

Respuesta fisiológica de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) a la disponibilidad de agua en el suelo

Physiological response of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to water soil availability

María Sara Mejía de Tafur^{1*}, Gilberto Eduardo Marín Pimentel¹ y Juan Carlos Menjivar Flores¹

Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. *Autora para correspondencia: msmejiat@unal.edu.co

Rec.:09.09.2013 Acep.:04.25.2014

Resumen

En casa de malla de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (3° 30' 45.6" N y 76° 18' 29.911" O, 1050 m.s.n.m., 23.5 °C y 77% de HR) se midieron los requerimientos hídricos del cilantro (*Coriandrum sativum* L.) variedad Unapal Precoso y se relacionaron con el rendimiento de follaje fresco y materia seca. Las plantas fueron sembradas en macetas con 6 kg de suelo y por ciclo de cultivo se aplicaron láminas de agua de 140, 160, 200 (testigo propuesta por Vallejo y Estrada, 2004), 240 y 280 mm. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos, cuatro repeticiones y 36 plantas por unidad experimental. Cada día, durante la fase experimental, se realizaron mediciones de evapotranspiración y cada 35 días después de la siembra se midieron las producciones de follaje y biomasa. La mayor producción de follaje se obtuvo con 200 mm de agua, valor asociado con la mayor eficiencia en el uso de ésta, medida como producción de MS, (0.64 g/lit de agua aplicado). En la etapa de germinación el coeficiente K_c del cultivo (relación evaporación real/evaporación de referencia) fue de 0.83, 1.12 en la etapa de crecimiento lineal y 1.40 en la etapa de formación de tallo floral y cosecha.

Palabras clave: Agua del suelo, absorción de agua, requerimientos hídricos, uso eficiente del agua, K_c , deterioro en poscosecha, cilantro Unapal Precoso.

Abstract

An experiment was conducted to determine water requirements of coriander Unapal Precoso related to fresh foliage yield and dry matter. Plants were sown in pots with 6 kg of soil and water depths of 140, 160, 200 (witness proposed by Vallejo y Estrada, 2004), 240 and 280 mm were applied. A random complete block design was used with 5 treatments and 4 replications, with 36 plants per experimental unit. Daily evapotranspiration measurements were made. Production of foliage and biomass was evaluated 35 days after sowing. Increased production of foliage was obtained with 200 mm of water depth, value associated with greater efficiency in water use (0.64 grams of dry matter per liter of water applied). The crop K_c was determined: 0.83 at the stage of germination, 1.12 in linear growth stage and 1.40 on the stage of forming flower stems and harvesting.

Keywords: Unapal Precoso, water requirements, water efficiency, K_c , postharvest deterioration.

Introducción

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta aromática y condimentaria, cuyos follaje y semillas tienen una alta demanda y consumo mundial. Su origen es incierto, pero se cree que es nativo de África y el sur de Europa (Ivanova y Stoletova, 1990); los principales productores son la Unión Soviética, India, Marruecos, México, Rumania, Argentina, Irán y Pakistán y los países que lo importan son Alemania, USA, Sri Lanka y Japón (Diederichsen, 1996).

Además de las propiedades medicinales, es un importante aromatizante de alimentos, licores y perfumes; además posee un alto potencial productivo que garantiza su producción y comercialización en grandes superficies (Vallejo y Estrada, 2004). Los estudios relacionados con este cultivo se centran principalmente en la composición y calidad de los aceites esenciales que produce y, en menor grado, en sus requerimientos agronómicos e hídricos. Según Hassan y Ali (2013) la disponibilidad de agua es un factor importante en la productividad de esta planta, pero parece no influir en la calidad y cantidad de los aceites esenciales que produce.

En Colombia se cultivan aproximadamente 3.000 ha con cilantro, de las cuales 40% se encuentran en el departamento del Valle del Cauca, seguido de Antioquia y la región del Viejo Caldas (Estrada, 2003; Vallejo y Estrada, 2004). Se sabe que para una producción entre 18 y 20 t/ha follaje verde se necesitan entre 200 y 300 plantas/m², siempre y cuando se garantice un suministro adecuado de agua y nutrientes (Arcos, 2002; Estrada, 2000; Mejía *et al.*, 2008). Las investigaciones con este cultivo inicialmente se enfocaron en el mejoramiento genético con variedades que producen más follaje en menor tiempo, igualmente se han evaluado los efectos de diferentes dosis y niveles de fertilización en el rendimiento (Estrada, 2003; Vallejo y Estrada 2004; Mejía *et al.*, 2008).

