

## ARTÍCULO RESEÑA

# CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO DE BAJA PRESIÓN ASISTIDO POR LA APLICACIÓN “RILO” V-4.27\*

**Technical considerations for the design of drip irrigation systems low pressure aided application "Rilo" V-4.27**

José Gabriel Vargas<sup>1</sup> y Nelys Escobar<sup>2</sup>

### RESUMEN

Los sistemas de riego por goteo de alta presión, requieren el uso de electricidad y demandan un alto costo en emisores y equipos presurizados. En contraste, el riego por goteo a baja presión aprovecha la diferencia de altura entre la fuente y el campo, para proporcionar la carga necesaria durante la ejecución del riego. RILO v-4.27 es un modelo paramétrico que utiliza los datos suministrados para realizar los cálculos necesarios para el diseño de sistemas de riego por goteo con depósitos de poca altura (SRGDPA). El presente trabajo fue basado en análisis bibliográfico de los diferentes parámetros requeridos para el correcto diseño de SRGDPA mediante la aplicación RILO v-4.27. En este sentido, se sugiere emisores autocompensantes con Coeficiente de Uniformidad > 90%, Coeficiente de Variación de fabricación < 10%, Coeficiente de descarga = caudal, Exponente de descarga < 0,5 (régimen de flujo = turbulento). Para el diseño agronómico se recomienda el modelo CropWat o tanque evaporímetro tipo “A” en el cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de referencia, el documento FAO N° 56 para el Coeficiente de cultivo, ecuaciones que consideren la Infiltración Básica y el valor de descarga del emisor para determinar el Diámetro del Bulbo Húmedo. El método de velocidad máxima se recomienda para el dimensionamiento de tuberías. Por último, para el diseño hidráulico la presión de operación ideal es 2,43 mca (23,8 kPa), pero en términos prácticos se sugiere una altura del depósito > 1 m.

**Palabras clave:** riego por goteo, baja presión, depósitos de poca altura.

### ABSTRACT

The high pressure drip irrigation systems require the use of electricity, and it demands a high cost in emitter and pressurized equipment. In contrast, low pressure drip irrigation uses the difference in height between the source and the field to provide the necessary load during the execution of irrigation. RILO v-4.27 is a parametric model using data supplied to perform the calculations required for the design of drip irrigation systems with deposits of low high (SRGDPA). This work was based on bibliographic analysis of the different parameters required for the proper design of SRGDPA by applying RILOs v-4.27. In this sense, it is suggested self-compensating emitters with uniformity coefficient > 90% Coefficient of Variation manufacturing < 10%, coefficient download = flow, download exponent < 0.5 (flow regime = turbulent). For agronomic design is recommended the CropWat model or tank evaporation "A" in calculating Reference

---

(\*) Recibido: 24-11-2014

Aceptado: 19-06-2014

<sup>1</sup> Maestría en Manejo de Recursos Agua y Suelo. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare 3350, Po. Venezuela. vargasjoseg@gmail.com

<sup>2</sup> Escuela Técnica Agropecuaria “Oscar Villanueva”, Guanare 3350, Po. Venezuela

Crop Evapotranspiration, FAO document No. 56 for the crop coefficient, equations that consider the Basic Infiltration and the emitter value of discharge to determine the Diameter Wet Bulb. The maxim speed method is recommended for sizing pipelines. Finally, for the hydraulic design ideal operating pressure is 2.43 mca (23.8 kPa), but in practical terms a height reservoir > 1 m it suggested.

**Key words:** drip irrigation, low pressure, low-rise warehouses.

## INTRODUCCIÓN

Razuri (1988) previó que el riego por goteo constituiría una de las mejores alternativas para el aprovechamiento agrícola, pero señaló su alto costo como su mayor limitante. No obstante, los SRGDPA representan una alternativa viable, ya que basan su aprovechamiento en la diferencia de altura entre la fuente de abastecimiento y el campo a regar, para proporcionar la carga necesaria que garantice que el agua llegue a todos los puntos de humedad dispuestos en el terreno (Gruber *et al.* 2007), reducir la presión de trabajo y evitar el uso de equipos de bombeo.

