

1. RIEGO POR EXUDACIÓN ✓
2. AGUA REQUERIDA POR LAS PLANTA

DETERMINACION DEL CONSUMO DE AGUA APROVECHABLE EN LOS CULTIVOS DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum*), MELON (*Cucumis melo L*) y FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*), BAJO EL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACION, EN REMOLINO, NARIÑO¹

Fredy Guerrero Q.²

John Usama T.³

Luis C. Ojeda G.⁴

Lucio Legarda B.⁵

RESUMEN[†]

El presente trabajo se realizó entre 1998 y 1999, en el corregimiento de Remolino, municipio de Taminango, departamento de Nariño, zona caracterizada por la fuerte sequía, situado a una altitud de 620 msnm, sobre un área de 1.800 m, con el fin de determinar el consumo de agua aprovechable en los cultivos de tomate, melón y frijol, mediante el sistema de riego por exudación con el uso de tensiómetros. Se trabajó en tres parcelas experimentales de 600 m, donde se sembró tomate, melón y frijol en tres épocas diferentes, rotando adecuadamente estos cultivos durante un año.

El consumo de agua de cada cultivo basados en el balance hídrico teórico fue de 19 m³ para el tomate, de 59 m³ para el melón y de 115,6 m³ para el cultivo de frijol, existiendo una diferencia altamente significativa con el agua realmente consumida por estos tres cultivos mediante el sistema de riego por exudación que fue de 8,5; 23,6 y 42,8 metros cúbicos respectivamente, lo cual reporta un ahorro de agua de 55%, para el tomate, 60%, para el melón y 63% para el frijol, obteniendo rendimientos de 28 t/ha para tomate y de 38 t/ha para el melón considerados como buenos para la región.

1 Contribución Proyecto "Estudio de la necesidad económica del agua de riego mediante el sistema de riego del tubo geotextil exudante". Convenio Pronatta - Universidad de Nariño.

2 y 3 Ingeniero Agrónomo.

4 Ingeniero Agrónomo. Convenio Pronatta - Universidad de Nariño.

5 Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

INTRODUCCION

El Ministerio de Agricultura por medio del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria – PRONATTA – y la Universidad de Nariño a través de la Facultad de Ciencias Agrícolas han aunado esfuerzos para buscar alternativas viables de sistemas de riego eficientes, encaminados a favorecer la economía de los pequeños agricultores y a maximizar la producción agrícola.

Por tal motivo se está desarrollando el proyecto “Estudio de la necesidad económica del agua para riego mediante el sistema de riego del tubo geotextil exudante, en nueve cultivos de clima cálido, dirigido al pequeño agricultor” en el Corregimiento de Remolino, Municipio de Taminango, situado a una altura de 620 msnm, con una temperatura media de 26°C, región que se caracteriza por su baja pluviosidad anual (sequía), alta evaporación y escasez de fuentes de agua, factores estos que limitan la producción de los cultivos y no posibilita la rotación de los mismos, ocasionando degradación erosiva de los suelos.

Para reducir las altas demandas de agua que exigen los diferentes sistemas tradicionales de riego como el de inundación, surcos y riego por aspersión, se emplean nuevas alternativas como el riego por exudación, que trata de lograr la mayor eficiencia en el uso del agua, minimizar las pérdidas por percolación profunda, manejar las sustracciones y adiciones de agua (evaporación y precipitación) y suministrar al cultivo la cantidad de agua necesaria en el momento oportuno, controlando los niveles de humedad por medio del uso de tensiómetros.

Según Saldarriaga (1988) y Ojeda (1995), el riego por exudación o tubo geotextil exudante funciona por medio de una cinta o tubo a partir de un geotextil compuesto por microfibras de polietileno entrecruzados, que forma una malla en la cual los poros tienen un tamaño de 4 a 5 micras y ocupan el 50 por ciento de la superficie y que se caracteriza por el ahorro de agua, fácil de manejar y recoger, ocupa poco volumen de almacenamiento, eficiente en la fertirrigación y trabaja a bajas presiones.

