

# **Determinación del requerimiento hídrico del pimentón en el municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca**

**Water requirements of pepper in Candelaria, Valle del Cauca, Colombia**

*Adriana Gómez Enríquez, Hernán Rojas Palacios, Franco Alirio Vallejo Cabrera, Edgar Iván Estrada Salazar*

Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237, Palmira. Valle del Cauca. Colombia.

Autores para correspondencia: hrojasp@palmira.unal.edu.co, favallejoc@palmira.unal.edu.co y eiestradas@palmira.unal.edu.co

Recibido: 16-09-2009 Aceptado: 20-09-2010

## **Resumen**

Se realizó un ensayo con el fin de determinar el requerimiento hídrico del pimentón *Capsicum annuum* variedad Unapal-Serrano, en la zona de Candelaria-Valle del Cauca (Colombia). Se determinó que el pimentón requiere 425mm de agua durante su ciclo vegetativo, obteniendo una eficiencia del uso del agua de 5.32 kg/m<sup>3</sup> de fruto fresco y de 0.5 kg/m<sup>3</sup> en términos de materia seca. Además, se comprobó la eficiencia del microevaporímetro "MIEVHR" como herramienta para programación del riego y estudios hidrológicos.

**Palabras clave:** *Capsicum annuum*, evaporación, requerimiento agua, microevaporímetro

## **Abstract**

A trial was carried out in order to determining the water requirement of the pepper *Capsicum annuum* variety UNAPAL- Serrano in the zone of Candelaria -Valley of the Cauca (Colombia) and to evaluate the efficiency of the microevaporímeter "MIEVHR" as estimator of the evaporation. It was determined that the pepper requires 425mm of water during the cycle vegetative obtaining an efficiency of the use of the water of 5.32 Kg/m<sup>3</sup> of fresh fruit and 0.5 kg/m<sup>3</sup> in terms of dry matter. Besides, it was verified the microevaporímeter efficiency "MIEVHR" as tool for programming of the irrigation.

**Key words:** *Capsicum annuum*, evaporation, water requeriment, evaporimeter

## Introducción

El suministro de agua es uno de los factores determinantes para el desarrollo y producción de las plantas. Su requerimiento hídrico depende de las condiciones climáticas de la zona, suelo, tipo de cultivo, manejo y etapa del ciclo en la que se encuentre. Las plantas generalmente cumplen su ciclo vegetativo a través de las siguientes fases: germinación, desarrollo, maduración y cosecha y las necesidades de agua se hacen más apremiantes en alguna de estas etapas.

Uno de los cultivos más exigentes en requerimientos hídricos es el pimentón. Si se presenta deficiencia de agua se provoca estancamiento del desarrollo y daños en la calidad del fruto, ocasionando rajaduras o pudrición apical. Si hay exceso de humedad en el suelo por efecto del riego, se incrementan las enfermedades radiculares asociadas a los hongos *Phytophthora capsici* y *Fusarium sp.* (Cano, 1998).

Teniendo en cuenta la importancia del manejo del agua en el desarrollo del cultivo de pimentón *Capsicum annuum* se propuso un estudio tendiente a caracterizar el suelo frente a su capacidad de retención de humedad, evaluar la respuesta fisiológica y productiva del cultivo a tres niveles de humedad asociadas con la evaporación y estimar las necesidades hídricas para la variedad Unapal-Serrano obtenida por la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

## Materiales y métodos

El ensayo se desarrolló en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira (CEUNP) situado en el área plana del Valle del Cauca, municipio de Candelaria, a 1.000 m.s.n.m. Sus coordenadas son: 2°0.6' LN y 65°03' LO. Pertenece a la zona climática cálido-moderada, según la clasificación de Holdridge, formación Bosque Seco Tropical (BS-T) (Rodríguez, 1999).

El Centro Experimental "CEUNP" posee un suelo cuyo origen pedológico corresponde a un epiaquert ústico arcilloso fino isohiper-térmico 1% (Madero, 1997).

La evaporación se midió con un evaporímetro denominado "Medidor integrado de evaporación para hidrología y riego" "MIEVHR".

El ensayo se hizo bajo cubierta para evitar efectos por precipitación. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos utilizados fueron:

- Tratamiento 1: Lámina de agua igual al 100% de la evaporación (EV).
- Tratamiento 2: Lámina de agua igual al 75% de EV.
- Tratamiento 3: Lámina de agua igual al 50% de EV.