Hassan y Ali (2013) encontraron los mayores rendimientos de follaje en cilantro con aplicaciones de riego equivalentes a 120% de la evapotranspiración potencial. Los trabajos de investigaciones con este cultivo no son concluyentes en la respuesta a la aplicación

y uso del agua y nutrientes; no obstante, Donaga *et al.* (2013) hallaron que en esta planta la acumulación de nutrientes sigue el orden: K > N > Ca > P > Mg > S, y demostraron que las diferencias en acumulación de nutrientes, rendimiento y aceites esenciales son debidas principalmente a los diversos genotipos.

En trabajos realizados por la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, se observó que la variedad Unapal Precoso tiene una demanda de 200 mm de agua por ciclo de cultivo, distribuidos de la forma siguiente: 20% en los primeros 6 días, 50% en la etapa de establecimiento y crecimiento acelerado hasta los 25 días y 30% en los 10 días siguientes, hasta el inicio de formación de tallo, floración y cosecha (Vallejo y Estrada, 2004). Estos autores hallaron una demanda hídrica de 1.500 mm/año, lo que indica que la productividad, tanto en hojas como de semillas en cilantro es mayor cuando se utiliza riego. Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo determinar el coeficiente Kc del cultivo de cilantro (*C. sativum*).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en casa de malla en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, localizada en el Valle del Cauca, Colombia (3° 30' 45.6" N y 76° 18' 29" O) a 1050 m.s.n.m., 23.5 °C, y 77% de HR. Se utilizó la variedad de cilantro Unapal Precoso (Vallejo y Estrada, 2004) durante dos ciclos de siembra del cultivo. Se empleó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 20 unidades experimentales. La unidad experimental consistió en parcelas de 0.1 m² y 36 plantas, siendo la unidad de muestreo 10 plantas por unidad experimental. Las plantas fueron establecidas en macetas de plástico, colocadas sobre recipientes para recolectar el agua de un posible drenaje, con capacidad para 0.58 kg de un suelo franco arcilloso obtenido de un lote de cultivo comercial a una profundidad entre 0 y 25 cm. Se sembraron 2.5 g/m² de semilla, equivalentes a una población de 2.500.000 plantas/ha (Vallejo y Estrada, 2004). Los tratamientos (Cuadro 1), correspondientes a diferentes láminas de agua en tres etapas

de crecimiento del cultivo, se iniciaron con el suelo a capacidad de campo y en las etapas del cultivo se determinaron según la curva de crecimiento de la planta (Mejía *et al.*, 2008; Vallejo y Estrada, 2004) (Cuadro 1).

Dieciséis días después de la siembra (dds) se fertilizó el cultivo tomando como base los estudios realizados en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP) (Mejía *et al.*, 2009) (datos no publicados) (Cuadro 2).

Para determinar la evapotranspiración real se midió la pérdida de peso en una maceta en 24 h y para evaluar el rendimiento se midió el peso fresco (verde) promedio de 10 plantas por repetición y por tratamiento. La producción de biomasa seca se calculó utilizando una estufa a 65 °C hasta alcanzar un peso constante y la eficiencia de uso de agua se determinó relacionando el consumo con el rendimiento de follaje. Para evaluar el requerimiento hídrico se determinó el coeficiente K_c del cultivo a partir de la evapotranspiración real ($EVTr$) y la evapotranspiración de referencia (Eto), utilizando la ecuación siguiente:

$$K_c = \frac{EVTr}{Eto}$$

La evapotranspiración real se obtuvo calculando la pérdida de peso de cada maceta en un período de 24 h. La evapotranspiración

de referencia se determinó evaluando la evaporación del tanque clase A corregida por el factor K_p (Snyder y Pruitt, 1992), según estas relaciones:

$$Eto = \text{Evaporación tanque} \times K_p$$

$$K_p = 0.482 + 0.024 \cdot \ln(F) - 0.000376 \cdot U + 0.0045 \cdot HR,$$

donde, F : distancia en metros (m) entre el tanque y las macetas o cultivo (para el ensayo $F = 1$, o distancia mínima), HR : humedad relativa (%), y U : velocidad del viento (km/h).