Por otra parte, España *et al.* (2007) aseguraron que constantemente se presentan en el mercado equipos y herramientas con nuevas tecnologías, pero advirtieron sobre la inadecuada difusión tecnológica, ya que los diseños son elaborados sin considerar las condiciones locales. No obstante, Rodrigues *et al.* (2009) enfatizaron sobre la importancia de la modernización y aumento de la capacidad de producción de los pequeños agricultores, a través del uso de nuevas tecnologías y técnicas de producción basadas en criterios técnicos con la eliminación de aspectos empíricos.

RILO es un programa de distribución libre ([www.elregante.galeon.com](http://www.elregante.galeon.com)) para el diseño de SRGDPA, concebido para fomentar el desarrollo de huertos familiares, escolares y de pequeños agricultores. Además, para responder las interrogantes comunes al implantar estos sistemas, como la altura necesaria para el depósito, las presiones mínimas de trabajo de filtros, válvulas, red principal y las líneas de goteros o laterales, así como la influencia de la pendiente topográfica.

Rázuri *et al.* (2005) afirmaron que los modelos de simulación virtual son generalmente utilizados con fines educativos o científicos, pero presentan muy poca utilidad en cultivos comerciales, por lo que Aldaya *et al.* (2008) aseguraron que los modelos virtuales de simulación son generalmente presentados como físicamente válidos, pero advirtieron sobre la necesidad de realizar análisis de componentes para utilizarlos de manera adecuada y segura. El objetivo del presente trabajo fue describir las consideraciones técnicas para el diseño de SRGDPA asistido por la aplicación “RILO” v-4.27.

### Parámetros técnicos a considerar en el diseño de SRGDPA

Los parámetros requeridos por la aplicación RILO v-4.27 son: a) la selección del emisor: que incluye el coeficiente de uniformidad (CU), el coeficiente de variación de fabricación (CV), la ecuación característica de los emisores y régimen de flujo; b) el diseño agronómico: con el cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) y diámetro del bulbo húmedo (DBH); c) dimensionamiento de las tuberías, y d) la determinación de la presión de operación y de la altura de carga.

#### I.- Selección del emisor

##### a) Coeficiente de uniformidad

Wu y Barragán (2000) afirmaron que el objetivo fundamental en el diseño de cualquier sistema de riego, es el requerimiento de uniformidad. La aplicación RILO v-4,27 considera el CU de los emisores, en a) el diseño agronómico; para efectuar el cálculo de las necesidades totales de agua y en b) el diseño hidráulico; para definir los

límites en que se permite la variación de caudales de los emisores.

En relación a los Microtubos (MT), Vergara y Espinoza (2001) los definieron como goteros artesanales de largo recorrido y destacaron la ventaja de su bajo costo, a la vez que advirtieron la susceptibilidad a obturaciones, que el caudal de salida tiene una marcada dependencia con su longitud, y además, que son muy sensibles a los cambios de temperatura y presión, lo que afecta la uniformidad en la entrega del caudal. A este respecto, Gruber *et al.* (2007) determinaron el CU mediante la ecuación de Christiansen (Villafañe 1998) para MT y reportaron valores generales entre 86,3 y 93,8 %.

No obstante, Rodrigues *et al.* (2009) encontraron mayores diferencias en el CU, pero calculados a partir de la ecuación de Kruse (Kruse 1978) con valores entre 62 y 95%, al evaluar el desempeño técnico de MT y lo atribuyeron a su proceso artesanal de elaboración y montaje del sistema, entre otros. Además, advirtieron que los valores del CU para MT pueden presentar una alta variabilidad, ya que la estandarización del emisor no garantiza uniformidad de la aplicación de agua, por lo tanto, aseguraron que su valor debe ser determinado con anterioridad a su utilización.