La siembra fue por surcos separados 1.0 m y la distancia entre plantas de 0.50 m. Cada unidad experimental contenía 30 plantas.

Se determinó la densidad aparente de cada unidad experimental con el método de campo propuesto por Klute (1986). La capacidad de retención de humedad del suelo se determinó usando el método de las ollas a presión, a cinco presiones diferentes: 0.1, 0.3, 1.0, 3.0, 5.0, 15 bares, siendo 0.1 la presión tomada para capacidad de campo y 15 para punto de marchitez permanente (Malagón y Montenegro, 1990). Estas características se evaluaron para cuatro profundidades (0-15, 15-30, 30-45, 45-60 cm), según la profundidad efectiva de raíces.

El área experimental se preparó con una arada y dos pases de rastrillo californiano. Antes del trazado de los surcos, se hizo una micropreparación con arado rotativo. La siembra fue por trasplante con plántulas de 35 días, obtenidas en sustrato de cachaza-carbonilla.

El riego se efectuó por gravedad y como fuente de agua un pozo profundo ubicado en el Centro Experimental y al cual se le realizó el respectivo análisis de calidad según las normas de Greene y de Lv Wilcox (Canovas, 1980).

Se trabajó con un caudal de 4 l/s, calibrados mediante un aforador instalado en la descarga de la bomba. El tiempo de riego se determinó para cada tratamiento de acuerdo con la lámina de riego que se aplicó y al área de cada unidad experimental. La frecuencia de riego fue semanal.

Hubo ocho fertilizaciones foliares con una solución de nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) 2g/l de agua y dos al suelo con una mezcla de DAP, sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>SO<sub>4</sub>) y en proporción 1-2-3 con una cantidad de 20g/planta.

Con el fin de determinar la influencia del agua en el cultivo se evaluaron los siguientes caracteres: producción por planta, número de frutos por planta, peso promedio del fruto y altura de planta.

El microevaporímetro MIEVHR se localizó 2 m fuera del área de influencia del cultivo. Las lecturas de evaporación se midieron diariamente a las 7:00 a.m. registrando la lectura inicial y final y posteriormente se determinó la lámina de agua evaporada de acuerdo con la siguiente expresión:

$$EV = Lf - Li / Fe$$

Donde:

**EV:** evaporación (mm/día)

**Lf:** lectura final (cm)

**Li:** Lectura inicial (cm)

**Fe:** Factor de escala que depende de la posición en que se encuentre el dispositivo de medición:

A= 10 cm

B= 5 cm

C= 2 cm

Con los datos registrados de evaporación diaria se determinó la evaporación acumulada. Se diseñó una gráfica de dispersión entre la evaporación acumulada y el tiempo de duración del cultivo y se ajustó un modelo matemático lineal. De acuerdo con el modelo, se estimó la evaporación promedio de la zona y la evaporación acumulada en un momento dado.

Para determinar el consumo de agua, en términos de evapotranspiración, se hizo seguimiento al contenido de humedad del suelo durante el ciclo del cultivo, utilizando el método gravimétrico (Malagón y Montenegro, 1990). Los registros de humedad se determinaron antes y después de cada riego, con muestreos hasta una profundidad de 0-60 cm (profundidad efectiva de raíces) subdivididos en cuatro de 0-15, 15-30, 30-45, y de 45-60, respectivamente. Estos muestreos se hicieron para cada unidad experimental. El peso seco de las muestras se determinó utilizando el método del horno microondas el cual fue inicialmente calibrado según metodología presentada por Rojas *et al.* (2002).

Para determinar el agua consumida por evapotranspiración se midió la humedad del suelo, antes y después del riego a cuatro profundidades del suelo.

El cálculo de la evapotranspiración se realizó usando el método del balance hídrico, para cada unidad experimental. Los datos de evapotranspiración acumulados se ajustaron al modelo matemático logístico mediante el uso de software "CURVEXPERT". Con el fin de evaluar la evapotranspiración, en los diferentes estados de desarrollo del cultivo, se transformó el periodo de crecimiento en días a porcentaje de crecimiento, variando cada 10% y se determinó la tasa de evapotranspiración mediante la primera derivada del modelo ajustado. Estos parámetros permitieron determinar el coeficiente del cultivo mediante la relación entre la tasa de evapotranspiración y la tasa de evaporación.

Se efectuó el análisis de varianza para las siguientes variables de respuesta: evapotranspiración acumulada, producción por planta, peso promedio del fruto, y de desarrollo vegetativo. La comparación de medias se cumplió mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Se utilizó el paquete estadístico Statistic Analysis Sistem "SAS".

