculo de la Eto se realizó mediante la metodología del Tanque evaporímetro Tipo A, donde:

$$Eto = Ev * Kp \quad (1)$$

Eto= evapotranspiración de referencia (tomada del Tanque tipo A) (mm/día)

Ev= Lectura diaria tomada del Tanque Tipo A (mm/día)

Kp= coeficiente de corrección del tanque (en este caso se consideró un valor de 0,7 de acuerdo con el manual de la FAO).

El cálculo de los parámetros de riego se realizó mediante las siguientes ecuaciones:

El volumen total de riego:

$$Vt = \frac{Va}{Ef} \quad (2)$$

Donde,

Vt= volumen total de riego (litros día planta)

Va= volumen de aplicación (litros día planta)

Ef= eficiencia de riego (en este caso se consideró 90%)

El volumen de aplicación (Va)

$$Va = Etc * Eh * Ep \quad (3)$$

Etc=Evapotranspiración del cultivo

Eh= Espaciamiento entre hilera (1,0 metro)

Ep=Espaciamiento entre planta (0,5 metros)

Evapotranspiración del cultivo

$$Etc = Eto * Kc * FC \quad (4)$$

Donde:

Eto= evapotranspiración de referencia tomada del Tanque Tipo A (mm/día)

Kc= coeficiente del cultivo (Cuadro 1)

FC= factor de cobertura (en este caso de consideró 0,75 recomendado para hortalizas)

El tiempo de riego fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{Vt * Fr}{q * ng} \quad (5)$$

Vt= volumen total (litros por planta diario)

Fr=frecuencia de riego (días)

q= caudal del gotero (L/h)

ng= número de goteros por planta (en este caso fue de un gotero por planta)

Cuadro 1. Valores del Kc y los días de las etapas del cultivo

Kc			Días de las etapas del cultivo		
Inicial	Medio	Final	Inicial	Desarrollo	Medio
0,6	1,05	0,9	25	35	40

Manejo del cultivo

El semillero se realizó en bandejas germinadoras, empleando como sustrato turba. El trasplante se realizó a los 28 días. Al momento que las plantas alcanzaron 30 cm, se procedió a realizar el tutorado. El control de plagas se lo realizó con insecticidas sistémico a base de Imidacloprid en dosis de 1 mL/L. El control de enfermedades del suelo mediante Previcur Energy en dosis de 2 L/ha. Se utilizó una fertilización base de 100 kg/ha (N), 50 kg/ha (P₂O₅) y 150 kg/ha (K₂O).

Variables analizadas

Riego. Se midió el consumo de agua en mm la misma que fue la suma de todas las aplicaciones de agua realizadas en el cultivo. Además, se evaluó el uso eficiente del agua representada como kg de *C. annuum* por metro cubico de agua aplicada (kg/m³).

Vegetativa. En esta variable se tuvo a la altura de la planta (cm), evaluada a los 27, 37 y 47 días después del trasplante (ddt), tomando 20 plantas al azar de cada unidad experimental.

Producción. Se consideró en la producción a las siguientes variables: número de frutos por planta, peso de los frutos (g), longitud de fruto (cm), y el rendimiento en t/ha tomado como la suma de las cosechas realizadas durante cinco semanas.

Análisis estadístico

A las variables vegetativas y productivas se realizaron análisis de varianza y la separación de medias por Tukey al 0,05. Además, se realizó el ajuste de tendencia por regresión en las variables consumo de agua y uso eficiente del agua; el porcentaje de la Etc y el rendimiento. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software InfoStat (Di Rienso et al., 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Consumo y uso eficiente del agua

El consumo de agua disminuyó con la aplicación del riego deficitario, con un consumo máximo de 202,4 mm durante los 90 ddp. El uso eficiente del agua aumenta con la disminución de la lámina de riego obteniendo 13,0 y 12,4 kg/m³ con la reducción del 30 y 20% de la lámina (Cuadro 2), lo que coincide con Serna y Zegbe (2012), al reducir la lámina en un 40% en el cultivo de *C. annuum*. Esta variable integra la producción y el consumo de agua, el hecho que sea mayor la eficiencia del uso del agua no significa que se haya alcanzado una producción adecuada, simplemente que el consumo de agua fue menor. Por tanto, se debe tener la precaución de evaluar ambas variables. Rodríguez et al. (2014), al evaluar la disminución de la lámina de riego en 20% y 40% obtuvieron entre 12,93 y 14,67 kg/m³ con una frecuencia de riego de dos días; sin embargo, la reducción de la producción fue 12,61% cuando se redujo 40% la lámina. Rivera et al. (2018), presentan una eficiencia del uso del agua alrededor de 5 kg/m³ cuando la lámina aplicada fue superior a los 300 mm y 10 kg/m³ cuando la lámina fue de 197 mm.

