

DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE AGUA APROVECHABLE EN ALGUNOS CULTIVOS DE CLIMA MEDIO, MEDIANTE EL SISTEMA RIEGO POR EXUDACION

Juan Carlos Valencia¹
Dafila Erazo Rodríguez¹
Lucio Legarda Burbano²
Hugo Ruiz Erazo³

RESUMEN

El trabajo se desarrolló entre junio de 2001 y junio de 2002 en la vereda Guayabal, municipio del Peñol (Nariño), ubicada a 1200 msnm con una temperatura promedio de 22°C, una precipitación anual de 1045 mm, evaporación de 1618 mm y la humedad relativa de 59%.

Se establecieron seis parcelas experimentales de 600 m² cada una, de estas parcelas, dos se destinaron para la siembra de frijol, dos para la siembra de melón y dos para la siembra de tomate. Para cada cultivo se utilizó un sistema de riego por aspersión, que tradicionalmente utilizan los agricultores de la zona y otro sistema de riego por exudación, tecnología desconocida por los agricultores del municipio del Peñol.

La cantidad de agua aplicada en los tres cultivos por el sistema de riego por exudación fue de 90,9 m³, 99,6 m³, 102 m³ para frijol, melón y tomate, respectivamente, mientras que con el sistema de riego por aspersión se aplicó 204 m³ para el cultivo de frijol, 220 m³ para el cultivo del melón y 246 m³ para el cultivo de tomate. El rendimiento obtenido fue de 2,5 t/ha para frijol, 28 t/ha para melón y 39 t/ha para tomate, superando los obtenidos con el riego por aspersión

¹ Ingenieros Agroforestales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia

² Profesor Titular, Ingeniero Agrónomo. M. Sc., Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E_mail: lulebu@yahoo.com

³ Profesor Asistente, Ingeniero Agrónomo M. Sc., Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, E_mail: hruize@telenarino.com

de 2,1 t/ha, 18 t/ha y 30 t/ha para frijol, melón y tomate respectivamente.

Palabras claves: Riego por exudación, tensiómetros, rendimiento.

SUMMARY

The study was carried out between June 2001 and June 2002 in the village of Guayabal, municipality of El Peñol (Nariño), situated 1200 metres above sea level, an average temperature of 22°C, annual rainfall of 1045 mm, evaporation of 1618 mm and relative moisture of 59%.

Six testing plots of 600 m² areas were established, two were sown with bean, two with melon and two with tomato. For each crop two irrigation systems were used: one that used by local growers and the other a new technology consisting of an exudation irrigation system, unknown to growers.

The amount of water applied in the three crops with the exudation system was 90.92, 99.64, 102 m³ for beans, melons and tomatoes respectively, while for the sprinkler system 204 m³ were applied for beans, 220 m³ for melons and 246 m³ for tomatoes. Results obtained through the use of the exudation system of irrigation were 2.5 t/ha for beans, 28 t/ha for melons and 39 t/ha for tomatoes, higher than results obtained with the sprinkler system, 2.1 t/ha, 18 t/ha and 30 t/ha for beans, melons and tomatoes respectively.

Key Words: Irrigation by exudation, tensiometer and production.

INTRODUCCIÓN

El Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria - PRONATTA - del Ministerio de Agricultura y la Universidad de Nariño, a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas, han aunado esfuerzos para buscar alternativas viables de producción agrícola como la implementación de sistemas de riego eficientes, encaminados a favorecer la rentabilidad de los pequeños agricultores y maximizar la producción agrícola en zonas con problemas de sequía.

Actualmente, en la región del Peñol, el sistema de producción agrícola se hace

empleando el agua suministrada por la distribución irregular de la lluvia y de las aguas de la quebrada Molinoyaco, que la utilizan en forma rudimentaria de riego y que es la única fuente hídrica de esta zona, por lo tanto es necesario implementar una nueva técnica de riego como el sistema de riego por exudación, el cual funciona por medio de una cinta exudante que contiene microporos y que se caracteriza por el ahorro de agua, fácil manejo, eficiente en la fertilización y trabaja con presiones y caudales de agua muy bajos.

