

ARTÍCULO ORIGINAL

Respuesta de producción de la habichuela a un suministro variable de agua mediante un riego deficitario

Production response of kidney bean to a variable supply of water by means of deficit irrigation

Dr.C. Tony Boicet Fabre^I, M.Sc. Mario Zamora Perez^{II}, M.Sc. Ana D. Boudet Antomarchi^I, M.Sc. Norge Tornes Oliveras^I

^I Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba.

^{II} Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF), Campechuela, Granma, Cuba.

RESUMEN. En el organopónico de la Granja Agropecuaria “Francisco Castro Ceruto” de Campechuela, provincia Granma, en los períodos comprendidos de mayo-julio y septiembre-octubre se realizaron dos experimentos por separados con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de la habichuela china (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) a un suministro variable de riego. Se utilizaron las variedades comerciales Lina y Escambray. Los experimentos se ejecutaron con un diseño de bloques al azar con 3 replicas y cuatro tratamientos, estos consistieron en aplicar reducciones a la norma de riego indicada por el instructivo técnico. El sustrato utilizado consistió en una mezcla de suelo Fersialitic rojo (70%) y materia orgánica (cachaza y humus de lombriz al 30%). Se evaluó el rendimiento de cada variedad y su relación con el agua aplicada y los resultados demuestran que estos disminuyen a medida que se crea un déficit hídrico a las plantas debido a las disminuciones de la norma de riego, resaltando en los resultados las pérdidas en la producción ocasionadas en la variedad Escambray cuando se riega con el 50 y 25% de las normas. Las relaciones empíricas de mejores ajustes entre el agua aplicada y los rendimientos obtenidos, resultaron ser ecuaciones del tipo cuadráticas

Palabras clave: déficit hídrico, organopónico, reducciones de normas, relaciones cuadráticas.

ABSTRACT. In the organoponic of the farm “Francisco Castro Ceruto” of Campechuela, Granma province, in the may-july and september-october period two experiments were carried out separately with objective to evaluate the response of chinese bean (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) to variable supply of irrigation with the commercial varieties Lina and Escambray. The experiment were carried out in a blocks at randomised design with 3 replication and four treatment. These treatment consisted in apply to amount to irrigation rule indicated by technical instructive the basis used consist in a mixed of red Fersialitic soil (70%) and organic matter (sloth and earthworm humusat 30%). Yield of two varieties were evaluated and the results show that when is create a deficit hidric in crop, this variable diminish, with emphasize in the loss of crop production in Escambray variety when irrigation is realized with rules of 50 and 25%. An valuation among water supply and yield was carried out and the quadratic relationship were obtained.

Keywords: hydric deficit, organoponic, to amount to irrigation rule, quadratic relationship.

INTRODUCCIÓN

El agua después de intensos debates en el ámbito académico y público, se reconoce que es un elemento finito y frágil (Rázuri *et al.*, 2008), y como la variabilidad actual del clima ha sido siempre un problema inherente a la agricultura; y el cambio climático promete incrementar la variabilidad sobre todo, de sistemas de producción, los agricultores no pueden permitirse evitar o ignorar el agua que los rodeas; y en aquellas áreas de alta vulnerabilidad su utilización de forma mas creativa, puede

ser la única vía en que ellos, enfrenten los desafíos presentes y futuros del cambio climático (Sherwood *et al.*, 2009).

Por otro lado globalmente la producción de alimentos desde áreas regadas representa mas del 40% del total y se usa solo alrededor del 17% de la tierra dedicada a la producción de alimentos (Feres y Connor, 2004), sin embargo la agricultura de riego es aún practicada en muchas áreas del mundo con una desatención completa de los principios básicos de sustentabilidad y conservación de los recursos; por consiguiente el manejo

del riego en la agricultura en áreas con escasez de agua tendrá que llevarse a cabo con mas eficiencia, dirigiéndola al ahorro de agua y a la maximización de su productividad, por consiguiente la demanda de agua para el riego puede ser reducida y el agua ahorrada utilizando diversas alternativas.

