



COLOMBIA

TITULO

Estudio de la necesidad económica del agua para riego, mediante el sistema de riego del tubo geotextil exudante, CT, en nueve cultivos de clima cálido, dirigido al pequeño productor del corregimiento de Remolino, Nariño.

CALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El anterior análisis cuantitativo indica, de una parte, que el auge de la investigación de la Universidad no tiene precedentes y, de otra, que en ese sentido el diagnóstico es suficientemente claro.

Sobre la calidad, podemos tomar como indicador los éxitos de algunos investigadores y sus investigaciones en el ámbito nacional e internacional. Han obtenido premios las siguientes investigaciones:

1. Premio de La Academia Nacional de Medicina de Colombia, obtenido por el grupo que en Colombia dirige la investigadora María Clara Yépez Chamorro, del CESUN, en la Línea de Prevención en cáncer gástrico.
2. Premio Nacional de Ciencias Sociales, convocado por la Asociación Colombiana de Universidades, ASCUN, y El Espectador, obtenido por las investigadoras Isabel Goyes y Mireya Uscátegui, del grupo de Currículo, con la investigación “Escenarios posibles de la educación superior. Una mirada analítica a la ley 30 de 1992”.
3. Premio Nacional Planeta Azul, obtenido por el grupo de la línea de Laurel de cera, que lidera el investigador Jairo Muñoz Hoyos.
4. En un concurso de proyectos llevado a cabo por PRONATA, fueron ganadores dos del Sistema de investigaciones de la universidad, son ellos: Estudio de distancias de siembra y fertilización del laurel y del procesamiento de la cera en la Zona Norte del departamento de Nariño, del investigador Jairo Muñoz Hoyos, y Estudio de la necesidad económica de agua para riego, mediante el sistema de riego de **tubo geotextil exudante** en nueve cultivos de clima cálido, dirigido al pequeño agricultor del corregimiento de Remolino, del investigador Lucio Legarda Burbano.

Algunos de nuestros grupos forman parte de otros de nivel nacional o internacional. Son ellos:

1. El grupo de prevención en cáncer es integrante de un grupo superior de nivel internacional que dirige el investigador Pelayo Correa, quien se encuentra radicado en Estados Unidos, donde se desempeña como investigador del Louisiana State University Medical Center.
2. El grupo que investiga en la línea de cerámica, encabezado por el investigador Carlos Córdoba Barahona, forma parte de la Comunidad Científica Iberoamericana de Cerámica y Vidrio.
3. El grupo de la línea Historia de la Universidad de Nariño, que lidera el investigador Gerardo León Guerrero, forma parte de la Línea de Historia de la Universidad Colombiana del Doctorado de Educación de RUDECOLOMBIA.

También es importante destacar que algunas investigaciones se adelantan en colaboración con otras instituciones, como Colciencias, la Corporación para Investigación Biológica, CIB, de Medellín y, en este semestre, se inicia un proyecto con CORPOICA y otro con el CESMAG.

Los datos anteriores pueden servir como ejemplo de calidad de la investigación en nuestra Universidad. Pero, se requiere una evaluación integral de la calidad de los productos de la investigación y pensamos que en estos momentos están dadas las condiciones para empezar a hacerlo.

La inscripción de los investigadores en el Escalafón no se puede tomar como indicador, porque es muy baja. En la actualidad solamente se encuentran clasificados 12 profesores y han solicitado inscripción otros ocho. Pensamos que las razones de la baja inscripción son básicamente dos: en primer lugar, muchos de los investigadores ocupan cargos administrativos y, ante la imposibilidad de recibir los estímulos, no solicitan clasificación y, en segundo lugar, cuando un investigador con experiencia considera que va a ser clasificado en una categoría baja, prefiere esperar a cumplir todos los requisitos para una categoría más alta.

Ya tenemos identificada una de las debilidades del proceso de investigación: se trata de la evaluación. Si bien hay colegas que cumplen con diligencia y responsabilidad su labor de evaluar el trabajo de sus pares, hay otros que evalúan con cierta negligencia o demoran los conceptos más del tiempo pertinente para el caso. Agréguese a lo anterior que la colaboración de algunas facultades con el sistema no es la mejor; se ha dado el caso de proyectos que no llegan a manos del evaluador, sino que permanecen en el cajón de una secretaria. En consecuencia, los mayores retardos en la aprobación de proyectos es atribuible a los procesos evaluativos. Además, es muy difícil encontrar pares para evaluar un proyecto, porque no disponemos de especialistas suficientes en un tema determinado, y generalmente los únicos especialistas de determinada línea se encuentran en el mismo grupo.