Por otro lado según lo reportan varios autores entre otros, Ojeda (1995), Montoya (1992) y Saldarriaga (1998); la cinta exudante ahorra agua hasta un 60 por ciento; entrega caudales muy bajos que varían entre 0,5 y 1,5 litros/hora/metro lineal; produce una línea ancha y continua de humedad homogénea en toda su longitud; libera mayor caudal cuando el suelo se encuentra seco, disminuyendo progresivamente cuando aumenta paulatinamente el porcentaje de saturación del suelo; la cinta se puede enterrar, cubrir o colocar sobre la superficie del suelo, entre otras ventajas.

Con base en los planteamientos anteriores, se llevó a cabo el presente estudio en el Corregimiento de Remolino, con el objeto de determinar la cantidad de agua aprovechable de los cultivos de tomate, melón y frijol, teniendo en cuenta las variables climáticas como precipitación, evaporación, temperatura y humedad relativa y analizar la eficiencia del sistema de riego por exudación mediante la producción (kg/ha) por cada metro cúbico de agua aplicado con el uso de los tensiómetros.

METODOLOGIA

Localización. El presente trabajo se realizó entre agosto de 1998 y agosto de 1999, en la vereda las Juntas del corregimiento de Remolino, municipio de Taminango, departamento de Nariño, situado a 620 msnm, temperatura promedio de 26°C, precipitación pluvial anual de 1144 mm, humedad relativa de 55% y evaporación anual de 1464 mm, perteneciendo a un bosque seco tropical.

Area experimental. Se establecieron tres parcelas de 600 m². En cada una de ellas se realizaron tres siembras consecutivas, donde se rotó los cultivos de tomate, melón y frijol para evitar incremento del ataque de plagas y enfermedades.

Varietades cultivadas. En melón (*Cucumis melo L.*) se utilizó el híbrido llamado San Cristobal, que posee frutos ovalados con corteza reticulada; en el cultivo del tomate se utilizó la variedad Santa Clara perteneciente al tipo milano, con una altura promedio de 1,80 m y en el cultivo de frijol se utilizó la variedad Calima, arbustivo, con una altura aproximada de 0,60 a 0,70 m con grano de color rojo y betas blancas.

Distancia de siembra. El cultivo de tomate se sembró a una distancia de un metro entre surcos y 0,50 m entre plantas, colocando una planta por sitio, previamente se realizó un germinador y el transplante al sitio definitivo se hizo a las tres semanas. Para el cultivo de melón las distancias de siembra fueron 2 m entre surcos y entre plantas a 0,30 m; y se sembró en camas de 1,80 m de ancho y 30 m de largo, espaciadas a 0,20 m colocando tres semillas por sitio. El frijol se sembró a una distancia de 0,70 m entre hileras dobles, a 0,30 m entre surcos y 0,40 m entre sitios; se depositó tres semillas por sitio.

Variables climáticas. Se instaló en el sitio de ensayo un termómetro, un tanque evaporímetro tipo "A", un sicrómetro y un pluviómetro, para medir la temperatura, la evaporación, la humedad relativa y la precipitación respectivamente. Con estos valores se obtuvo el balance hídrico teórico según metodología de Penman y de la FAO.

Componentes del sistema de riego por exudación. En la Figura 1 se observan los principales elementos que conforman este sistema como la fuente de abastecimiento, el cabezal de riego, la red de tuberías, las válvulas, los tensiómetros y la cinta exudante.