En el sistema de riego por exudación el agua se aplica de forma continua, mediante un tubo poroso que exuda agua en toda su longitud. A medida que disminuye el contenido de agua del suelo, debido a la extracción que realizan las plantas, la succión de agua del tubo poroso por parte del suelo va en aumento hasta hacer que el caudal exudado también aumente, manteniendo siempre en el suelo un alto contenido de humedad que permite satisfacer las necesidades de los cultivos.

Este sistema permite regar en forma continua, de manera que sea el propio sistema suelo-planta el que establezca la demanda de agua, sin que se produzcan pérdidas por percolación (Legarda *et al.*, 2001).

El sistema de riego por exudación también conocido como riego localizado de alta frecuencia (RLAF), no tiene ninguna separación entre gota y gota en toda su longitud y perímetro del tubo geotextil de poliéster el cual está impregnado con una resina porosa. (Manual informativo del tubo geotextil exudante, 1990).

Toda la superficie de esta cinta libera agua por capilaridad en función de la presión utilizada produciendo una franja húmeda en todo el suelo, De La Concha afirma (1990) que esta cinta puede ir en la superficie o cubierta sobre el terreno (enterrado) de manera que el agua y el fertilizante llegue directamente a la raíz de la planta.

El objetivo fundamental del riego por exudación es economizar el agua de riego mediante un uso eficiente de este recurso, especialmente en zonas donde sea escaso. Igualmente mediante este sistema y en el riego por goteo se puede realizar fertirrigación que es la aplicación combinada y frecuente de agua con fertilizantes que ofrecen grandes posibilidades de utilización eficiente.

Complementa lo anterior Marulanda (1998), quien recomienda que en el riego por goteo los fertilizantes que se utilicen en este sistema sean completamente solubles en agua para evitar taponamientos en los conductos o tuberías del sistema.

Para que el sistema de riego por exudación funcione en una forma eficiente es necesario monitorear constantemente el suelo por medio de tensiómetros que son aparatos colocados a la profundidad de la máxima actividad de las raíces para determinar la succión requerida para el crecimiento óptimo de muchos cultivos. (León, 1985).

En la región del Peñol el sistema de riego por aspersión liviana es el más difundido pero mal utilizado porque no se tienen en cuenta las características físicas del suelo como por ejemplo la infiltración. Además se riega sin criterio de humedecimiento del suelo, por ello se riega por tiempo y no por necesidades reales del cultivo lo que finalmente no soluciona el problema de déficit hídrico que presentan las plantas.

Si a esta se le añade la escasez de agua, se puede afirmar que no hay un uso eficiente del recurso porque no existe una cultura técnica del manejo de este elemento con el riego por aspersión lo que finalmente redundará en la baja productividad de los cultivos.

El objetivo principal de este estudio fue: determinar las necesidades de agua y probabilidades de lluvia de los cultivos de frijol, melón y tomate, mediante el sistema de riego por exudación con el uso de tensiómetros, contrastado con los resultados obtenidos en el sistema de riego por aspersión liviana.

METODOLOGIA

Localización. El trabajo se llevó a cabo en el municipio del Peñol, Departamento de Nariño, en la vereda Guayabal, ubicada a 1200 msnm una temperatura promedio de 22°C y una precipitación media anual de 1045 mm, la humedad relativa de 59% y una evaporación de 1618 mm año. Pertenece a un bosque seco premontano (bs-PM), la vegetación natural ha sido modificada por intervención humana, con el fin de establecer praderas extensivas sin ningún tipo de manejo. (Alcaldía Municipal del Peñol, 2000).

Área experimental. Se establecieron seis parcelas experimentales para los cultivos de frijol, melón y tomate. El área de cada parcela fue de 600 m². Para cada cultivo se utilizaron dos sistemas de riego, uno por exudación y otro por aspersión liviana. El diseño estadístico utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones.

Variedades cultivadas de frijol, melón y tomate. En frijol, se utilizó la variedad Calima arbustiva, con frutos alargados de color rojo con vetas blancas. En el melón se utilizó el híbrido Gold Rush F1, de frutos esféricos, corteza amarilla reticulada, pulpa anaranjada de gran aroma. Para el cultivo de tomate se utilizó el híbrido Santa Clara de crecimiento indeterminado, frutos de color rojo achatados uniformes, planta de abundante follaje con un periodo vegetativo de 110 días.