Para definir los criterios de evaluación cualitativa, pensamos que se deben tener en cuenta dos aspectos fundamentales: 1- la clasificación, es decir la pertenencia a la ciencia básica, ciencia aplicada, técnica, etc., y 2- el nivel, que tiene relación con el aporte que haga la investigación de nuevos conocimientos.

Está claro que el sueño de la investigación de la Universidad de Nariño debe ser la creación de ciencia competitiva, nacional e internacionalmente, y a la vez que tenga pertinencia no sólo con las necesidades, sino con la tradición cultural de la región. Como dijo Sergio Boisier, en un seminario reciente en la ciudad de Cali:

El reconocimiento del carácter también crecientemente exógeno del conocimiento científico y tecnológico de punta no puede ser una excusa para no intentar el desarrollo de un conocimiento “endógeno”, que debiera, por un lado, entroncarse con la cultura y las tradiciones locales y que, por otro, debiera “crear” conocimiento de punta.

RESUMEN EJECUTIVO

(Descarga del original, conectar Internet y hacer clic en Resumen Ejecutivo página anterior)

Estudio de la necesidad económica del agua para riego, mediante el sistema de riego del tubo geotextil exudante ct, en nueve cultivos de clima cálido, dirigido al pequeño agricultor del Corregimiento de Remolino.

Código del Proyecto: No. 971523198.

- Entidad ejecutora: Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.
- Director del Proyecto: Ingeniero Agrónomo Lucio Legarda Burbano
- Valor de la Contrapartida: \$ 80.496.000

- Valor de la Cofinanciación: \$ 78.742.000
- Fecha de iniciación: 2 de abril de 1998
- Fecha de terminación 30 de abril de 2001.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó entre abril de 1998 y abril de 2001 en el corregimiento de Remolino, municipio de Taminango, departamento de Nariño, distante 80 Km de la ciudad de Pasto, ubicado a una altitud de 620 msnm, con una temperatura de 26°C, precipitación anual de 1150 mm y una evaporación anual de 1714 mm, con el fin de estudiar 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 del corregimiento de Remolino, municipio de Taminango".

El Proyecto se realizó en una zona que presenta problemas de escasez de agua, caracterizada por su baja pluviosidad anual (sequía), alta evaporación y con escasas fuentes de agua. Estos factores limitan la producción de los cultivos de la zona y no posibilitan una adecuada rotación de los mismos.

El sistema de riego del tubo geotextil exudante, se caracteriza por trabajar con caudales de agua muy bajos, produciendo una línea ancha y continua de humedad homogénea en toda su longitud, necesitando presiones muy bajas. La cinta exudante también se caracteriza por la facilidad en su operación, fácil de recoger y almacenarla, es eficiente en la fertirrigación.

Se colocaron tensiómetros a 15 centímetros de profundidad sobre la zona de máxima actividad radicular de los cultivos, por medio de ellos se determinó el momento oportuno de aplicar el riego. Se trabajaron tres parcelas experimentales de 600 m² cada una, donde se sembraron tres cultivos por año, para obtener tres cosechas. En el primer año se evaluó los cultivos de: tomate, fríjol, y melón; en el segundo año se sembró sandía, maíz, y pimentón. En el tercer año se estudio los cultivos de maní, zapallo y cebolla cabeza. Estos cultivo se rotaron adecuadamente para evitar procesos erosivos del suelo como medida de conservación de suelos.

Los rendimientos y el ahorro de agua en cada uno de los cultivos estudiados fueron altos en relación con los producidos en la región, según datos reportados por la UMATA del municipio de Taminango y El Rosario (2000).

La producción de tomate de mesa alcanzó 27 t/ha con un gasto de 8.5 m³, la de melón 33 t/ha con un caudal de 23.5 m³, el fríjol gasto 42.7 m³, sandía 31 t/ha con 138 m³, maíz 7 t/ha, con 101 m³ de

agua, pimentón 19 t/ha, con un caudal de 235 m³, maní 2 t/ha con 105 m³, zapallo 23 t/ha con 127 m³ de agua y cebolla cabezona 36 t/ha con un caudal de agua de 204 m³.