En el caso de los Goteros Convencionales (GC) la aplicación demanda una serie de parámetros que caracterizan su funcionamiento, los cuales deben ser suministrados por el fabricante, para reducir el riesgo de diseño con criterios empíricos como puede suceder en el caso de los MT. No obstante, en ocasiones estos parámetros no son suministrados en los catálogos o fichas técnicas, por lo tanto, deben ser calculados *in situ* a partir de evaluaciones de desempeño de acuerdo con lo señalado en la norma NMX-O-082-SCFI-2001 (SDE 2001). Por su parte, Tijerina (1999) categorizó el cálculo del CU según el método de riego y señaló la siguiente ecuación para riego por goteo:

$$CU = 100 * \left[ 1 - \left( \frac{1,27 * CV}{e} \right) \right] * \frac{qn}{qa}$$

Donde:

CU = Coeficiente de uniformidad

CV = El coeficiente de variación de fabricación del emisor.

e = El número de emisores de los que recibe agua cada planta.

qn = Gasto mínimo del emisor que corresponde a la presión mínima.

qa = Gasto medio de todos los emisores considerados.

### b) Coeficiente de Variación de fabricación

La variación en la fabricación de un emisor es otro factor que influye en la uniformidad de distribución en un SRGDPA (Da Silva *et al.* 2005). No obstante, Paz *et al.* (2006) afirmaron, que es difícil conseguir que todos los goteros de un mismo modelo proporcionen el mismo caudal a la misma presión.

Por otra parte, Gruber *et al.* (2007) aseguraron que el CV se presenta como un valor dinámico que está afectado por la variación en la carga hidráulica. Por lo tanto, el valor dado por el fabricante corresponderá a una carga hidráulica específica (denominada Presión Nominal; 100 kPa= 10,2 mca). Así, el CV implica diferencias en los caudales debido a variaciones en la fabricación del gotero y no debe ser mayor de 5 % para goteros de categoría “A”, ni mayor de 10 % para los de categoría “B” (SDE 2001).

No obstante, España *et al.* (2007) reportaron CV de hasta 127,2%, en un estudio realizado para evaluar la eficiencia en la operación de un sistema de riego con goteros NAAN Paz 25. Por su parte, Da Silva *et al.* (2012) calificaron de “inacceptables” a aquellos emisores cuyo CV sea mayor de 15%.

De tal manera, que el alto valor reportado por España *et al.* (2007) sugiere inoperatividad técnica de los emisores. Por otra parte, de acuerdo con la metodología empleada, el cálculo pudiera estar más relacionado con la uniformidad del riego y no con el CV, aunque en ambos casos presentaría sobreestimación porcentual para este parámetro.

### c) Ecuación característica de los emisores y régimen de flujo

Para el caso de los GC, es necesario introducir al sistema, los datos que definen las características y funcionamiento de cada emisor. Esta condición, que particulariza el comportamiento de un emisor, es presentada de forma genérica por Paz *et al.* (2006), a través de la denominada Ecuación Característica del Emisor (ECE). Así, cada emisor está definido por su ECE, de la forma:

$$q = K * H^x$$

La ECE relaciona la presión de operación del emisor (H) con el caudal aportado (Paz *et al.* 2006) mediante parámetros del comportamiento hidráulico imprescindibles para el diseño de las instalaciones de riego, tales como; el coeficiente de descarga “K” (CK), cuyo valor es adimensional, y define la constante de proporcionalidad que caracteriza a cada emisor, y el exponente de descarga “x” (Ex), igualmente adimensional, que define el régimen de flujo, cuyo valor indica la sensibilidad de los emisores a la variación de presión, de forma que cuanto más se aproxime a la unidad, el régimen hidráulico más se acerca al laminar y mientras más se aleje, el régimen es turbulento.

Los valores CK y Ex deben ser suministradas por el fabricante y en el caso de MT, el programa los ajusta en función de su longitud. Sin embargo, en el Manual RILO se sugiere un valor de Ex = 0 para goteros autocompensantes, pero Muñoz (2004) reportó este valor como teórico (perfectamente autocompensante). De tal manera, que el valor ideal para Ex es 0,5 ó inferior (Universitat Jaume 2009), pero en la práctica existen diferentes desviaciones de ese exponente, y la expresión se extrae de experimentación, ajustando los resultados a curvas de este tipo, por lo que no siempre tendrá el valor de 0,5.