Los valores de HR y U requeridos por la ecuación se determinaron en horas de la mañana, al medio día y en la tarde, utilizando una estación meteorológica portátil marca Davis Modelo 99800-30.

El uso eficiente de agua (UEA) es la relación entre el consumo de agua y el rendimiento en términos de biomasa seca total o la cantidad de biomasa acumulada por volumen de agua consumida y se determinó relacionando ambas variables.

El peso fresco, al momento de la cosecha, se midió en 10 plantas por unidad experimental, éstas fueron pesadas después de 30, 60, 90 y 120 min para determinar la pérdida de peso a través del tiempo, lo que se consideró un índice de calidad ya que a menor pérdida de peso, mayor es la calidad del follaje.

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza (Andeva) para determinar el efecto de los tratamientos sobre el rendimien-

Cuadro 1. Tratamientos para medir la respuesta de cilantro a la aplicación de agua.

Trat.	Agua (mm)	Volumen de agua/fase (cm ³)	cm ³ aplicados/fase		
			1 (fase 1, 1 – 8 dds)	1 (fase 2, 9 – 26 dds)	1 cada 2 días (fase 3, 27 – 35 dds)
T1	140	14,000	5850	5705	2445
T2	160	16,000	5850	7105	3045
T3*	200	20,000	5850	9905	4245
T4	240	24,000	5850	12705	5445
T5	280	28,000	5850	15505	6645

* Testigo según la propuesta de riego de Vallejo y Estrada (200).

dds = días después de siembra.

Cuadro 2. Fertilizantes aplicados en cada unidad experimental.

Tipo de fertilizante	Área (m ²)	Cantidad* (g/m ²)
Urea (46% N)	0.1	1.4
K ₂ SO ₄ (50% K)	0.1	2.6
MgSO ₄ (30%)	0.1	2.8

*Datos sin publicar. Mejía de Tafur (2009).

to en cada una de las edades del cultivo. En los casos en que se presentaron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan, utilizando el programa SAS (2009).

Resultados y discusión

En la etapa de germinación no se presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos, debido a que en esta fase de cultivo la aplicación de agua fue igual para todos ellos, las semillas no habían germinado y el consumo de agua fue debido exclusivamente a la evaporación desde el suelo (Figura 1). En el comienzo de la etapa de establecimiento y crecimiento acelerado, 15 dds, se observaron diferencias en el consumo de agua entre tratamiento. El consumo de agua por cilantro está directamente relacionado con la cantidad aplicada; así, cuando la planta se encuentra en un suelo con alto contenido de humedad, aumenta el potencial hídrico lo que facilita el movimiento del agua desde el suelo hacia el exterior y estimula la apertura estomática y, consecuentemente, la transpiración.

Según Selles y Ferreyra (2003) en la medida que la disponibilidad de agua en el suelo disminuye, el potencial hídrico es menor y, por tanto, se reduce la disponibilidad de agua para la planta. Cuando esta condición es progresiva, ocurre un momento en el que la absorción no puede igualar la transpiración, con el consecuente déficit hídrico en la planta y cierre estomático, lo que explica la baja evapotranspiración en los tratamientos 1 y 2 de este ensayo.

Los resultados mostraron un efecto positivo del riego sobre los rendimientos de follaje ($P < 0.05$) entre los tratamientos 1 y 2 (140 y 160 mm) vs. los demás (Figura 2). Esto indica que la aplicación de una lámina de agua > 200 mm no aumenta el rendimiento de manera significativa y que láminas de agua menores afectan el rendimiento del cilantro. Otras variables, como altura, diámetro del tallo y número de hojas basales presentaron tendencias similares al rendimiento. En el Cuadro 3 se observan los resultados del uso del agua (relación entre el consumo de agua y el rendimiento) e indican que la mayor efi-