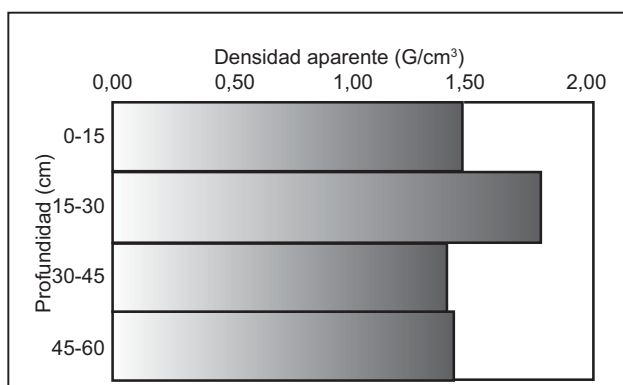
## Resultados y discusión

### Densidad aparente

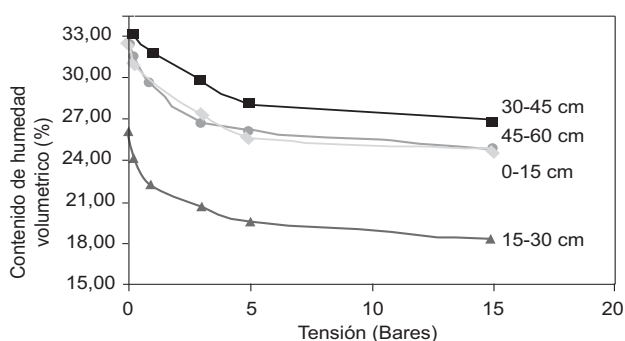
La densidad de la primera capa (0-15 cm) fue de 1,46 g/cm<sup>3</sup>, la de la tercera capa (30-60 cm) fue de 1,40 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la de la segunda capa (15-30 cm) fue alta, alcanzando un valor de 1.77 g/cm<sup>3</sup>, lo cual indica que es una capa compactada con poca retención de humedad (Figura 1). Con excepción de la profundidad de 15-30 cm, la densidad aparente se encuentra en el rango de 1.40-1.45 g/cm<sup>3</sup>, considerada normal para suelos agrícolas con altos contenidos de arcillas expandibles (Palacios, 2002) (Dooerenbos, 1979).

### Retención de humedad

La Figura 2 describe las curvas de retención de humedad en las cuatro profundidades. El suelo presentó buena retención de humedad, principalmente en las capas de 0-15 cm y de 30-60 cm. La capa de 15-30 cm, mostró la me-



**Figura 1.** Densidad aparente para cada capa del suelo del Centro Experimental, CEUNP.



**Figura 2.** Retención de humedad para cada una de las capas del suelo del Centro Experimental, CEUNP.

nor retención de humedad, y como consecuencia el agua aprovechable es menor y afecta a la planta en la segunda etapa del ciclo vegetativo. Según registros de retención de humedad obtenidos por el Servicio de Conservación de los Suelos de Estados Unidos (Palacios, 2002) el agua disponible para este tipo de suelos, a esta profundidad, es de 0.9mm/cm.

Los contenidos de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente revelaron diferencias en relación con los estándares, estimados por el mismo Servicio de Conservación del Suelo. Para este tipo de suelo, el contenido de humedad a capacidad de campo es de 27% y de 13.5% para punto de marchitez permanente, y los resultados máximos que se obtuvieron en este suelo fueron de 33% para capacidad de campo y de 26.9% para punto de marchitez permanente. Se debe mantener el suelo al 33% de humedad para garantizar un suministro adecuado para el buen desarrollo de la planta.

### Evaporación

Los datos de la evaporación acumulada, medidos con el microevaporímetro “MIEVHR”, se presentan en la Figura 3. La evaporación siguió una tendencia lineal creciente con promedios diarios de 4.2 mm/día, pero en la época de mayor temperatura fue de 5.6 mm/día, hasta lograr un acumulado de 692.5 mm en el periodo de 122 días. Al comparar estos valores con los obtenidos en la Estación Experimental de Cenicaña, muy cercana a CEUNP que es de 5.8 mm/día, en un tanque clase A, se pudo apreciar el gran ajuste que existe con el microevaporímetro “MIEVHR” y su precisión como equipo sencillo de trabajo.