Estos caudales se aplicaron con base en los datos suministrados con los tensiómetros que fueron de 40, 35, 40, 20, 30, 15, 50, 20, y 15 centibares para los cultivos de tomate, melón, fríjol, sandía, maíz, pimentón, maní, zapallo y cebolla cabezona.

1. JUSTIFICACION

La zona de Remolino se caracteriza por la escasez de fuentes de agua, bajas precipitaciones, altas tasas de evaporación, temperaturas, humedad relativa y con vegetación xerofítica, la cual la hace apta para la implementación del riego por exudación.

El Proyecto se justifica económicamente dado el sustancial incremento que se obtuvo, en los rendimientos de los cultivos, al aplicar la óptima cantidad de agua en todo el ciclo vegetativo, frente a una relativa baja inversión inicial, consistente en el sistema de riego el cual permite recuperar la inversión en el corto y mediano plazo.

Así mismo, se mantuvo la sostenibilidad del suelo, porque el sistema de riego estudiado, incluye una conservación adecuada del suelo, lo cual hace que no se desperdicie el recurso hídrico tan escaso en la zona. Con la implementación del riego por exudación en la región, los pequeños agricultores lograron obtener más cosechas por año, como también mejoraron sus rendimientos y la calidad del producto, realizando rotaciones permanentes de cultivos, favoreciendo el manejo del suelo evitando la erosión a diferencia de otros sistemas como el de aspersión liviana.

Con el proyecto se logró que el pequeño agricultor se modernice con una tecnología sencilla y con el adecuado manejo de cultivos y suelos, para que se beneficie, mejorando sus condiciones de vida y aporte a la economía del departamento en cuanto a la oferta para suplir la demanda en el consumo de alimentos

También se justifica el proyecto para extrapolarlo a otras regiones que carecen de fuentes de agua y que dependen de quebradas de escaso caudal, para disminuir los volúmenes de agua que se entrega a cada usuario, en los distritos de riego y así posibilitar reducir costos en su construcción.

2. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECIFICOS.

2.1. OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la modernización de la producción agrícola, incrementando los rendimientos de los cultivos y una racional utilización de los recursos agua-suelo-,planta por medio de la implementación del sistema de riego por exudación, adecuando tierras que produzcan empleo y mayores ingresos al pequeño agricultor.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar el sistema de riego por exudación en una zona con escasez de agua e introducir practicas en el manejo eficiente de los recursos agua y suelo en conjunto son los sistemas de cultivo.
- Obtener la succión del contenido de humedad del suelo para el óptimo crecimiento de nueve cultivos principales por el sistema de riego por exudación y el uso de tensiometros.
- Transferir tecnología en el manejo del funcionamiento del sistema de riego por exudación a pequeños agricultores de la zona, como también a funcionarios de entidades que se relacionen con el sector agropecuario.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

El trabajo se realizo entre abril de 1998 y Abril del 2001, en el Corregimiento de Remolino, municipio de Taminango, departamento de Nariño, distante a 80 kilómetros de la ciudad de Pasto, el cual se encuentra ubicado a 1° 36' latitud Norte y 77° 21' longitud Oeste, a una altura de 620 msnm, con una temperatura promedio de 26°C, precipitación anual de 1150 mm, humedad relativa del 65% y una tasa evaporante de la atmósfera de 4.6 mm/día y un brillo solar de 6 horas/día. (IDEAM 2000), perteneciente a una zona de vida de bosque seco tropical, donde predomina la vegetación xerofítica, como cactus, tunas, espinos, guayacos, etc.

Se establecieron tres parcelas de 600 m². En cada una de ellas se realizaron tres siembras consecutivas de los cultivos de tomate, melón, frijol, para la primera fase, maíz, sandía, pimentón, para la segunda etapa, cebolla cabezona, zapallo y maní para el tercer año.

Como practica conservacionista de suelos se hizo rotación de cultivos e incorporación de materia orgánica al suelo y también como medida fitosanitario, para evitar el incremento de plagas y enfermedades.