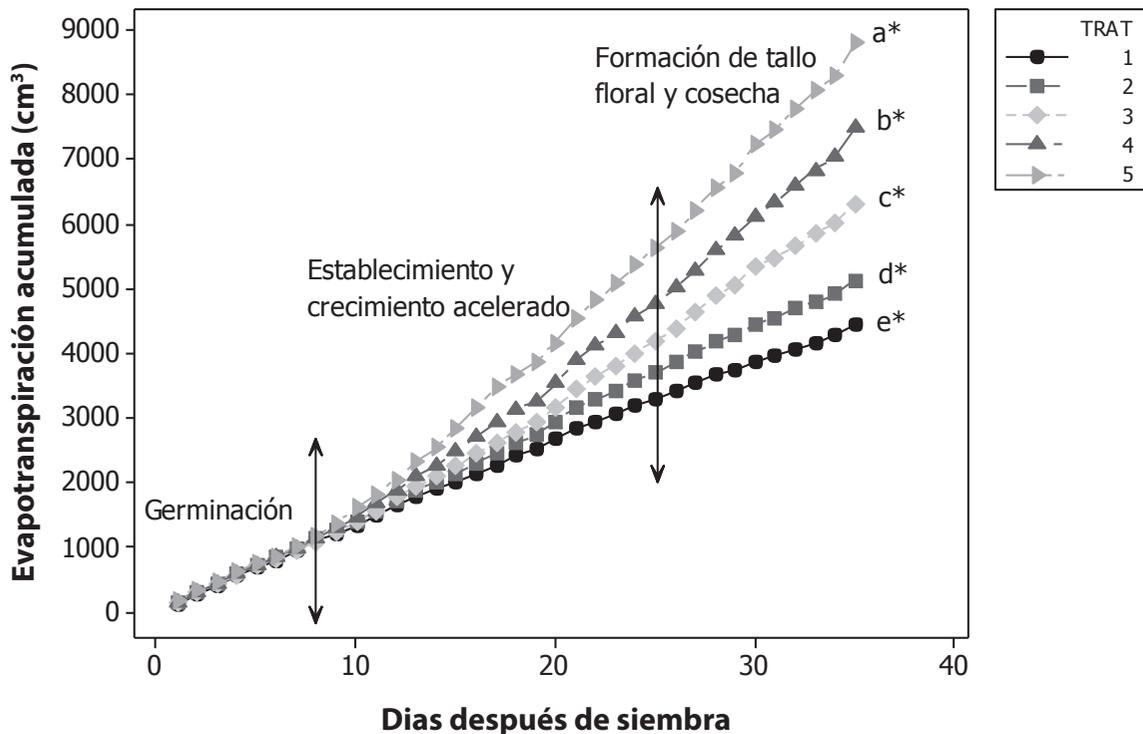


Figura 1. Evapotranspiración acumulada en el tiempo, expresada como días desde la siembra.