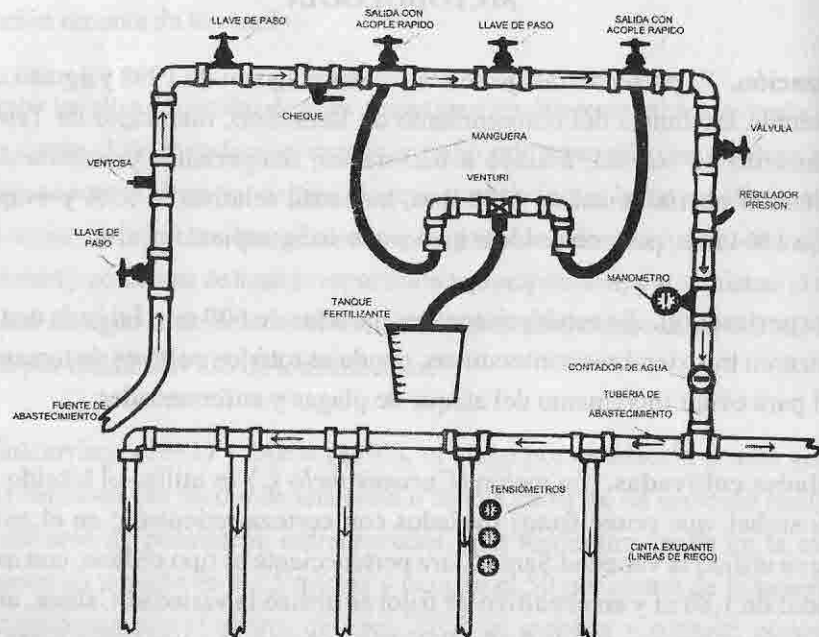


Figura 1. Componentes del sistema de riego por exudación.

Lecturas de tensiómetros. El riego se aplicó con base a los datos suministrados por los tensiómetros ubicados a diferentes profundidades a 10, 15 y 25 cm que indican el momento del riego o la suspensión del mismo.

Los cultivos se evaluaron con tensiones intermedias entre los 35 y 40 centibares que fueron propuestas por Taylor (1965). Cuando el tensiómetro marcó 40 centibares se procedió a regar y cuando descendió a 35 centibares se suspendió el riego para no saturar el suelo.

Componentes de rendimiento. Para determinar el rendimiento se tomaron datos de producción por parcela en kilogramos por metro cuadrado, para su posterior conversión a toneladas por hectárea.

RESULTADOS Y DISCUSION

Riego. Se determinó la cantidad de agua aplicada en los cultivos de tomate, melón y frijol, en la primera siembra que comprende los meses de septiembre, octubre y noviembre de 1998 por que los tensiómetros marcaron las tensiones más altas, donde fue necesario la aplicación de riego, debido a los bajos niveles de precipitación. Las dos siembras posteriores no se tuvieron en cuenta porque coincidieron con la época de lluvias y los tensiómetros marcaron tensiones bajas y el riego se limitó a la aplicación de fertilizantes (Fertirrigación).

Con la cantidad de agua aplicada y el tiempo de riego se determinaron los caudales y en base a la producción obtenida se determinó la eficiencia de sistema de riego relacionado estas variables con el balance hídrico teórico. El gasto de agua varió desde 0,26 L/h/m hasta 1,80 L/h/m dependiendo de la presión, el tiempo de riego, el estado del suelo y el cultivo, confirmando lo afirmado por Ojeda (1995) que el tubo geotextil exudante está diseñado para liberar mayor caudal cuando el terreno está seco y la planta tiene mayores necesidades hídricas.

Cultivo de tomate. Para el tomate se realizaron solamente seis riegos, aunque el ciclo vegetativo del cultivo es de 110 días, no fue necesario de más riegos debido a que en su etapa final coincidió con el período de lluvias.

Los riegos se repartieron dos en el mes de septiembre, tres en el mes de octubre y uno en el mes de noviembre. En el primer riego (16 de noviembre) se gastaron 1867 L en 4 horas, dando un consumo de agua de 0,77 L/h/m. El consumo total de agua para el cultivo de tomate fue de 8,532 L que significa que se gastaron 14,22 L/m. (Tabla 1).

Tabla 1. Consumo de agua en el cultivo de tomate con base en las lecturas de los tensiómetros a diferentes profundidades.