Manejo del sistema de riego por exudación. El cabezal de control de riego se conectó a una tubería principal, que traía el agua que se almacenaba en un tanque. En el momento que se abre la llave de paso del cabezal, el agua pasa por un contador donde se registra la cantidad de agua aplicada en un tiempo determinado; mediante una ventosa se libera el aire comprimido para evitar rupturas en la tubería, un regulador de presión modera el caudal, así se procura que éste salga con baja presión y se distribuya hacia la tubería secundaria donde está conectada la cinta exudante, la cual proporciona el agua a la planta en la zona radical.

Tensiómetros. La frecuencia y duración de riego para el sistema de riego por exudación en los cultivos de frijol, melón y tomate, se determinó con el uso de tensiómetros, que registraban el grado de humedad del suelo.

Sistema de riego por aspersión liviana. Este es el que comúnmente utilizan los agricultores de la zona. Para el desarrollo del proyecto se empleó un aspersor intermitente de baja frecuencia y portátil, dado que dicho sistema se puede mover dentro de un área con un diámetro de 12 metros y un caudal de 1lt/seg.

Para el sistema de riego por aspersión, la frecuencia y duración de riego fue la utilizada comúnmente en la región. El criterio de los agricultores es aplicar el riego con una frecuencia de 4 a 5 días, con una duración de tres horas.

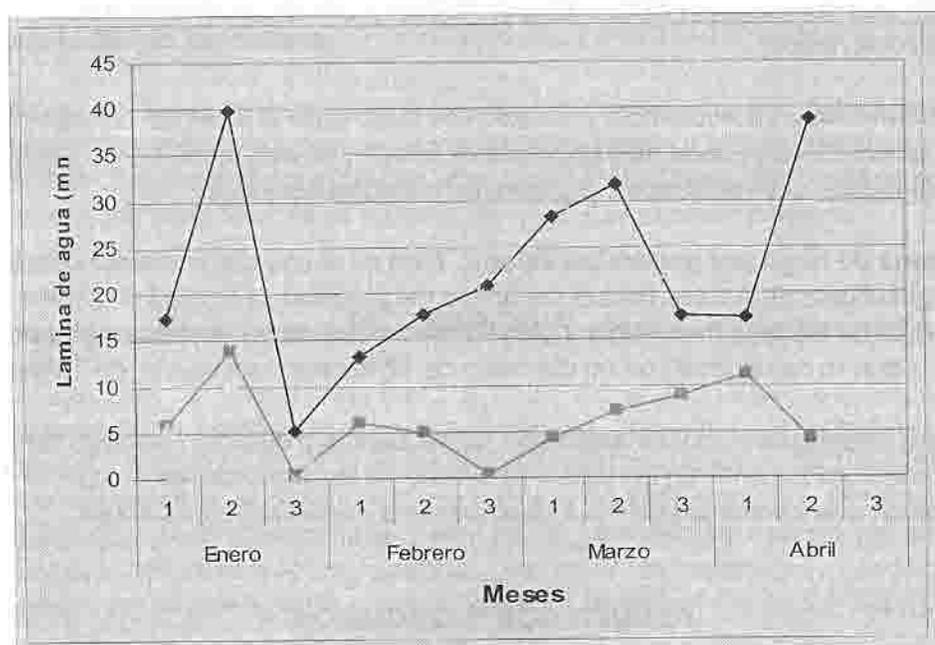
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Balance hídrico. Uno de los parámetros utilizados en el cálculo del balance hídrico es la precipitación, lo cual se trabajó con valores probabilísticos. En la figura 1, se indican las probabilidades de lluvia con un 50% y un 80% para los meses de enero a abril, el tiempo en el cual se da la duración del ciclo vegetativo

de los cultivos. Estas probabilidades se obtuvieron de 13 años de registros consecutivos de precipitación de 1990 a 2002. De igual forma están graficadas las necesidades de agua del cultivo o uso consuntivo y necesidades de riego o déficit hídrico.