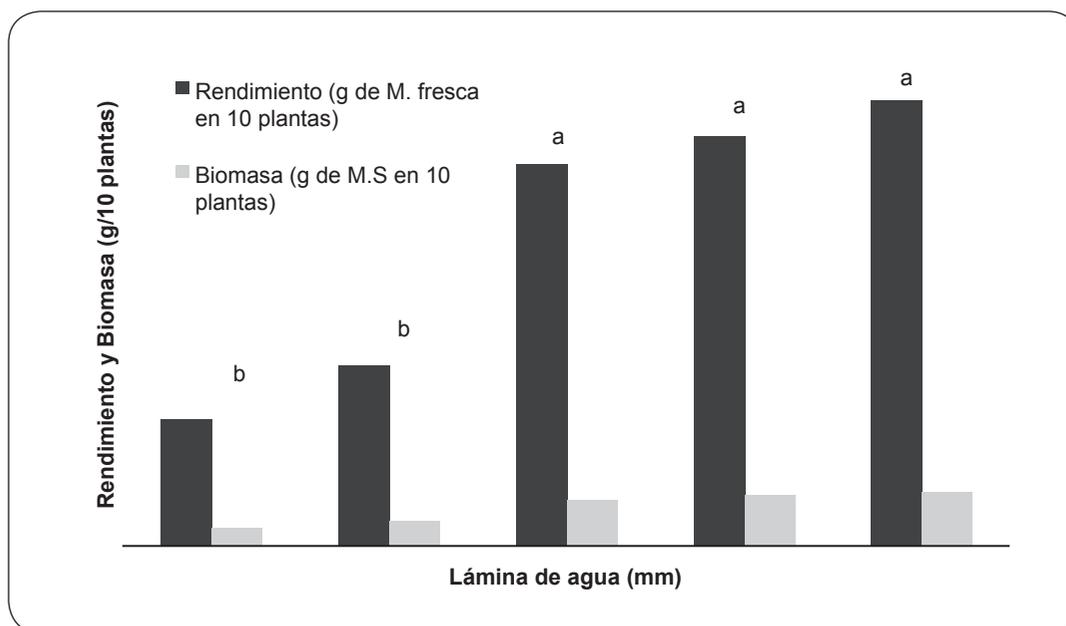


Figura 2. Rendimiento y acumulación de biomasa de cilantro en cada tratamiento. UN sede Palmira.

Cuadro 3. Producción de materia seca, consumo y eficiencia en el uso del agua por el cultivo de cilantro. Promedio de dos ciclos. UN Palmira.

Parámetro	Tratamientos (mm de agua)				
	140	160	200	240	280
Materia seca (g)*	5.0	7.2	12.9	14.5	15.0
Consumo de agua en el ciclo (litros)	14	16	20	24	28
EUA ^a (g de biomasa/litro de agua)	0.36	0.45	0.64	0.61	0.53

* Para 36 plantas que conforman una unidad experimental.

a. EUA = eficiencia de uso de agua.

ciencia se presentó en el tratamiento con una lámina de agua de 200 mm, lo que coincide con la propuesta de Vallejo y Estrada (2004).

El análisis estadístico indicó que el valor del coeficiente K_c presentó diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos, con excepción de los resultados en la fase de germinación entre 9 y 16 dds. En las fases de crecimiento acelerado entre 9 y 26 dds y de formación del tallo floral y cosecha entre 27 y 35 dds, el valor de K_c aumentó a medida que incrementó la cantidad de agua aplicada (Cuadro 4).

Teniendo en cuenta que la mejor respuesta fisiológica de cilantro en las variables uso eficiente de agua, producción de biomasa y rendimiento, se presentó cuando se aplicaron

200 mm de agua, se seleccionó como valor de K_c para este cultivo aquel obtenido con los datos correspondientes al tratamiento 3 (Cuadro 4). Estos valores fueron de 0.83 en la etapa de germinación, 1.12 en la fase de crecimiento lineal y 1.40 en la fase de formación del tallo floral y cosecha.

La pérdida de peso en poscosecha fue más alta en la medida que la disponibilidad de agua en el suelo fue mayor. Esta pérdida, 120 minutos después de cosecha, presentó diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos (Figura 3). Las pérdidas con láminas de agua de 140 y 160 mm fueron similares, igualmente lo fueron los tratamientos con 200 y 240 mm; la mayor pérdida ocurrió en el tratamiento (T5) con 280 mm.

Cuadro 4. Valores del factor *Kc* determinados para *C. sativum* en diferentes etapas de desarrollo. UN Palmira.

Lámina de agua (mm)	Etapa del cultivo		
	Germinación 0 - 8 dds	Crecimiento inicial (9 - 26 dds)	Formación de tallo floral y cosecha (27 - 35 dds)
140 (T1)	0.83	0.83 d*	0.75 e
160 (T2)	0.80	0.95 d	0.95 d
200 (T3)	0.83	1.12 c	1.40 c
240 (T4)	0.85	1.30 b	1.78 b
280 (T5)	0.85	1.62 a	2.10 a

* Valores seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P > 0.05$), según la prueba de Duncan.