Fecha	Tiempo de riego	Gasto de agua	Caudal	Lecturas de tensiómetros centibares		
	Horas	m ³	L/h/m	10 cm	15 cm	25 cm
16-9-98	4	1,867	0,77	38	36	32
25-9-98	7	2,873	0,68	42	36	13
01-10-98	6	2,605	0,72	36	40	36
05-10-98	2	0,630	0,52	38	30	14
29-10-98	2	0,322	0,26	40	42	14
20-11-98	1	0,235	0,39	40	34	30
TOTAL	22 h	8,532				

Como el descenso de la tensión es lenta por la baja presión utilizada (2 lb/pulg²) y el caudal liberado de la cinta geotextil exudante a esta presión es de 1 L/h/m, el sistema se dejó abierto de un día para otro, para permitir que el agua se desplace en forma horizontal y luego se profundice hasta la cápsula del tercer tensiómetro que se encuentra a una profundidad de 25 cm.

Cultivo de melón. Teniendo en cuenta la información suministrada por los tensiómetros para este cultivo se realizaron: tres riegos en el mes de septiembre y tres en el mes de octubre. Después de 10 horas de irrigación (4 de septiembre 1998) los tres tensiómetros descendieron de 38, 34, 28 a 16, 30 y 26 centibares respectivamente.

En el primer riego la planta consumió 2,400 m³ de agua, es decir que se gastaron 8 l/m con un caudal de 0,8 L/h/m. Los restantes riegos gastaron 3,496, 4,713, 2,266 y 6,481 m³ respectivamente, para un gasto total de agua de 23,6 m³ en 300 metros de cinta exudante, para un área de 600 m² lo que quiere decir que para cada metro lineal el melón consumió 78,56 L (Tabla 2).

Tabla 2. Consumo de agua en el cultivo de melón con base en las lecturas de los tensiómetros a diferentes profundidades

Fecha	Tiempo de riego	Gasto de agua	Caudal	Lecturas de tensiómetros centibares		
	Horas	m ³	L/h/m	10 cm	15 cm	25 cm
04-9-98	10,0	2,400	0,80	38	34	26
12-9-98	10,5	3,493	1,11	48	32	28
27-9-98	11,0	4,713	1,43	34	40	30
01-10-98	11,0	4,215	1,28	30	32	36
04-10-98	9,0	2,266	0,84	36	38	14
11-10-98	12,0	6,481	1,80	40	40	30
TOTAL	63,5 h	23,568				

Cultivo de fríjol. Para este cultivo se realizaron cuatro riegos en el mes de septiembre y dos en el mes de octubre. El primer riego se realizó cuando los tensiómetros señalaron 40, 32, 22 centibares a una profundidad de 10, 15 y 25 cm respectivamente; después de más ocho horas de irrigación descendieron a 10, 12 y 20 centibares, existiendo un gasto de agua de 4,68 m³ para un caudal de 0,91 L/h/m. El gasto total de agua fue 42,8 m³/600m², lo que significa que para cada metro lineal se aplicaron 71 litros (Tabla 3). Cuando el tensiómetro más superficial marca la succión más baja después de realizar un riego, indica que la cantidad de agua aplicada se ha desplazado en los primeros 10 centímetros en forma horizontal concordando de esta manera lo encontrado por Ojeda (1995) en el sentido de que a menor presión, el agua se desplaza horizontalmente, humedeciendo la zona radicular en los primeros centímetros.

Tabla 3. Consumo de agua en el cultivo de fríjol con base en las lecturas de los tensiómetros a diferentes profundidades.

Fecha	Tiempo de riego	Gasto de agua	Caudal	Lecturas de tensiómetros centibares		
	Horas	m ³	L/h/m	10 cm	15 cm	25 cm
01-9-98	8,5	4,680	0,91	40	32	22
08-9-98	9,0	6,000	0,11	45	30	26
18-9-98	9,5	7,590	1,33	40	20	34
25-9-98	9,0	7,370	1,36	40	13	36
09-10-98	12,0	9,240	1,28	40	36	40
14-10-98	10,0	7,860	1,31	38	38	30
TOTAL	58 h	42,758				

Variación de la tensión de humedad. En las Tablas 1, 2 y 3 se pueden apreciar las succiones de las cápsulas de los tensiómetros que se encuentran a 10, 15 y 25 cm de profundidad para los cultivos de tomate, melón y frijol.