Cuadro 2. Valores de consumo y uso eficiente del agua

Tratamientos	Consumo de agua (mm)	Eficiencia del uso de agua (kg/m ³)
100%	202,4	7,2
90%	182,16	9,0
80%	161,92	12,4
70%	141,68	13,0

Los valores de consumo de agua y el uso eficiente del agua, tienen un comportamiento cuadrático (R²=0,956) (Figura 1), y demuestra que, a medida que aumenta el consumo, disminuye su uso eficiente esto indica que el exceso de agua limita la producción cultivo de *C. annuum*.

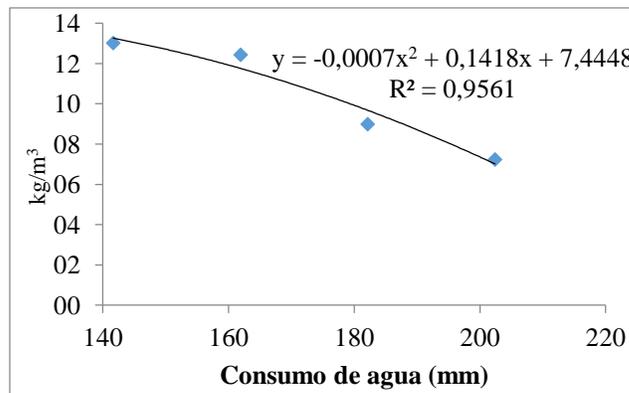


Gráfico 1. Relación del consumo y el uso eficiente del agua.

Altura de planta

En el cuadro 3, se observan los valores promedios de la altura de planta, en los diferentes días de evaluación. La lámina de riego tuvo influencia en las dos primeras evaluaciones donde la reducción del 20% que presenta los mayores promedios, lo cual no es consistente a los 47 ddt ya que no se encontraron diferencias estadísticas (p=0,11). Rodríguez et al. (2015), indicaron que el déficit hídrico tiene efecto en el crecimiento del cultivo de *C. annuum* por lo cual solo se debe considerar una reducción de la lámina de 20%. Si consideramos que las dos primeras evaluaciones están dentro de la etapa inicial y los primeros días de crecimiento y 47 ddt estaría en la parte final de la etapa de crecimiento donde el cultivo establece el crecimiento, por lo cual sería posible relacionar la etapa fisiológica de la planta como lo mencionan Fuat (2016); Zhang et al (2012), con el riego deficitario un factor a considerar es la etapa en la que se realiza el déficit hídrico ya que en ciertos casos es determinante.

Cuadro 3. Valores promedios de la altura de planta (cm) durante la etapa de desarrollo del cultivo de *Capsicum annuum*

Tratamiento	Días después del trasplante		
	27	37	47
100%	18,4 c	29,5 c	55,6
90%	20,6 b	35,6 ab	63,0
80%	22,8 a	37,8 a	60,2
70%	17,2 c	33,1 b	56,8
Probabilidad	< 0,01	< 0,001	0,11
Error estándar	0,4	0,6	1,9

a, b, c, letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa según Tukey para p< 0,05.

Producción

En el cuadro 4, se presentan los valores correspondientes a la producción del *C. annuum*. Con respecto al peso del fruto, el mismo no presentó variación por efecto de la reducción de la lámina de riego. Sin embargo, en la variable número de frutos por planta y rendimiento se tiene diferencias significativas ($p < 0,01$), la lámina de 80% de la Etc presenta los mayores promedios con 8,8 frutos/planta y 20,1 t/ha. Fernández *et al.* (2005), al aplicar un régimen de déficit de entre 20 y 50% de la Etc encontraron influencia en el número total de frutos y además de su calidad. Se debe considerar que a menudo el intervalo de riego mayor a tres días provoca un déficit hídrico que afecta el rendimiento (Adeoye *et al.*, 2014), en este sentido es posible decir que el déficit provocado causa menor estrés a la planta que aquel que se obtiene en intervalos amplios de riego. Si bien es cierto esta variable no se estudió se debe considerar en próximas investigaciones.

El número de fruto por planta es lo que determina un mayor rendimiento (Cuadro 4) dado que el peso del fruto fue similar en todos los tratamientos. La relación cuadrática (Figura 2) del rendimiento y la lámina de riego sugiere que ambos extremos afectan el rendimiento. Con la aplicación del 100% de la lámina se pudo observar aunque no fue evaluada cuantitativamente una propagación de hongos y bacterias por el exceso de humedad en el suelo, a diferencia de los demás tratamientos.