En ese sentido el riego deficitario (DI) es una estrategia de riego que puede ser implementada mediante los diferentes métodos de aplicación del riego. Este riego después de revisiones realizadas ha sido definido por Geerts and Raes (2009) como: *“Una estrategia de optimización en la que el riego es aplicado durante los periodos sensibles de las plantas a la sequía. Fuera de ese periodo el riego es limitado o incluso innecesario si las lluvias proporcionan un suministro mínimo de agua. La restricción de agua se limita a las fases fonológicas tolerantes a la sequía, a menudo las fases vegetativas y periodo tardío de maduración. La aplicación de un riego total no es por consiguiente proporcional a los requerimientos de riego durante todo el ciclo del cultivo. Mientras que esto inevitablemente produce estrés hídrico en las plantas y por consiguiente pérdidas en la producción.”*

Su aplicación correcta exige entender completamente la respuesta del rendimiento al riego y su impacto económico en la reducción de la cosecha. (English 1990). En las regiones dónde los recursos hídrico son restrictivos, éste (DI) puede ser mejor aprovechado por los agricultores para aumentar al máximo la productividad del agua, en lugar de maximizar la cosecha por unidad de tierra. (Fereser y Soriano 2007). En este sentido, el incremento de la productividad del agua en la agricultura, se puede lograr a través del estudio de las funciones agua- rendimiento (Dehghanisani *et al.*, 2009).

La habichuela es una de las más importantes leguminosas comestibles en el mundo y parte importante en la dieta de muchas personas ya que provee proteínas, vitaminas, minerales y fibra (Smith y Goenaga, 2005), en la región del caribe, es producida en gran escala en Cuba, Haití, Republica Dominicana y Puerto Rico (FAOSTAT, 2007). Para incrementar su producción en condiciones de organopónicos, el riego se considera necesario, y contribuye al aumento de un 40%, pero desde el punto de vista económico en ocasiones es difícil su ejecución, debido a la actual de escasez de agua y los altos costos de las tecnologías de riego, por lo que es necesario un cambio de paradigma en la gestión del agua en su producción (Orellana y Ortega, 2007). Este trabajo se desarrolló con el objetivo de conocer la respuesta productiva de la habichuela a un suministro variable de agua mediante reducciones de la norma de riego.

MÉTODOS

Utilizando las variedades comerciales de habichuela Lina y Escambray, y la aplicación de un riego deficitario, se realizaron dos ensayos, (mayo-agosto y septiembre-diciembre del 2008), estas se sembraron sobre canteros a una distancia de siembra de 25 cm a dos hileras por canteros, para el suministro del agua se utilizó el conjunto microjet 2 x 140° de 1,0 mm de producción nacional, con una presión de 15,0 m.c.a, y entrega de un caudal de 40,65 L·ha⁻¹. Los emisores estuvieron espaciados a 1 y 2 m entre laterales en cada cantero. Para la aplicación de los tratamientos de

riego se consideraron las distintas etapas del cultivo de habichuela y las indicaciones dadas en el instructivo técnico para el manejo del riego, según estas y el tipo de suelo. (Rodríguez *et al.*, 2007).

Tratamientos de riego

1. Regar al 100% de la norma establecida (T₁).
2. Regar al 75% de la norma establecida (T₂).
3. Regar al 50% de la norma establecida (T₃).
4. Regar al 25% de la norma establecida (T₄).

El sustrato utilizado consistió en una mezcla de suelo Fersialítico rojo (70%) según la última versión de clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999) y materia orgánica (cachaza y humus de lombriz al 30%), cuyas propiedades hidrofísicas se muestran:

TABLA 1. Propiedades hidrofísicas del sustrat

Saturación (%)	Limite superior de humedad (%)	Densidad aparente (g·cm ⁻³)	Porosidad total (%)	Densidad real. (g·cm ⁻³)
61,9	51,04	1,02	76	1,74

Análisis realizados según métodos y metodología para la caracterización de las propiedades hidrofísicas (Cid. 1995).