Para los tensiómetros superficiales (10 cm) el aumento de la tensión es alta, lo que no sucede para el tensiómetro más profundo (25 cm) que marca las tensiones más bajas debido a que la cápsula no está expuesta a la acción de los factores climáticos como viento, radiación solar, siendo estos los que favorecen la evaporación. La tensión presenta una correlación lineal con la humedad del suelo, ya que al aumentar o descender la succión por la aplicación de agua, se suspende o se inicia el riego.

En la primera siembra de tomate, melón y frijol realizada entre los meses de agosto y diciembre del 98, se presentaron las succiones más altas, debido a las condiciones climáticas adversas, como altas temperaturas, bajas precipitaciones y baja humedad relativa, por lo tanto, fue necesario la aplicación de riego, estos resultados concuerdan con lo encontrados por varios autores quienes afirmaron que las condiciones climáticas están correlacionadas con la tensión del suelo.

Requerimiento total de riego. El cultivo de tomate según el balance teórico tuvo un aporte de lluvias efectivas de 136,4 mm y el requerimiento total de riego de 31,6 mm o sea 316 m³/ha equivalentes a 19,0 m³/ha (Tabla 4).

Tabla 4. Balance hídrico teórico para los cultivos de tomate, melón y frijol.

Cultivo	Tomate	Melón	Frijol
Período vegetativo	120 días	80 días	90 días
Suelo	Textura gruesa	Textura gruesa	Textura gruesa
Capacidad de almacenamiento	168 mm/m	100 mm/m	60 mm/m
Aplicación riego	Capacidad de campo	Capacidad de campo	Capacidad de campo
Eficiencia de riego	95%	95%	95%
Requerimiento de riego	31,6 mm	98,2 mm	192,6 mm
Lámina neta de riego	30,0 mm	93,3 mm	82,9 mm
Evapotranspiración real	369,7 mm	242,5 mm	287,2 mm
Evapotranspiración potencial	369,7 mm	242,5 mm	287,2 mm
Precipitación total	474,6 mm	223,8 mm	284,0 mm
Precipitación efectiva	136,4 mm	74,6 mm	97,7 mm
Pérdidas por escorrentía	338,2 mm	149,2 mm	186,3 mm
Caudal promedio	0,30 L/s/ha	0,26 L/s/ha	0,28 L/s/ha

Según el consumo de agua efectuado para cada uno de los cultivos existe una marcada diferencia entre el requerimiento total de irrigación suministrado por el balance hídrico teórico y el gasto real de agua suministrada con la cinta geotextil exudante.

El gasto real de agua para el cultivo de tomate fue de 142,2 m³/ha equivalente a 8,5 m³/600 m² caon un ahorro de 10,5 m³, correspondiente al 55%, (Tabla 5).

Valores que no coinciden con lo expuesto por Dorenbos y Kassam (1990) quienes afirman que las necesidades totales de agua para este cultivo son de 400 a 600 mm, lo cual demuestra el uso económico del agua de riego por medio del sistema de riego por exudación y empleo de los tensiómetros.

De esta manera se analiza que el riego aplicado mediante cinta exudante es altamente localizado, porque aplica agua cubriendo la mayoría de la zona radicular; no hay exceso de humedad, mantiene una presión constante en todo el largo de la cinta favoreciendo así la uniformidad de la aplicación, además de que el caudal se autoregula según el grado de humedad del suelo, según lo comprobado por Saldarriaga (1998).

En el cultivo de melón tuvo un gasto de agua de 39,28 mm o sea 392, 8 m³/ha equivalentes a 23,6 m³/600 m² con un ahorro de 35,4 m³ correspondiente al 60%, datos que están en contraposición con Arroyave (1987) que anota que el melón necesita aproximadamente 400 mm de agua (Tabla 5).