Cuadro 4. Variables relacionadas con la producción del cultivo de *C. annuum*

Porcentaje Etc	Peso fruto (g)	Nº de fruto/planta	Rendimiento t/ha
100%	113,4	6,5 b	14,7 c
90%	112,2	8,3 a	18,5 ab
80%	114,1	8,8 a	20,1 a
70%	113,8	7,3 ab	16,4 bc
Probabilidad	0,7	< 0,01	< 0,01
Error estándar	7,8	0,4	0,35

a, b, letras distintas en una misma columna indican diferencia significativa según Tukey al 0,05.

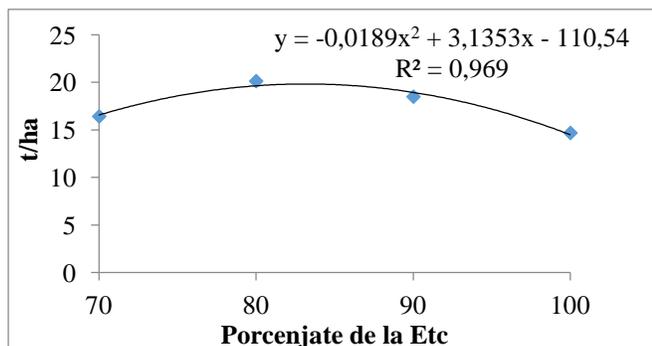


Figura 2. Regresión del rendimiento con respecto a la lámina de aplicación.

CONCLUSIONES

El riego deficitario es aplicable en el cultivo de *C. annuum* con la posibilidad de disminuir hasta 20% de la Etc en la etapa inicial y desarrollo del cultivo, lo que provoca un incremento en el crecimiento vegetativo y de producción, con un consumo menor de agua con respecto al testigo. Se debe considerar que la aplicación del riego deficitario tiene un comportamiento independiente en función del cultivo y condiciones de riego porque estos resultados son aplicables bajo las mismas condiciones de este experimento.

LITERATURA CITADA

Adeoye, P. A., Adesiji, R. A., Oloruntade, A. J., & Njemanze, C. F. 2014. Effect of irrigation intervals on growth and yield of bell pepper (*Capsicum annuum*) in a tropical semi-arid region. *American Journal of Experimental Agriculture*. 4(5):515-524.

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. 1998. *Crop Evapotranspiration: FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. Rome, Italia: FAO.

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. 2006. *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudios de riego y drenaje 56*. Roma, Italia: FAO.

Andreu, L., Hopmans, J. W., & Schwankl, L. J. 1997. Spatial and temporal distribution of soil water balance for a drip-irrigated almond tree. *Agricultural Water Management*, 35:123-146.

Ayars, J. E., Christen, E. W., Soppe, R. W., & Mayers, W. S. 2006. The resource potential of in-situ shallow groundwater use in irrigated agriculture: a review. *Irrigation Science*. 24(3):147-160.

Bozkurt, Y., Yazarb, A., Çolacık, İ., Akçaa, H., & Duraktekina, G. 2015. Evaluation of crop water stress index (CWSI) for Eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4:372-382.

Costa, J. M., Ortuño, M. F., & Chaves, M. M. 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. *Journal of Integrative Plant Biology*. 49:1421-1434.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. *InfoStat*,

- versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Favati, F., Lovelli, S., Galgano, F., Miccolis, V., Tommaso, T. D., & Candido, V. 2009. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Science Horticulturae*, 122:562-571.
- Fernández, M. D., Gallardo, M., Bonachela, S., Orgas, F., Thompson, R. B., & Fereres, E. 2005. Water use and production of a greenhouse pepper crop under optimum and limited water supply. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 80:87-96. doi: <https://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511897>.
- Forey, O., Metay, A., & Wery, J. 2016. Differential effect of regulated deficit irrigation on growth and photosynthesis in young peach trees intercropped with grass. *European Journal of Agronomy*. 81:106-116.
- Fuat, A. 2016. The effects of different deficit irrigation strategies on yield, quality, and water-use efficiencies of wheat under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*. 167:1-10.
- Greaves, G., & Wang, Y. 2017. Effect of regulated deficit irrigation scheduling on water use of corn in southern Taiwan tropical environment. *Agricultural Water Management*. 188:115-125.
- Hergert, J. F., Margheim, A. D., Pavlista, D. L., Martin, T. A., Isbell, R. J., & Supalla. 2016. Irrigation response and water productivity of deficit to fully irrigated spring camelina. *Agricultural Water Management*. 177:46-53.
- Khouri, N., Shideed, K., & Kherallah, M. 2011. Food security: perspectives from the Arab World. *Food Security*. 3(S1):1-6.
- Kumar, S., Singh, Y., Nangare, D., Bhagat, K., Kumar, M., Taware, P.B., Kumar, Anjali., & Minhas, P. 2015. Influence of growth stage specific water stress on the yield, physico-chemical quality and functional characteristics of tomato grown in shallow basaltic soils. *Scientia Horticulturae*. 197:261-271.
- López, M., Espadafor, M., Testi, L., Lorite, I., Orgaza, F., & Fereres, E. 2018. Water use of irrigated almond trees when subjected to water deficits. *Agricultural Water Management*. 195:84-93.
- Molina, M., Vélez, J., & Rodríguez, P. 2015. Efecto del riego deficitario controlado en las tasas de crecimiento del fruto de pera (*Pyrus communis* L.), var. Triunfo de Viena. *Revista Colombia de Ciencias Hortícolas*. 9(2):234-246.
- Mustafa, S., Vanuytrechtb, E., & Huysmans, M. 2017. Combined deficit irrigation and soil fertility management on different soil textures to improve wheat yield in drought-prone Bangladesh. *Agricultural Water Management*. 191:124-137.
- Nangare, D., Yogeshwar, S., Kumar, S., & Minhas, P. 2016. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agricultural Water Management*. 171:73-79.
- Patane, C., Tringali, S., & Sortino, O. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Science Horticulturae*. 129:590-596.
- Ringler, C., & Zhu, T. J. 2015. Water resources and food security. *Agronomy Journal*. 107(4):1533-1538.
- Rivera, R., Rodríguez, F., Mesías, F., & Mendoza, D. 2018. Hydrogel for improving water use efficiency of *Capsicum annuum* crops in Fluvisol soil. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrícola Uncuyo*. 50(2):23-31.
- Rodríguez, R., Rázuri, L., Rosales, R., & Ugarte, J. 2015. Desenvolvimento vegetativo de pimentão cultivado com lâminas e frequências de irrigação. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária*. 9(2):49-55.
- Rodríguez, R., Rázuri, L., Swarowsky, A., & Rosales, J. 2014. Efecto de riego deficitario y diferentes frecuencias en la producción del cultivo de pimentón. *Interciencia*. 39(8): 591-596.
- Serna-Pérez, A., & Zegbe, J. 2012. Rendimiento, calidad de fruto y eficiencia en el uso del agua del chile 'Mirasol' bajo riego deficitario. *Revista Fitotecnia Mexicana Chapingo Serie Horticultura*. 35(5):53-56.
- Serna-Pérez, A., Zegbe, J., Mena-Covarrubias, S. 2011. Rendimiento y calidad de chile seco 'Mirasol' cultivado bajo riego parcial de la raíz. *Revista Fitotecnia Mexicana Chapingo Serie Horticultura*. 17(1):19-24.
- Serna-Pérez, A., Zegbe, J., Mena-Covarrubias, S., & Rubio-Díaz. 2008. Sistemas de manejo para la producción sustentable de chile seco cv. 'Mirasol'.

- Revista Fitotecnia Mexicana Chapingo Serie Horticultura. 31(3):1-44.
- Tapia, M., Larios, A., Abrisqueta, I., Mounzer, O., Vera, J., Abrisqueta, J., & Ruiz, M. 2010. Riego deficitario en melocotonero. Análisis del rendimiento y de la eficiencia en el uso del agua. Revista Fitotecnia Mexicana Chapingo Serie Horticultura. 33(4):89-93.
- Wright, B., & Cadiero, C. 2011. Grain reserves and food security in the Middle East and North Africa. Food Security. 3(S1):61-76.
- Yi, L., Shenjiao, Y., Shiqing, L., Xinping, C., & Fang, C. 2010. Growth and development of maize (*Zea mays* L.) in response to different field water management practices: resource capture and use efficiency. Agricultural and Forest Meteorology. 150:606-613.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.02.003>.
- Zegbe-Dominguez, J. A., Behboudian, M. H., Lang, A., & Clothier, B. E. 2003. Deficit irrigation and partial root zone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride' processing tomato. Science Horticulturae. 98:505-510.
- Zhang, J., Cheng, Z., & Zhang, R. 2012. Regulated deficit drip irrigation influences on seed maize growth and yield under film. Procedia Engineering. 28: 464-468.