A este respecto, Gruber *et al.* (2007) reportaron regímenes de circulación turbulento, con valores de Ex de 0,713 y 0,6267, en dos tipos de emisores artesanales para riego por goteo a baja presión. Sin embargo, si el valor de Ex es elevado,

variaciones pequeñas de la presión, producirán variaciones grandes del caudal, y viceversa (Universitat Jaume 2009). Así, a efectos de la incidencia de la presión sobre el caudal, si el Ex es bajo, el régimen de funcionamiento del gotero será turbulento, además, una variación de presión de 20% produciría una variación de caudal de solo 10% (SDE 2001), lo que permite utilizar laterales de mayor longitud.

Por lo tanto, es recomendable para estos sistemas de riego utilizar los emisores autocompensantes, ya que poseen valores bajos para Ex (menores de 0,5), que los hace menos vulnerables a variaciones de presión. Además, deben preferirse goteros con mayor diámetro de paso (orificio de tránsito del agua) (Gruber *et al.* 2007). Por otra parte, Vergara y Espinoza (2001) sugirieron la elección de goteros autocompensantes para terrenos desnivelados, cintas de riego (en línea) para cultivos de una temporada (tomate, cebolla, melón, entre otros) y mangueras de larga duración con goteros insertados para cultivos de vida extensa (viñas, frutales, entre otros).

## II.- Diseño Agronómico

### a) Calculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia

Chaves (1999) advirtió que una de las etapas obligadas para el diseño, instalación y operación de cualquier sistema de riego por goteo, es la estimación de los requerimientos hídricos del cultivo. Así, los datos ETo son necesarios con antelación al planteamiento de proyectos de riego. En la aplicación RILO v-4.27, debe considerarse la máxima ETo con fines de diseño para el intervalo de riego más corto.

En los sistemas de riego localizado de alta frecuencia, donde prácticamente se riega diariamente, la ETo puede estimarse con base en el valor de la evaporación medida en el tanque evaporímetro tipo “A”, considerando un factor de ajuste de acuerdo con el área sombreada y no con la superficie mojada (Chaves 1999). Sin embargo, este proceso puede ser simplificado mediante el empleo del modelo predictivo llamado *CropWat* (FAO 2003); programa informático que simula los

procesos dinámicos de los sistemas naturales que afectan la producción de los cultivos, para calcular sus necesidades hídricas, cuyo cálculo se basa en datos de suelo, clima y cultivo.

### b) Coeficiente de cultivo

Debido a que todavía existe una considerable falta de información para los diferentes cultivos, el método de *Penman-Monteith* (P-M) se utiliza solo para la estimación de la tasa de ETo y no para el cálculo de evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ETc) (Allen *et al.* 2006), por lo tanto, la relación ETc/ETo que puede ser determinada experimentalmente para diferentes cultivos y es conocida como Coeficiente del Cultivo (Kc), se utiliza para relacionar ETc a ETo de la siguiente manera:

$$ETc = Kc \times ETo$$

Trezza *et al.* (2008) definieron el Kc como un valor adimensional, que relaciona los efectos de la transpiración de las plantas y la evaporación que ocurre a partir de las superficies húmedas del suelo. Cevallos (2008), aseguró que el Kc varía de acuerdo al desarrollo del cultivo, por lo que deben considerarse las cuatro etapas de crecimiento propuestas en el documento FAO N° 56, de acuerdo con Allen *et al.* (2006). Sin embargo, con fines de diseño se utiliza el Kc para el periodo de máxima demanda, que corresponde a la fase de mediados de cultivo (Cevallos 2008), por lo tanto, el caudal suele ser sobrestimado en los periodos de inicio de desarrollo y final de cultivo, por lo que se sugiere que la ejecución del riego debe ser realizada de acuerdo al calendario de riego según *CropWat*.