En el cultivo de frijol el gasto de agua fue de 71,2 mm o sea 712 m³/ha equivalentes a 8 m³/600 m² que fue el área de ensayo, con un ahorro de 72,8 m³ correspondiente al 63%, estos valores no concuerdan con los determinados por Diaz y Castillo (1983) donde la lámina de agua utilizada para frijol varía de 380 a 420 mm (Tabla 5).

Tabla 5. Ahorro de agua en los cultivos de tomate, melón y frijol, bajo riego por exudación

Cultivo	Gasto teórico m ³	Gasto real m ³	Ahorro m ³	Eficiencia %
Tomate	19,0	8,5	10,5	55
Melón	59,0	23,6	35,4	60
Frijol	115,6	42,8	72,8	63

Rendimiento de los cultivos con respecto al riego. La producción del cultivo de tomate fue de 110 cajas en 600 m² que equivale a 1650 kg correspondientes a una producción de 27,5 t/ha, superando los rendimientos de 20 t/ha obtenidos por la Federación Nacional de Cafeteros (1985).

La producción del tomate por m³ de agua con el sistema de riego por exudación fue de 193,39 kg que da aproximadamente 12 cajas de 15 kg cada una, en cambio para obtener esta misma producción teniendo en cuenta el balance hídrico teórico se necesitan de 2,21 m³ de agua.

En el cultivo de melón se obtuvo una producción de 1320 melones en 600 m² con un peso promedio de 1,5 kg para una producción total de 1980 kg o sea 1,98 toneladas, equivalentes a 33 t/ha, superando lo manifestado por Arroyave (1987) quien afirma que la producción de melón en Colombia oscila entre 15 y 25 t/ha.

Lo que quiere decir que por cada m³ de agua aplicada con sistema de riego por exudación se obtuvo 84,01 kg de melón, mientras que con el requerimiento de irrigación del balance hídrico teórico se necesitan 2,5 m³ para obtener el mismo rendimiento.

En el cultivo de frijol no se evaluaron los componentes de rendimiento, porque se presentó un fuerte ataque de hongos como el *Fusarium oxysporum*, en la época de maduración del fruto, no obstante la aplicación de nematicidas y fungicidas.

CONCLUSIONES

El gasto real del agua para los cultivos de tomate, melón y frijol durante su ciclo vegetativo con el sistema de riego por exudación fue de 8,5, 23,5 y 42,8 m³ en un área de 600 m², respectivamente. Teniendo en cuenta el balance hídrico teórico en el tomate se obtuvo un ahorro de agua de 10,5 m³ (55%), en melón se ahorró 35,4 m³ (60%) y en el frijol 72,8 m³ (63%).

Los tensiómetros superficiales a 10 cm de profundidad, indicaron las succiones más altas debido a la acción directa de las condiciones climáticas como temperatura y radiación solar y marcaron las succiones más bajas después del riego lo que indica que el agua se desplaza horizontalmente.

En el cultivo de tomate se obtuvo una producción de 193 kg por cada metro cúbico de agua aplicada, para un rendimiento de 27 T/ha y en cambio para el melón 84 kg por cada metro cúbico para una producción de 33 T/ha.

BIBLIOGRAFIA

- ARROYAVE, M. C. El cultivo del melón. Revista Esso Agrícola (Colombia), 34(2): 3-6. 1987.
- DE LA CONCHA, M. Una alternativa para riego localizado: El riego por exudación mediante el tubo geotextil. Madrid, España, Nutrifitos 90. 1990. 235-238 pp.
- DIAZ, A y CASTILLO, L. El riego en frijol. ASIAYA (Colombia) 5:9. 1983.
- DORENBOS, J. y KASSAM, A. H. Efectos del agua sobre los rendimientos de los cultivos. Roma, FAO, 1990. 212p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. El cultivo de tomate. Popayán, FEDERACAFE. 1985. 30p.