3.2. VARIEDADES CULTIVADAS

En el cultivo de tomate de mesa se utilizo la variedad Santa Clara perteneciente al tipo milano de 1,80 m de altura, para el melón se empleo el híbrido San Cristóbal, que posee frutos ovalados, con corteza reticulada; en el frijol se utilizo la variedad Calima, arbustiva con una altura de aproximada de 0,60 a 0,70 m, con grano de color rojo y betas blanquecinas. Para el cultivo de la sandia se utilizo el híbrido Starbrite de frutos grandes, de color verde suave con betas o franjas oscuras paralelas al sentido del fruto, pulpa rojiza de buen sabor, En el maíz se empleo el híbrido Funk,s G-5423, de frutos amarillos, en el pimentón se utilizó la variedad regional Agronomía, de frutos alargados y cuya altura de la planta varia entre 45 y 60 cm, en el maní se utilizo la variedad Roja, de frutos rosados, en el zapallo se utilizo la variedad Bolo Verde, de frutos redondos, de color verde y pulpa de color amarillo intenso y para la cebolla cabezona se utilizo la variedad Texas Yellow Early 502, de color blanco.

3.3. DISTANCIAS DE SIEMBRA

En la tabla 1, se observan las distancias de siembra de los nueve cultivos estudiados, así como el número de semillas que se colocó por sitio.

Tabla 1. Distancias de siembra de los cultivos estudiados.

CULTIVO	DISTANCIAS DE SIEMBRA		SEMILLAS POR SITIO
	entre surcos (m)	Entre plantas (m)	
Tomate	1.00	0.50	1 planta
Melón	2.00	0.30	Camas de 1.80 x 30 m
Fríjol	0.30	0.40	2 - 3
Sandía	2.00	3.00	2
Maíz	1.00	0.50	2-3
Pimentón	1.00	0.50	2-3
Maní	0.50	0.40	2-3
Zapallo	2.00	3.00	2-3
Cebolla	0.26	0.15	2 matas

3.4. ANALISIS FISICO-QUÍMICO DEL SUELO

El suelo presenta las siguientes características: Densidad aparente 1,1 g/cc, densidad real 2,33 g/cc, porosidad 53%, capacidad de campo 40%, textura franco arcillosa, pH 7,6 alcalino, materia orgánica 2,1%, nitrógeno total 0,11%, alto contenido de fósforo 106 ppm, potasio de cambio 0,78 meq/100g suelo, calcio de cambio 32,3 meq/ 100 g suelo.

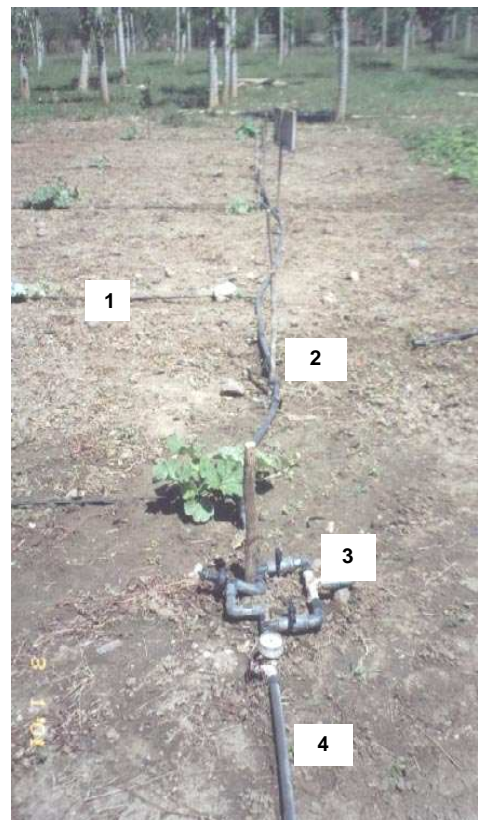
3.5. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN

El sistema de riego por exudación está compuesto por el cabezal de control de riego, que es un conjunto de elementos para controlar y manejar el agua y enviarla por una red de tuberías con la presión del caudal necesario. Tubería de abastecimiento, que tiene la finalidad de conducir el agua desde el cabezal hasta la tubería lateral. Cinta exudante, que es propiamente la tubería lateral o líneas de riego, que es en últimas la parte más importante del sistema, ya que representa el 70% del costo del equipo (Figura 1).

El funcionamiento del equipo se basa en la apertura de la llave del cabezal, donde el líquido pasa por un contador que indica la cantidad de agua en m³ que se entrega al cultivo en un determinado tiempo. Luego, el agua pasa por un regulador de presión que mide el flujo del caudal, pasando el flujo de turbulento a laminar y hace que el agua salga a una presión muy baja, suficiente para el funcionamiento de la cinta exudante.