Los elementos del clima se registraron en las dos épocas en que se desarrolló el cultivo, durante estas, las precipitaciones estuvieron por debajo de las medias históricas para similar período, y cayeron en ambos, cantidades diferentes (entre 4,0 y 17,0 mm), por debajo de lo exigido por el cultivo para su normal desarrollo, con el mayor acumulado en la segunda decena del mes de septiembre (17 mm).

Para este cultivo se puede considerar una cantidad favorable de lluvia, cuando caen entre 80 y 96 mm mensuales. La temperatura media osciló entre 25,8 y 27,2 °C, permisibles para el crecimiento de estas variedades, que se desarrollan en rangos precisamente de 25 a 27 °C (Gómez *et al.*, 2007), otro tanto ocurrió con la humedad relativa, que sus valores oscilaron entre 72 y 85%, también en el rango que permite el cultivo.

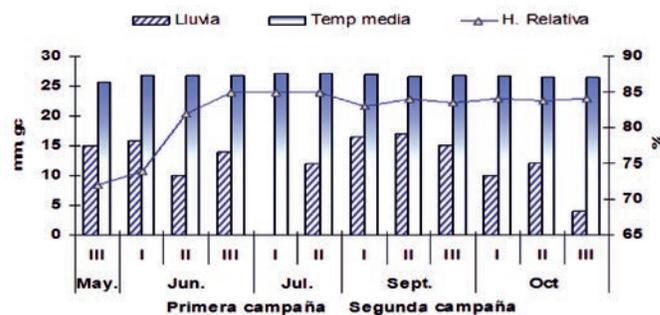


FIGURA 1. Dinámica de los elementos climáticos.

Evaluaciones realizadas en el experimento: La humedad del suelo (% pss) se midió mediante el método gravimétrico en un perfil de 0 a 30 cm, una vez por semana y tomando tres muestras entre emisor. El rendimiento (kg·m⁻²) se evaluó tomando al azar 15 plantas por tratamientos y replicas, por cada variante experimental. A los resultados alcanzados

se le realizó análisis de varianza, con el paquete estadístico Statistica versión 7.0 y cuando hubo diferencias significativas se aplicó la prueba de Duncan para un 5% de probabilidad. Se realizó un análisis de regresión para determinar la función matemática que relaciona el rendimiento del cultivo con el volumen de agua aplicado en el riego, para lo que se utilizó el paquete estadístico curve Expert 3.1.

RESULTADOS Y DISCUSION

Volumen de agua aplicado. El agua suministrada en cada una de las etapas del cultivo según el instructivo técnico muestran (Tabla 2) diferentes volúmenes de agua aplicados. Hasta los 10 DDG el cultivo, es donde menor volumen de agua se aplicó, variando estas aplicaciones de 12,5 a 50 L·m⁻².

TABLA 2. Volumen de agua aplicada en los experimentos (Promedio)

Tratamientos	Agua recibida por etapas			Volumen total, L·m ⁻²
	0-10 DDG	10-45 DDG	45-60 DDG	
T ₁	50,0	128	72	250,0
T ₂	37,5	96	54	187,5
T ₃	25,0	48	27	125,0
T ₄	12,5	32	18	62,5

DDG= días después de la germinación.