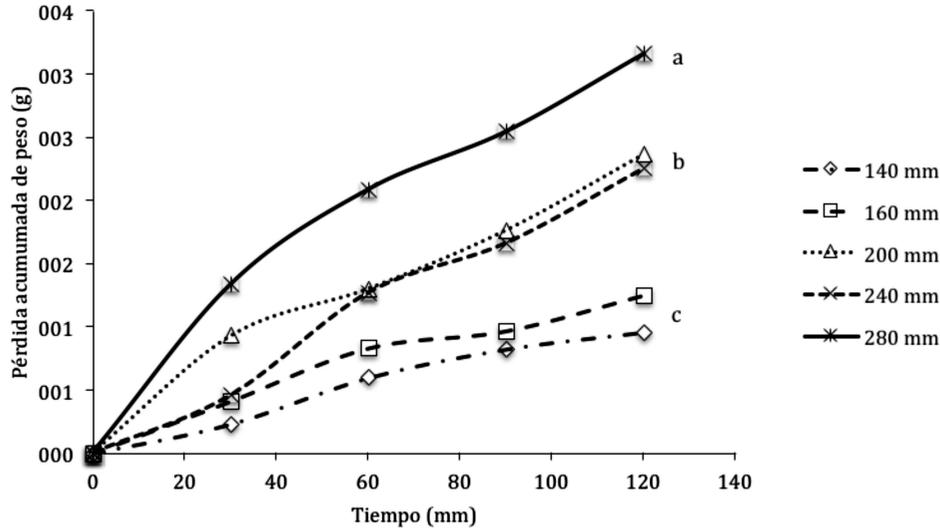


Figura 3. Pérdida de peso de cilantro en poscosecha. Los datos se obtuvieron 120 min después de la cosecha (promedio de dos ciclos). (a, b... $P < 0.05$).

Conclusiones

- El tratamiento de 200 mm de lámina de riego presentó la mejor respuesta fisiológica y la mayor eficiencia en el uso de agua por el cultivo de cilantro. La aplicación de láminas de riego diferentes a este volumen pueden generar deficiencias o excesos de agua para el cultivo.
- La aplicación de 200 mm de agua parece ser adecuada para que el follaje de cilantro conserve su calidad durante un período mayor.
- El valor del coeficiente *Kc* en cilantro presenta valores diferentes, lo que depende de la etapa de desarrollo del cultivo; en germinación fue de 0.83, en crecimiento de 1.2 y en formación de tallo floral y cosecha de 1.40.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, especialmente al Programa de Suelos, por el apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

Referencias

- Arcos, A. L., Estrada, E. I.; y Muñoz, J. 2002. Estabilidad de cinco cultivares de cilantro *Coriandrum sativum* L. en cinco niveles de nitrógeno y dos épocas de siembra. Trabajo de grado. Ing. Agrónomo. Palmira. Universidad Nacional de Colombia.
- Diederichsen, A. 1996. Coriander (*Conandrum sativum* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Ge-

- tersleben/International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Roma 83 p.
- Donega Mateus, A.; Mello Simone, C.; Moraes Rita, M.; y Cantrell L. Charl. 2013. Nutrient uptake, biomass yield and quantitative analysis of aliphatic aldehydes in cilantro plants. *Industrial Crops Products* 44:127 – 131.
- Estrada, E.I. 2003. Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas en Colombia. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 261p.
- Estrada, E. I. 2000. El cultivo de cilantro UNAPAL-Precoso. Programa de Investigación en Hortalizas. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 23 p.
- Hassan, F. A.; y Ali, E. F. 2013. Impact of different water regimes based on class -A pan on growth, yield and oil content of *Coriandrum sativum* L. plant. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* En: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.05.001>.
- Ivanova, K. V. y Stoletova, E. A. 1990. The history of culture and intraspecific taxonomy of *Coriandrum sativum* L. *Russ. Eng. Bot. Genisel* 133:26 - 40.
- Mejia, S.; Estrada, E.; y Figueroa, O. 2008. Respuesta fisiológica del cilantro a diferentes niveles de potasio y nitrógeno. *Acta agronómica. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.* 4 p. Vol.57, No. 3, 4p.
- Vallejo, F. A. y Estrada, E. I. 2004. El cultivo de hortalizas de clima cálido. Palmira. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 346 p.
- Selles, G. y Fereyra, R. 2003. Criterios para controlar el riego en uva de mesa. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile.* 27 p.
- Snyder, R. y Pruitt W.O. 1992. Evapotranspiration data management in California. *Irrigation and Drainage Session Proc./Water Forum'92. Baltimore.* August. 128 – 133 p.