La evaporación acumulada se expresó en el siguiente modelo lineal:

$$E_v = 11.86 + 5.58t \quad r^2 = 0.99$$

Donde:

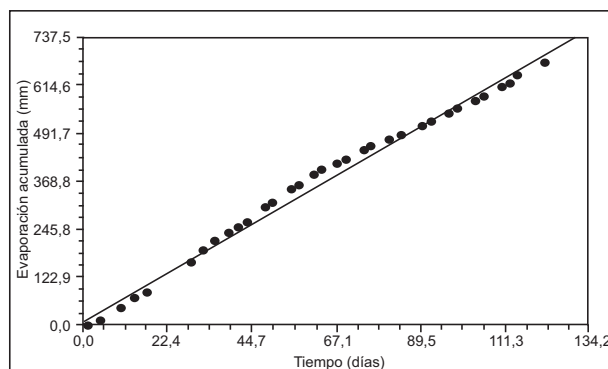
$E_v$  = Evaporación acumulada

$t$  = tiempo en días

### Evapotranspiración

Durante el ciclo del cultivo se aplicaron 16 riegos, de los cuales el primero fue uniforme para todos los tratamientos con una lámina equivalente a 1.4 mm/ha. Con base en los registros de evaporación y los tratamientos previamente establecidos, se aplicaron las cantidades totales de agua equivalentes a una lámina de 767 mm/ha para el tratamiento uno, de 609 mm/ha para el dos y de 451 mm/ha para el tres.

El análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre tratamientos, que



**Figura 3.** Evaporación acumulada durante el ciclo de cultivo del pimentón *Capsicum annuum* en el Centro Experimental-CEUNP. Candelaria. 2002

en parte pueden ser explicadas por las características físicas del suelo que presenta una capa impermeable entre los 15-30 cm, provocando una escorrentía subsuperficial que alteró los tratamientos y a la desuniformidad de las capas de suelo que afectó las respuestas fisiológicas de las plantas. Los datos determinados de evapotranspiración para cada tratamiento y repetición se ajustaron por el método numérico de Levenberg –Marquardt (Israelense et al., 1995) (regresión no lineal), utilizando el modelo logístico ya que la evapotranspiración acumulada presentó una tendencia similar al comportamiento típico de crecimiento de una planta. Mediante la ecuación de ajuste se determinó la evapotranspiración máxima acumulada para el cultivo que fue de 425 mm con un coeficiente de determinación de 0.98 (Figura 4) lo cual indica el buen ajuste a los datos experimentales y su soporte técnico a la información encontrada en la revisión de literatura donde se estima que en Colombia el pimentón requiere de 400-450 mm de agua, expresada en términos de evapotranspiración (Domínguez, 2002; Vallejo, 2001).

La evapotranspiración acumulada se ajustó al siguiente modelo matemático:

$$ET = \frac{425 \cdot 24}{1 + 20 \cdot 21 e^{-0.0428t}}$$

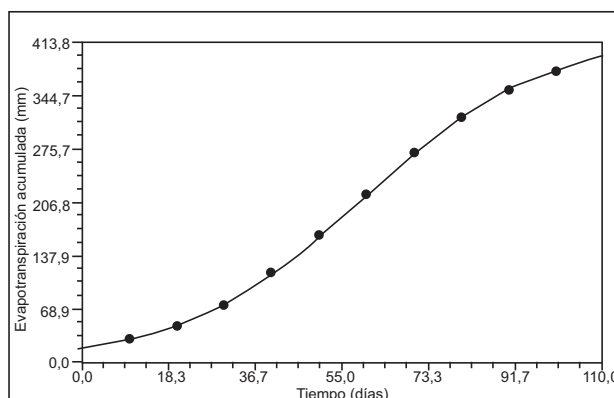
R<sup>2</sup> = 0.95

Donde:

ET: evapotranspiración acumulada en mm;  
t: tiempo en días

### Evapotranspiración a través del tiempo

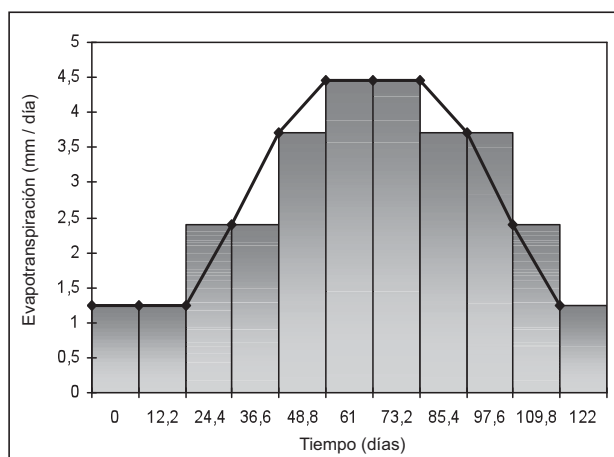
A partir de la evapotranspiración acumulada (Figura 4), se determinó la evapotranspiración diaria calculando la tasa de evapotranspiración como la primera derivada del modelo matemático ajustado a la evapotranspiración acumulada. Esta tasa de evapotranspiración se determinó para diferentes periodos dividido en intervalos de porcentaje (cada 10%). Se encontraron diferencias altamente significativas en la evapotranspiración a través del tiempo con un nivel de significancia de 5% según la prueba de Tukey que permitió describir el consumo de agua y asociarlo con las fases de



**Figura 4.** Comportamiento de la evapotranspiración acumulada durante el ciclo del cultivo del pimentón *Capsicum annuum* en el Centro Experimental-CEUNP. Candelaria, 2002.

desarrollo del cultivo, así como determinar los periodos de mayor exigencia de agua.

En la Figura 5 se pudo observar el comportamiento de la evapotranspiración durante el ciclo vegetativo. En los primeros 24 días después del trasplante, se estimó una evapotranspiración diaria promedio de 1.25 mm. A partir de este periodo se presentó un incremento de 3.2 mm/día, durante este periodo la evapotranspiración varió en forma lineal hasta que alcanzó un valor máximo de 4.45 mm/día que es constante entre los 61 y 85 días luego de trasplante; posteriormente la evapotranspiración comenzó a descender hasta que llegó al valor inicial y se mantuvo constante.



**Figura 5.** Comparación de la evapotranspiración (mm/día) durante el ciclo vegetativo del pimentón *Capsicum annuum* en el Centro Experimental-CEUNP. Candelaria, 2002

**Coefficiente del cultivo a través del tiempo (kc)**

Se establecieron los coeficientes del cultivo en diferentes periodos del ciclo vegetativo:

**Fase de establecimiento**

1-24 días (24 días)

Kc = 0.18

**Fase de desarrollo vegetativo**

25-61 días (36 días)

Kc = 0.18- 0.76

**Fase de maduración**

62-98 días (36 días)

Kc = 0.76

**Fase de cosecha**

99-122 (26 días)

Kc = 0.76-0.33

Al comparar los valores obtenidos de Kc con los estándares establecidos por Palacios (2002), se encontró una diferencia alta, principalmente en la fase de establecimiento y cosecha. La diferencia de los resultados obtenidos en comparación con los estándares, se puede deber a las condiciones climáticas de la zona, el tipo de suelo, material genético, manejo y método de investigación.

Se evaluó la producción por planta, número de fruto por planta, peso promedio de fruto, largo y ancho. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, el tratamiento 2 (75% EV) fue el que mejor respuesta tuvo en cuanto al agua aplicada, con una producción promedio de 0.73 kg/planta, luego el tratamiento 1 (100% EV) que tuvo una producción promedio de

0.71 kg/planta y finalmente el tratamiento 3 (50% EV) con 0.6 kg/planta.

La eficiencia del uso del agua fue de 5.32 kg/m<sup>3</sup>, lo que indica que se requiere 0.19 m<sup>3</sup> de agua en términos de evapotranspiración por cada kilogramo de pimentón fresco o, lo que es lo mismo, que se puede obtener un rendimiento de 53.2 kg/ha por mm de agua evapotranspirada. Se estimó que si se aplica una lámina de agua de 425 mm se puede obtener un rendimiento de 22.61 t/ha siendo este un rendimiento superior a los establecidos por Vallejo *et al.* (2001) quien destacó rendimientos del pimentón Unapal- Serrano entre 15–20 t/ha. En términos de materia seca, la eficiencia del uso del agua fue de 0.5 kg/m<sup>3</sup>, lo cual revela que se requieren 2 m<sup>3</sup> de agua evapotranspirada para producir 1 kg de materia seca.

**Programación de riego**

Los resultados permitieron sugerir una guía del riego para el cultivo de pimentón *Cap-sicum annuum* variedad UNAPAL- Serrano para condiciones ambientales similares a las evaluadas en esta investigación (Cuadro 1).

**Conclusiones**

La evapotranspiración diaria mínima se presentó durante los primeros 24 días, con un valor de 1.25 mm/día. El valor máximo fue de 4.45 mm/día y se presentó entre los 60–75 días.