De los 10 a 45 DDG, se realiza la mayor aplicación, con valores de 32 a L·m⁻², aumentando conjuntamente con los riegos a medida que avanzó el periodo hasta los 45 DDG el cultivo, pero con volúmenes diferentes, debido a la cuantía de la reducción de la norma establecida en los ensayos. En estas dos primeras fases es donde se aplican los mayores volúmenes de agua, recibiendo el cultivo de 44,5 a 178 L·m⁻² de agua, para todo el periodo de desarrollo se aplicó un volumen total de agua que osciló de 62,5 a 250 L·m⁻². Este cultivo requiere agua a intervalos de 8 a 12 días, dependiendo del tipo de suelo y de la evapotranspiración (Del Ángel, 2007). Relacionado con este volumen se muestra la evolución del contenido de humedad, en los períodos donde se sembraron las variedades (Figura 2) muestra que los tratamientos de riego produjeron claras diferencias en el contenido de esta en el sustrato.

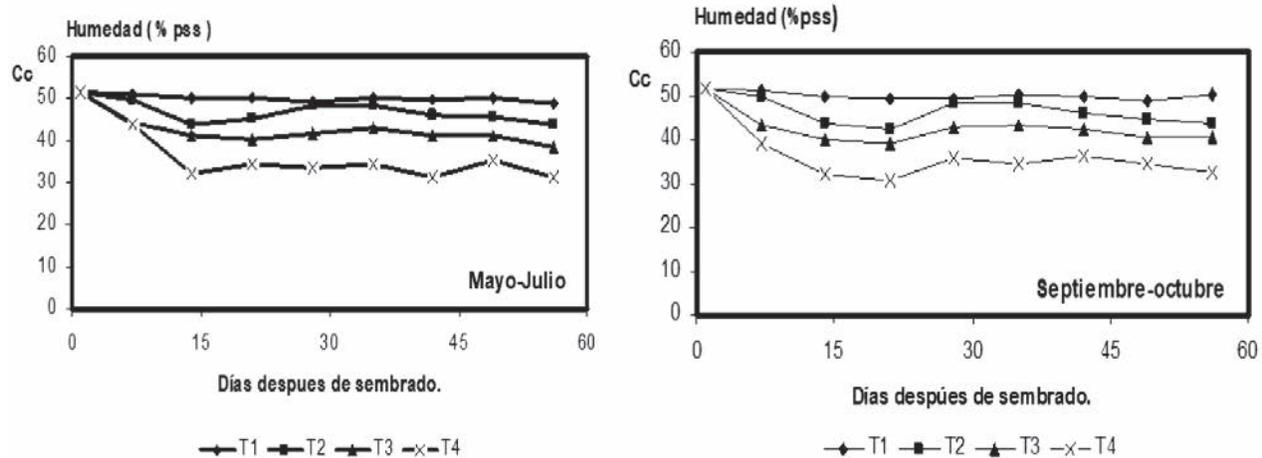


FIGURA 2. Dinámica de la humedad (% pss) en el sustrato.

Solamente el tratamiento T₁ (100% de la norma) mantuvo el sustrato con un alto contenido de humedad a lo largo de todo el período de crecimiento. El riego proporcionado por los tratamientos, mantuvo la humedad del sustrato alrededor del valor de la capacidad de campo (Cc) en el tratamiento T₁ y niveles más bajos en el resto de los tratamientos T₂, T₃ y T₄. Como refleja la Figura 2, los mayores valores de humedad en el periodo mayo-julio, corresponden al tratamiento T₁, entre 49,26 y 51,00% en base al pss, por encima del 85% del valor de la capacidad de campo, este mismo tratamiento registró similar resultado en el período septiembre-octubre, aunque con valores mas bajos (49,1 y 50,15%), pero también superior al 85% de la capacidad de campo. En los restantes tratamientos la humedad varió entre 31,5 y 49,8% (mayo-julio) y 32,1 y 48,4% (septiembre-octubre).

Los rendimientos obtenidos por la variedad Lina (Figura 3) disminuyeron cuando los tratamientos no aportaron toda el

agua requerida por el cultivo durante todo el ciclo, con valores entre 2,40 y 3,01 kg·m⁻² cuando el cultivo se desarrolló en los meses de mayo-julio y entre 2,34 y 2,95 kg·m⁻² de septiembre a octubre. En ambos periodos el tratamiento T₁ supera significativamente a los tratamientos que sufrieron reducciones de la norma, con rendimientos de 3,01 y 2,95 kg·m⁻² respectivamente y como promedio 2,98 kg·m⁻².