### c) Diámetro del bulbo húmedo

El DBH fue definido por Cevallos (2008) como la dimensión que alcanzará el bulbo de humedad en el suelo generado por las gotas de agua provenientes del gotero, y aseguró que está condicionado por la estructura y textura del suelo, así como por el caudal del gotero y el tiempo de riego. El DBH condiciona la zona humedecida al establecimiento de un buen anclaje radical de las plantas (Holzapfel *et al.* 2007). Chaves (1999)

afirmó que dada la restricción del volumen radical debido al DBH, los sistemas de riego localizado deben ser operados con la frecuencia necesaria que permita mantener la humedad del suelo a un nivel adecuado.

Por otro lado, Holzapfel *et al.* (2007) consideraron que el DBH es uno de los factores más importantes para determinar el número de emisores por planta. Para ello, la aplicación RILO v-4.27 considera valores de DBH para suelos arenosos, Arcillosos y Francos, pero limita su alcance a otras clases texturales. En este sentido, Holzapfel *et al.* (2007), utilizaron ecuaciones que permiten determinar el DBH de los emisores en distintos tipos de suelos y en función de la descarga.

Sin embargo, es necesario manejar una ecuación para cada clase textural de suelo. En este sentido, Cevallos (2008) calculó el DBH adaptado a las necesidades hídricas de cultivos hortícolas, al considerar el valor real de la Infiltración Básica y el valor de descarga del emisor mediante la relación:

$$DBH = \left( \frac{qe}{0,785 * IB} \right)^{1/2}$$

Donde:

qe = caudal del emisor (L h<sup>-1</sup>)

IB = infiltración básica (mm h<sup>-1</sup>)

### III.- Dimensionamiento de Tuberías

Un sistema de riego por goteo está hecho de la combinación de tubos plásticos de diferentes tamaños, que usualmente son considerados como conductos lisos (Megh *et al.* 2006). A efectos de diseño, Megh *et al.* (2006) publicaron cartas (nomogramas) para el cálculo del diámetro en tuberías para líneas principales, secundarias y laterales, para diversas condiciones, cuyo desarrollo se basó en la hidráulica básica de líneas de riego por goteo y con simulación computarizada. No obstante, estas cartas obedecen a condiciones particulares, por lo tanto, su utilización se restringe a casos específicos, lo que obliga al manejo de diferentes cartas en función de cada situación.

Por otra parte, Tapia y Osorio (1999) sugirieron el método de velocidad máxima, como

criterio general para el dimensionamiento de tuberías, que esgrime que en su interior no se produzcan velocidades superiores a  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ ; por su parte, Cevallos (2008) lo utilizó en el diseño de un sistema de riego por goteo para cultivos hortícolas y cultivos orgánicos, dado por la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{0,236 * Q}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería (m)

Q = Caudal o flujo en la tubería ( $\text{m}^3 \text{ seg}^{-1}$ )

#### IV.-Presión de Operación y Altura de Carga

De acuerdo con la SDE (2001), la presión nominal o presión de referencia, normalmente se ubica en los 10,2 mca (100 kPa) o cualquier otra definida por el fabricante, por lo tanto, para goteros sin autorregulación, y sólo en caso de que no existiese una recomendación al respecto por parte del fabricante, el gasto nominal debe estar referido a esta presión. De tal manera, que en los sistemas convencionales de riego por goteo, las presiones de trabajo para goteros suelen estar alrededor de los 10 mca (Universitat Jaume 2009), sin embargo, los emisores proporcionan un caudal bajo, si han de mantenerse dentro de un margen relativamente estrecho de presiones para su correcto funcionamiento, y para mantener uniformidad en el caudal emitido.

No obstante, los SRGDPA o riego por goteo por gravedad, generalmente no se adecuan a estos niveles de presión. En este sentido, Rodrigues *et al.* (2009) encontraron un caudal medio de  $2,1 \text{ L h}^{-1}$ , al evaluar treinta (30) equipos de riego por gravedad con MT, y determinaron mediante pruebas obtenidas en laboratorio basadas en la relación "caudal : presión", que este caudal correspondió a una carga hidráulica disponible de 2,43 mca (23,8 kPa), sin embargo, en términos prácticos, recomendaron ubicar el depósito a una altura mínima de 1 m para estos sistemas.