La eficiencia del uso del agua fue de 5.32 kg/m<sup>3</sup>, en términos de rendimiento de frutos, y de 0.5 kg/m<sup>3</sup> en términos de materia seca.

**Cuadro 1.** Programación de riego propuesta para el cultivar UNAPAL-Serrano bajo las condiciones del Centro Experimental-CEUNP. Candelaria.2002.

	<b>Fase de establecimiento (24 días)</b>	<b>Fase de desarrollo (36 días)</b>	<b>Fase de maduración (36 días)</b>	<b>Fase de cose- cha (26 días)</b>
<b>Kc</b>	0.18	0.18-0.76	0.76	0.76-0.33
<b>Profundidad de raíz (Z)</b>	12	32	51	51
<b>Altura de Planta (cm)</b>	10-27	28-60	60–85	85-93
<b>Cobertura (%)</b>	1.83	3 –21.3	21.8-40.2	40.5 –42.3
<b>Necesidades hídricas (mm)</b>	58.17	157.71	154.07	55.05
<b>Frecuencia de riego (días)</b>	4	3	3	18
<b>Lámina bruta (mm/ha)</b>	2.42	4.38	4.27	2.11

Dado que la evapotranspiración calculada fue de 425 mm en el ciclo de 122 días, se estimó un potencial de rendimiento promedio de frutos de 22.6 t/ha.

Se determinaron características indispensables para la programación del riego en el cultivo de pimentón *Capsicum annuum*, que aún no estaban reportadas para condiciones climáticas del Valle del Cauca, como el coeficiente del cultivo, la profundidad efectiva de raíces, altura de plantas, porcentaje de cobertura, lámina bruta de agua a aplicar en diferentes tipos de suelos y sistemas de riego para cada fase de desarrollo del cultivo.

### Referencias

- Cano, M. 1998. Pimiento y pimentón en riego localizado. Disponible en: [www.parcebas.csic/fichas agronomicas.6.3.2](http://www.parcebas.csic/fichas_agronomicas.6.3.2). Noviembre.
- Canovas, J. 1980. Calidad agronómica de las aguas de riego. Publicaciones de extensión Agraria. 2 edición. Madrid. 55p.
- Domínguez, S. 2002. Requerimientos hídricos y transporte de solutos en la zona radicular del cultivo de pimentón (*Capsicum annuum*) - Pampa de Villacuri. Disponible en: [lamolina.edu.pe/facultad/agricola/biblioteca/T073/htm/2001](http://lamolina.edu.pe/facultad/agricola/biblioteca/T073/htm/2001). Noviembre 2002.
- Doorenbos, J.; W.O. Pruitt. 1979. Las necesidades del agua de los cultivos. Serie Riego y Drenaje No 24. Universidad Nacional Agraria "La Molina". Departamento de recursos de agua y tierra. Roma. 194 p.
- Israelsen, O; Hansen, V. 1995. Principios y aplicaciones del riego. Editorial Reverté. Segunda edición. Barcelona. 396p.
- Klute, A. 1986. Methods of soil analysis part 1. Physical and mineralogical methods. American Society of agronomy. Inc Soil Science Society of America. Inc. Numeral (9). Parte 1. Madison, Wisconsin USA. 1216p.
- Madero, 1997. Cartografía ultradetallada de suelos y evaluación de tierras del centro experimental de la Universidad Nacional de Colombia (CEUNP) sede Palmira. Acta Agronómica. Volumen 47, Número 1, Enero - Marzo. 12p.
- Malagón, D.; Montenegro, H.1990. Propiedades físicas de los suelos. Segunda edición. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 813p.
- Palacios, E. 2002. ¿Por qué, cuándo, cuánto y cómo regar? Para lograr mejores cosechas. Editorial trillas. Primera Edición. México. 214p.
- Rojas, P. H.; Castellanos, M.; Sánchez, F. 2002. Secado de muestras de suelos mediante microondas. Proyecto de Investigación de la cátedra de hidrología. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Pp. 65.
- Rodríguez, C.A. 1999. Efecto de cuatro métodos de labranza sobre las propiedades físicas de un vertisol ústico y sobre la producción de *Sorghum bicolor* en el Valle del Cauca. Palmira, Colombia. Trabajo de grado (Ingeniería Agronómica). Universidad Nacional de Colombia, facultad de Ciencias Agropecuarias. Pp 83.
- Vallejo, F. A. 2001. El cultivo de pimentón UNAPAL -Serrano. Programa de Investigación en Hortalizas. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 18p.