Resultados similares encontró Maciel (2003), quien reportó la mayor reducción del rendimiento por el déficit hídrico padecido en el cultivo del frijol común fundamentalmente por el menor número de vainas por plantas.

La variedad Escambray (Figura 4) sufre también reducciones en el rendimiento, independientemente de la época, también debido a la disponibilidad hídrica en el sustrato, estos oscilaron entre 1,19 y 1,63 kg·m⁻² y 1,19 a 1,61 kg·m⁻² para uno y otro periodo, y como promedio 1,19

a 1,62 kg·m⁻². Comparando los rendimientos obtenidos por Cun *et al.* (2009) aunque con la variedad INCA LD pero con cobertor.

Cuando se realizó una valoración de la dependencia existente entre el volumen de agua aplicado con el rendimiento obtenido, las relaciones empíricas de mejores ajustes resultaron ser para ambas variedades, ecuaciones del tipo cuadráticas (Figuras 5 y 6).

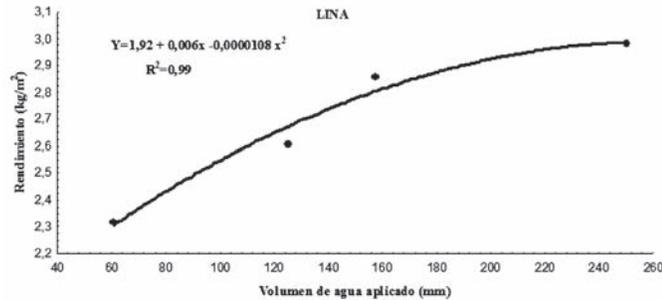


FIGURA 3. Rendimiento de la variedad Lina en los periodos mayo-julio (A) y septiembre-octubre (B)

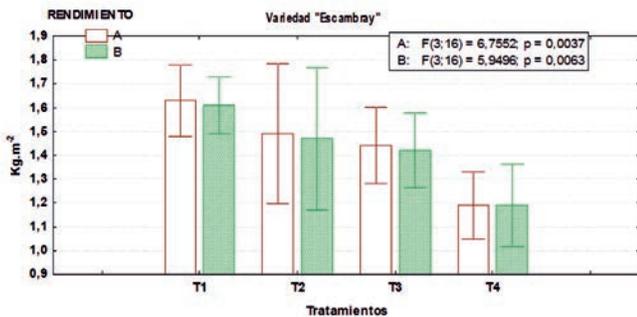


FIGURA 4. Rendimiento de la variedad Escambray en los periodos mayo-julio (A) y septiembre-octubre (B).

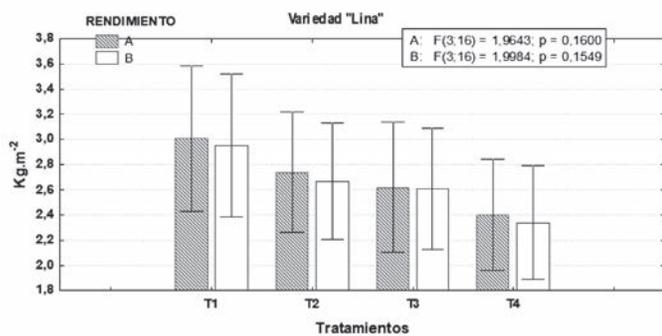


FIGURA 5. Relación volumen de agua-rendimiento.