En términos generales, los diferentes aspectos técnicos que caracterizan las condiciones operativas de los SRGDPA, deben ser considerados

al momento de ser diseñados mediante el uso de la aplicación "RILO" v-4.27, ya que un diseño con bases empíricas o con datos irreales, podría conducir a una mala gestión del riego y retraso de la transferencia tecnológica.

#### REFERENCIAS

- Aldaya, M., Llamas, M., Garrido, A. y Varela, C. 2008. Importancia del conocimiento de la huella hidrológica para la política española del agua. Encuentros Multidisciplinares 10 (29): 8-20 [Revista en línea]. En: <http://oa.upm.es/2239/>. [consulta: julio de 2010].
- Allen, R., Pereira, D and Smith, M. 2006. Crop evapotranspiration. Serie de Riego y Drenaje. Documento FAO-56. Roma. 322 p. [Libro en línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e00.htm>. [consulta: mayo de 2015].
- Cevallos, C. 2008. Diseño y cálculo de un sistema de riego por goteo para 32 ha de cultivos hortícolas y 5 ha de cultivos orgánicos en El Zamorano, Honduras (Resumen). In Resúmenes de Tesis de Fitotecnia, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. p. 195 [Documento en línea]. En: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IE7ibdtPSDUJ:lamjol.info/index.php/CEIBA/article/download/297/224+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ve>. [consulta: mayo de 2015].
- Chaves, M. 1999. El nitrógeno, fósforo y potasio en la caña de azúcar. In XIII Congreso Nacional de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p. 187-215. [Documento en línea]. En: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:V2znpT6rjsgJ:https://www.laica.co.cr/biblioteca/servlet/DownloadServlet%3Ffc%3D443%26s%3D1762%26d%3D1744+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ve>. [consulta: mayo de 2015].
- Da Silva, N., De Medeiros, J. e Batista, M. 2005. Avaliação de diferentes modelos, vazoes e

- espaçamentos de gotejadores na irrigação do meloeiro. *Revista Irriga*. 10 (3): 263-271. [Revista en línea]. En: <http://200.145.140.50/index.php/irriga/index>. [consulta: marzo de 2015].
- Da Silva, L., Da Silva, M., Correa, M., Souza, F. e Silva, E. 2012. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 16 (5): p. 480–486. [Revista en línea]. En: [http://www.agriambi.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=11](http://www.agriambi.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=11). [consulta: marzo de 2015].
- España, R., Villegas, J. y Martínez, F. 2007. Eficiencia del sistema de riego por goteo en la unidad de producción San Isidro, Loma de San Miguel, edo. Trujillo. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología* 25: 67-71.
- FAO. 2003. CROPWAT Model. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. Depósito de Documentos. En: [http://www.fao.org/nr/water/infores\\_databases\\_cropwat.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html). [consulta: mayo de 2015].
- Gruber, L., Blanco, D. y Rojo, E. 2007. Comportamiento hidráulico de dos tipos de emisores artesanales para riego por goteo a baja presión. *Revista BIOAGRO* 19 (2): 79-83.
- Holzappel, E., Abarca, W., Paz, V., Arumi, J., Rodríguez, A., Orrego, X. y López, M. 2007. Selección técnico-económica de emisores. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 11 (6): 547–556 [Revista en línea]. En: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662007000600001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000600001). [consulta: marzo de 2015].
- Kruse, E. 1978. Describing irrigation efficiency and uniformity. *Journal Irrigation Drainage Division* 104 (01): 35-41.
- Megh, G., Luís, R. y José, P. 2006. Manejo de Riego Por Goteo [Libro en línea]. En: [http://www.ece.uprm.edu/~m\\_goyal/dripirrigation.htm](http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/dripirrigation.htm). [consulta: marzo de 2015].
- Muñoz, R. 2004. Caracterización hidráulica de cuatro marcas de emisores para riego localizado comercializados en Chile. *Trab. Esp. Grado. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Talca, Talca, Chile.* 61 p. [Documento en línea]. En: [http://www.academia.edu/8089725/caracterizaci%C3%93n\\_hidr%C3%81ulica\\_de\\_cuatro\\_marcas\\_de\\_emisores\\_para\\_riego\\_localizado\\_comercializados\\_en\\_chile](http://www.academia.edu/8089725/caracterizaci%C3%93n_hidr%C3%81ulica_de_cuatro_marcas_de_emisores_para_riego_localizado_comercializados_en_chile). [consulta: marzo de 2015].
- Paz, E., Menna, Z., Chicala, O., Millón, J. y Paz, M. 2006. Investigación en banco de ensayo de componentes de instalaciones de riego presurizado. In *III Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego*, Mendoza, Argentina [Documento en línea]. En: [http://www.riegoyfertirriego.com/III\\_Jornadas/Trabajospresentados/Paz.pdf](http://www.riegoyfertirriego.com/III_Jornadas/Trabajospresentados/Paz.pdf). [consulta: marzo de 2015].
- Razuri, L. 1988. Diseño de riego por goteo. CIDIAT. Mérida. Venezuela.
- Rázuri, L., Grismaldo, J., Linares, D., Rosales, J., Romero, E. y Hernández, J. 2005. Validación del modelo LEACHM para predecir la salinidad en un suelo del valle de Quibor, con cultivo de cebolla bajo riego localizado. *Revista Forestal Latinoamericana* 2 (38): 97–118.
- Rodrigues, R., Miranda, E., do Nascimento, J., Souza, T. e Mesquita, F. 2009. Irrigação localizada por gravidade em comunidades agrícolas do Ceará. *Revista Ciência Agrônômica* 40 (1): 34-40 [Revista en línea]. En: <http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/issue/view/16>. [consulta: mayo de 2015].
- SDE. 2001. Goteros para sistemas de riego – especificaciones y métodos de prueba.