Se observa que con el nivel de probabilidad de lluvia del 50%, no hay déficit por lo tanto la cantidad de lluvia esperada alcanza a suplir las demandas de agua por parte de los cultivos. Con un nivel de probabilidad de lluvia del 80%, se necesita de una aplicación adicional de agua ya que la precipitación no cubre los requerimientos hídricos de los cultivos.

Figura 1. Curva de variabilidad decadal de precipitación (mm) 50 y 80% de probabilidad, uso consuntivo y riego para el cultivo de frijol



Rendimientos de los cultivos en relación al riego. En las Tablas 1 y 2 se muestran los rendimientos obtenidos por el sistema de riego por exudación presentaron diferencias estadísticas significativas con respecto a los obtenidos mediante el sistema de riego por aspersión. Las diferencias de producción encontradas resultaron de la cantidad de agua aplicada a los cultivos. Con el riego por exudación se aplicó solo el agua necesaria, mientras que con el riego por aspersión se incurrió en gastos innecesarios de agua, impidiendo el proceso normal de respiración de la planta, además que aumentó la incidencia de plagas y enfermedades, de esta forma se disminuyó la producción de acuerdo con lo anotado por el SENA (2000).

En la Tabla 1, se observa que en cultivo de frijol el sistema de riego por exudación presentó un rendimiento de 2.5 t/ha y para el sistema por aspersión el rendimiento fue de 2.1 t/ha. Producciones próximas a las obtenidas se lograron en la zona del Remolino por Legarda *et al.*, (2001), también en el sistema de riego por exudación.

Las necesidades hídricas para el cultivo de frijol, aplicada con el sistema de riego por exudación para esta producción fue de 90,2 m³ o 151,5 mm en 900 metros de cinta exudante en una área de 600 m², lo que significa que por cada metro lineal se gastó 100 litros en todo el ciclo del cultivo. Con el sistema de riego por aspersión el agua aplicada fue de 204 m³/600 m² o 340 mm (Tabla 2). En el trabajo realizado por Guerrero y Usama (2000), bajo condiciones similares con riego por exudación se utilizó 42 m³ de agua.

En el cultivo del melón el rendimiento obtenido con el sistema de riego por exudación fue de 28 t/ha, el rendimiento con el sistema de riego por aspersión fue de 18 t/ha. (Tabla 1). Guerrero y Usama (2000), obtuvieron una producción de 33 t/ha, siendo mayor a la de este estudio debido a que el melón se adapta mejor a condiciones de clima cálido y seco con temperaturas mayores a 27°C.

El agua aplicada con el sistema de riego por exudación para esta producción fue de 99,6 m³/600 m² o 166 mm empleando por cada metro lineal 195 litros. El volumen de agua utilizado por el cultivo de melón con el riego por aspersión fue de 186 m³ o una lámina de 310 mm. El agua de riego utilizada para el cultivo de melón por Guerrero y Usama (2000) fue de 23,5 m³.

El cultivo de tomate presentó una producción de 2340 Kg/600m² o 39 t/ha con el sistema de riego por exudación y de 1800 Kg/600m² o 30 t/ha con el sistema.

El cultivo de tomate presentó una producción de 2340 Kg/600m² o sea 39 t/ha con el sistema de riego por exudación y de 1800 Kg/600m² o 30 t/ha con el sistema de riego por aspersión superando ampliamente los valores reportados por Legarda et al., (2002) de 27.9 t/ha. Esta producción es menor a la obtenida en este estudio, debido a que el tomate se adapta mejor a temperaturas que oscilan entre 18 y 24°C.

Para este cultivo se aplicó 102 m³ o 171,3 mm de agua, con el riego por exudación en una área de 600 m² y con 450 m de cinta exudante, gastándose por metro lineal 170 litros en todo el ciclo del cultivo, agua aplicada con el riego por aspersión fue de 246 m³ o 410 mm. En el trabajo realizado por Guerrero y Usama (2000), fue de 28 m³. (Tabla 2).

Los rendimientos obtenidos en este estudio mediante el riego por exudación y aspersión se alejaron de las producciones nacionales ya que estas últimas enmarcan un promedio de diferentes regiones donde las condiciones de suelo y clima son diferentes.