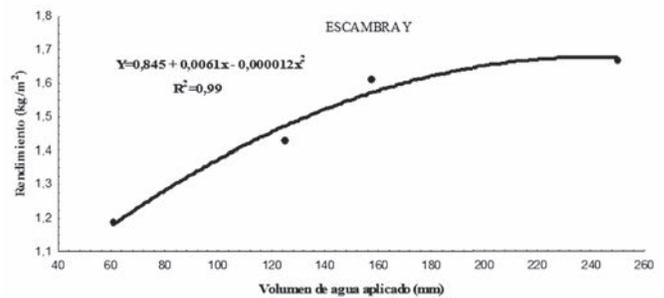


FIGURA 6. Relación volumen de agua-rendimiento.

Un numeroso grupo de investigadores han propuesto una función cuadrática para esta relación English (1990), otros como Mantovani *et al.* (1996), señalan que la relación entre el rendimiento del cultivo y el agua aplicada es siempre curvilínea, dependiente del coeficiente de uniformidad del riego, y Akinremi y McGinn (1996), son del criterio que las relaciones no lineales son más realistas a la hora de pronosticar el rendimiento. Otros cultivos también responden favorablemente a una reducción del riego, y funciones de producción cuadráticas han sido informada para la lenteja Oweis *et al.* (2004), algodón Henggeler *et al.*, (2002), granos verdes Webber *et al.* (2006) y frijol de soja Sincik *et al.* (2008).

Para el maíz en otras situaciones, una función lineal negativa es informada por Payero *et al.* (2006) y Igbadun *et al.* (2006), lo que indica desde el punto de vista agronómico, que el riego total es preferible al riego deficitario, similar resultado informó para la berenjena Lovelli *et al.* (2007), sin embargo por el trigo, se informa que la función de respuesta de producción al agua indica que es preferible el riego deficitario al riego total debido a lo convexo de la función (Tavakkoli y Oweis, 2004).

CONCLUSIONES

- Cuando se mantienen niveles de humedad mediante el riego que no produzcan déficit hídrico la habichuela logra su mejor respuesta productiva, lo que permite a obtener entre 4,02 y 28,44% en la variedad Lina y 3,72 y 40,0% más de rendimiento, que cuando se riega con niveles inferiores, aunque se pueden reducir los aportes hídricos hasta un 25% de la norma, sin perjudicar los resultados agronómicos, y las funciones que relacionan la norma de riego aplicada con la producción obtenida responden a ecuaciones cuadráticas en ambas variedades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKINREMI, O. O.; S. M. MCGINN: "Usage of soil moisture model in agronomic research", *Can. J. Soil Sci* 76: 285-295, 1996.
- CID, G.: *Introducción de métodos y metodologías para la caracterización de las propiedades hidrofísicas, así como las variaciones espaciales temporales*, 45pp., Informe del contrato 004-17 Instituto Investigaciones Riego Drenaje, Ministerio Tecnología Ciencia y Medio Ambiente, La Habana, Cuba, 1995.
- CUN, G. R.; L MONTERO; C. DUARTE: "Respuesta de la habichuela (*Vigna unguiculata* L. Walp.) al déficit hídrico controlado en condiciones de organopónico bajo cubierta protectora", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 54-58, 2009
- DEL ÁNGEL, V.: *Estudio de la cadena agroalimentaria de habichuelas en la Republica Dominicana, cadenas agroa/caden [en línea] 2007.*, Disponible en: <http://www.iicarda.org/pdf/> [Consulta: enero 15 2010].