- Secretaría de Economía. CDU: 65.060.35. Estado Unidos Mexicanos. Documento en línea. En: <https://www.imta.gob.mx/cotennser/images/normas/nmx-o-082-scfi-2001.pdf>. [consulta: marzo de 2015].
- Tapia, F. y Osorio, A. 1999. Conceptos sobre diseño y manejo de riego presurizado. Comisión Nacional de Riego, Departamento de Proyectos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago de Chile, Chile. p. 27 [Documento en línea]. En: <http://ingenieriaderiego.jimdo.com/>. [consulta: mayo de 2015].
- Tijerina, L. 1999. Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Revista Terra Latinoamericana 17 (3): 237-245.
- Trezza, R., Pacheco, Y., Suárez, Y., Núñez, A. y Umbría, I. 2008. Programación del riego en caña de azúcar en una zona semiárida del estado Lara, Venezuela, utilizando la metodología FAO-56. BIOAGRO. 20 (1): 21-27.
- Universitat Jaume. 2009. Riego por Goteo: Fundamentos del diseño. Tema II. Ingeniería Técnica Agrícola. Código 818. Área Mecánica de Fluidos. Dpto. Ingeniería Mecánica y Construcción. Castellón de la Plana, España. 56 p. [Documento en línea]. En: <https://www.yumpu.com/es/document/view/14913079/riego-por-goteo-fundamentos-del-diseno-comunidad-de-regantes->. [consulta: marzo de 2015].
- Vergara, L. y Espinoza, F. 2001. Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. Trabajo para optar al título de ingeniero ejecución mecánico. Universidad de Talca. Talca, Chile [Documento en línea]. En: <http://www.sistemamid.com/preview.php?a=1062>. [consulta: mayo de 2015].
- Villafañe, R. 1998. Diseño agronómico del riego. Editorial Ex - libris. Fundación Polar. Departamento de Ingeniería Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. Pp. 19-21.
- Wu, P. and Barragán, J. 2000. Design criteria formicroirrigation system. Revista Transactions of ASAE. 43 (5): 1145-1154. [Revista en línea]. En: [https://elibrary.asabe.org/toc\\_journals.asp?conf=t&issue=5&volume=43](https://elibrary.asabe.org/toc_journals.asp?conf=t&issue=5&volume=43). [consulta: marzo de 2015].