El agua total de riego aplicada en este trabajo es más amplia que la anotada por Guerrero y Usama (2000) ya que los aportes de precipitación en esta región fueron menores, por tanto se incrementó la necesidad de riego.

Tabla 1. Rendimiento de los diferentes cultivos con el riego por exudación y aspersión y su relación con la producción nacional y regional.

CULTIVO	SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACION		SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION		PRODUCCION REGIONAL Tn/ha	PRODUCCION NACIONAL Tn/ha
	Kg./600m ²	Producción Tn/ha	Kg./600m ²	Producción Tn/ha		
Frijol	150 A	2.5	126 B	2.1	1.0	1.5
Melón	1680 A	28	1080 B	18	15	25
Tomate	2340 A	39	1800 B	30	20	27

Letras iguales no hay diferencias estadísticas
Letras desiguales si hay diferencias estadísticas

Tabla 2. Agua aplicada a los cultivos mediante el riego por aspersión y exudación en el municipio del Peñol

Cultivo	Riego por Exudación		Riego por Aspersión		Riego Exudac. l/h/m	Riego Aspersión l/h
	Volumen m ³	Lámina mm	Volumen m ³	Lámina mm		
Frijol	90,9	151,5	204	340	0,57	1.800
Melón	99,6	166	220	366	0,60	1.800
Tomate	102	171,3	246	410	0,70	1.800

Eficiencia del riego según la productividad. La eficiencia del riego se define como el máximo aumento en la productividad por requerimiento unitario de agua. La más alta eficiencia se obtuvo en tomate con 22,7 kg/m³, para melón y frijol. Se encontraron eficiencias de 16,8 y 1,6 kg/m³, respectivamente, estas eficiencias son superadas por las reportadas por Guerrero y Usama (2000) de 193 para el tomate y 84 kg/m² para el melón.

Estas diferencias reportadas por estos autores y obtenidas en el trabajo realizado en el municipio de Taminango son mayores debido a que el ciclo de cultivo fue menor, por lo tanto la aplicación de riego disminuyó.

Las eficiencias obtenidas con el riego por aspersión fueron de 0,6 kg/ m³ para el frijol, 4,9 kg/ m³ para el melón y 7,3 kg/ m³ para el tomate las cuales son inferiores a las reportadas en el sistema de riego por exudación, debido a que la lámina de riego aplicada por aspersión fue mayor, disminuyendo en 62.% para frijol, 65% para melón y 67% para tomate.

Porcentaje de ahorro de agua. En la figura 2, se observa que el frijol se usó un volumen de 90,9 m³ con el sistema de riego por exudación, mientras que con el de aspersión se utilizó 204 m³, lo que significa un ahorro de 113,1 m³, es decir un 55%.

Para el cultivo de melón con el riego de exudación se utilizó 99,6 m³ y con el de aspersión 220 m³ con un ahorro de 120 m³ que expresado en porcentaje representa un 54%.

El tomate requiere con el riego por exudación 102,8 m³ y con aspersión 246 m³, es decir un ahorro de 143 m³ es decir un 58%.

Con la utilización del sistema de riego por exudación hay un ahorro de agua que oscila entre 54 y 58 %, esto se debe a que el riego por exudación es localizado, solo se humedece la parte donde se encuentra la zona radical, no hay exceso de humedad, obteniéndose ahorros hasta de un 60% confirmando lo anotado por Cadena y Muñoz (2001).