- ENGLISH, M.: "Deficit irrigation I: Analytical Framework", *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 116(3): 1990.
- FAOSTAT. *Base de Datos Estadísticos de la FAO [en línea] 2007.*, Disponible en: <http://www.fao.org/index ES.htm> [Consulta: enero 10 2010].
- FERERES E; D,J CONNOR: *Sustainable water management in agriculture*, In Cabrera E and Cobacho R (Eds.), Challenges of the new water policies for the XXI century Lisse, The Netherlands A.A. Balkema pp. 157–170, The Netherlands, 2004.
- FERERES, E; M.A. SORIANO: "Deficit irrigation for reducing agricultural water use, Special issue on Integrated approaches to sustain and improve plant production under drought stress" *J. Exp. Bot.* 58: 147–159, 2007.
- GEERTS, S; D. RAES: "Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas", *Agricultural Water Management*, 96: 1275–1284, 2009.
- GÓMEZ P. E.; A, LÓPEZ; R. SANTIESTEBAN: Fijación de Nitrógeno de 11 variedades de vinya en simbiosis con cepas de Rhizobium. En: III **Jornada Científica Productiva sobre el cultivo de la vinya en el Trópico**, Holguín 20,21 y 22 de Junio, pp. 52 y 53, Holguín, Cuba, 2007.
- HENGgeler, J.C., J.M. ENCISO, W.L. MULter, B.L. UNRUH: *Deficit subsurface drip irrigation of cotton*, In: Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) (ed.), Deficit Irrigation Practices, pp. 29–38. Rome, Italy, 2002.
- HERNÁNDEZ, A.: *Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba*, Serie Suelos No 23. La Habana, Cuba, 1999.
- IGBADUN, H.E., H.F. MAHOO, P.R. TARIMO, B.A. SALIM: "Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania", *Agr. Water Manage.* 85: 141–150, 2006.
- LOVELLI, S., M. PERNIOLA, A. FERRARA, T. DI TOMMASO: "Yield response factor to water (Ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctoris* L. and *Solanum melongena* L.", *Agr. Water Manage.* 92: 73–80, 2007.
- MACIEL, Z.: *Sistema de produção de banana para o Estado do Pará. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Sistema de Produção 9, ISSN 1678-8796, 2003, Versão 90 eletrônica, Jan.* (Consultada el 5 de abril 2010).
- MANTOVANI, E. C; F.J. VILLALOBOS; F. ORGAS; E, FERERES: "Modelling the effects sprinkler irrigation uniformity on crop yield", *Agricultural water management*, 27: 243-257, 1995.
- ORELLANA, G. R.; F. ORTEGA: "Del riego al manejo del agua", *Revista de Agricultura Orgánica*. pp. 9–11, La Habana, 2007.
- OWEIS, T., A. HACHUM, M. PALA: "Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment", *Agr. Water Manage.* 68: 251–265, 2004.
- PAYERO, J.O., S.R. MELVIN, S. IRMAK, D. TARKALSON: "Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate", *Agr. Water Manage.*, 84: 101–112, 2006.
- RÁZURI, L.; D. ROMERO, R. ROMERO, J. HERNÁNDEZ; J. ROSALES: "Efecto del riego deficitario controlado en la producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo riego localizado" *Agricultura Andina* 14(enero-junio): 31-48, 2008.
- RODRÍGUEZ, M.: *Manual Técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotegida*, 99pp., Ed. ACTAF, La Habana, Cuba, 2007.
- SHERWOOD P.: "Katalysis: ayudando a los agricultores andinos a sobrellevar el cambio", LEISA. Lima. Perú, *Revista de agroecología*, 24: 24-25, 2009.
- SINCIK, M., B.N. CANDOGAN, C. DEMIRTAS, H. BUYUKCANGAZ, S. YAZGAN, A.T. GOKSOY: "Deficit Irrigation of Soya Bean (*Glycine max* (L.) Merr.) in a Sub-humid Climate", *J. Agron. Crop Sci.* 194: 200–205, 2008.
- SMITH, J.R; R. GOENAGA: Field performance of two snap bean cultivars at varying levels. of exchangeable aluminum. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 237-246, 2005.
- TAVAKKOLI, A.R., T.Y. OWEIS: The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran, *Agr. Water Manage.* 65: 225–236, 2004.
- WEBBER, H.A., C.A. MADRAMOOTOO, M. BOURGAULT, M.G., HORST, G. STULINA, D.L. SMITH: "Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation", *Agr. Water Manage.* 86: 259–268, 2006.

Recibido: 10 de octubre de 2012.

Aprobado: 5 de septiembre de 2013.