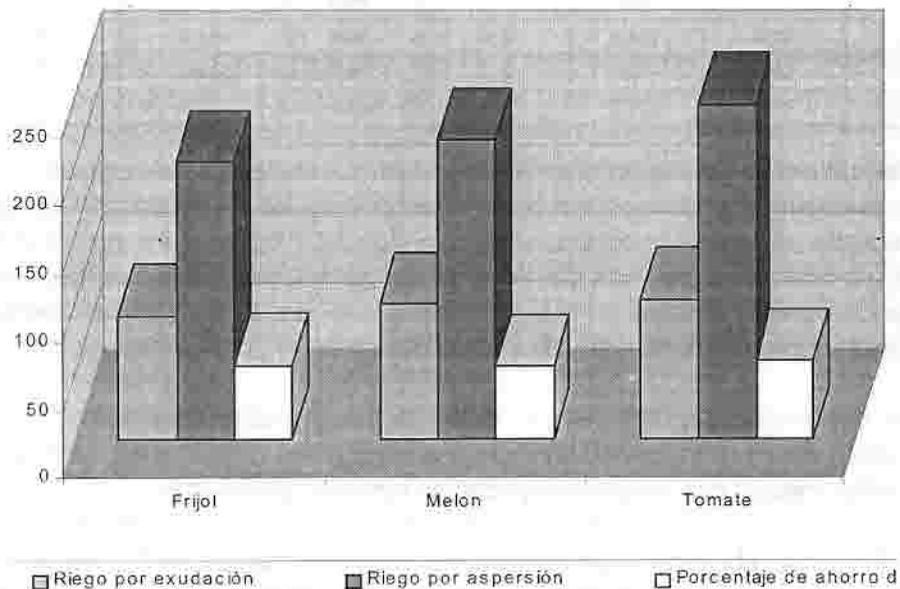


Figura 2. Agua aplicada a los cultivos con el sistema de riego por exudación y aspersión y porcentaje de ahorro de agua en el municipio del Peñol.

CONCLUSIONES

El cultivo más exigente en agua fue el tomate con 171 mm, para frijol y melón fueron menores con 151 mm y 166 mm, respectivamente. Los periodos más críticos de necesidades hídricas fueron floración y formación de frutos.

El ahorro de agua con el sistema de riego por exudación, comparado con el sistema de riego por aspersión fue de 55% para frijol, 54% para melón y 58% para tomate.

Las producciones obtenidas con el sistema de riego por exudación fueron de 2,5 t/ha para frijol, 28 t/ha para melón y 39 t/ha para tomate; superando a las reportadas con el riego por aspersión que fueron de 2,1 t/ha para frijol, 18 para melón y 30 para tomate.

Con un nivel de probabilidad del 80%, la cantidad de lluvia esperada no alcanza a satisfacer los requerimientos de agua de los cultivos, por tanto para suplir esas deficiencias es necesario aplicar riego.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA MUNICIPAL DEL PEÑOL. Plan de ordenamiento territorial. El Peñol, Nariño, 2000. 558 p.

CADENA, V. y MUÑOZ, A. Determinación de la cantidad óptima de agua aprovechable en los cultivos de sandía (*Citrullus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays*), pimentón (*Capsicum annuum*), maní (*Arachis hipogea*), bajo el sistema de riego por exudación en el corregimiento de Remolino, Nariño. 2001. 78 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo), Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

DE LA CONCHA, M. Una alternativa para riego localizado: El riego por exudación mediante el tubo geotextil C.T. España, Nutrifitos 90, 1990. pp 138-235.

DEL AMOR, F. Guía práctica para el riego y la fertilización de melón y zapallo. 1 ed. España, Publicación de la Caja Rural Central, 1984. s.p.

GUERRERO W. y USAMA F. Lámina de agua aprovechable en los cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y melón (*Cucumis melo*), bajo el sistema de riego por exudación en el corregimiento del Remolino, Nariño. 2000. 118 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo), Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

LEGARDA, L., PUENTES, G. y ARTEAGA G. El sistema de riego por exudación, una alternativa viable para la producción de los cultivos de clima cálido en regiones secas. Pasto, Nariño. Fajardo Impresores. Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas: Fajardo Impresores, 2001. 51 p.

LEGARDA, L., GARCIA, R. y RUIZ H. Técnicas de aplicación de riego agrícola. Pasto, Nariño. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas: Editorial Universitaria, 2002. 135 p.

LEGARDA, Lucio. Manejo agronómico de algunos cultivos de clima cálido de la zona del Remolino (Nariño), mediante el sistema de riego por exudación. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2002. 72 p.

LEON, O. Riegos localizados. Murcia, España. Publicaciones de la Caja Rural Central, 1985. 100 p.

MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE. Barcelona, España, s.e. 1990. 25 p.

MARULANDA, E. Riego por goteo. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 1998. 53 p.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. El recurso agrícola y sus necesidades de agua y suelo. Santafé de Bogotá. 2000. 110p.