Figura 1. Disposición del sistema de riego.

- 1.- Cinta exudante.
- 2.- Tubería secundaria.
- 3.- Cabezal de riego.
- 4.- Tubería Principal



3.5. MANEJO DE TENSIOMETROS

En cada parcela se instalaron los tensiómetros a una determinada profundidad para conocer la tensión o succión de la humedad del suelo, cerca al cultivo, donde se encuentra la mayor actividad radicular. Con la información suministrada por los tensiómetros se procedió a la aplicación o suspensión del riego, de acuerdo a las fases de crecimiento de cada cultivo (Figura 2).

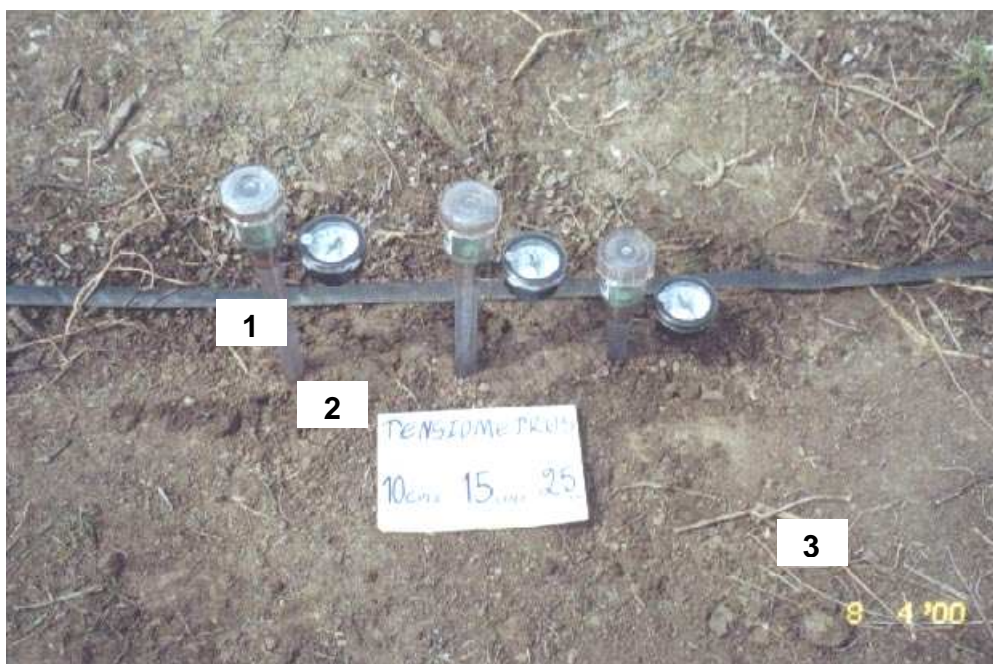


Figura 2. Tensiómetros colocados a diferentes profundidades en el suelo.

1.1- Tensiómetro. 2.- Medidor de succión. 3.- Cinta exudante

3.7. VARIABLES CLIMÁTICAS

Para determinar las variables climáticas, se instaló en el sitio del ensayo un termómetro de máxima y mínima, un higrógrafo, un tanque de evaporación clase A, un pluviómetro, con el fin de medir las temperaturas promedio y extremas, la evaporación diaria, la humedad relativa y la precipitación anual respectivamente. Con estos valores se determinó el balance hídrico. y el riego diariamente.

4. ACTIVIDADES

Mediante convocatoria previa se desarrollaron 18 días de campo, contándose con la participación de 617 personas. La metodología desarrollada en los días de campo involucro la realización de

conferencias temáticas sobre las características del sistema de riego por exudación, manejo de los tensiómetros, análisis de suelos, uso de insumos, entre otros y posteriormente, se hizo una demostración práctica en el campo sobre el manejo del sistema de riego, así como los resultados obtenidos en los cultivos y, finalmente se realizó una mesa redonda con los participantes.

El desarrollo de esta estrategia facilitó la discusión y participación de los productores en el establecimiento de las ventajas y desventajas del sistema propuesto. Dentro de las primeras, se señalaron la facilidad y manejo del equipo y el ahorro del agua; y dentro de las segundas se destacó que el costo del equipo no justifica para el precio al cual se están vendiendo los productos agrícolas, pero se aclara que la duración del equipo mayor de 10 años, justifica la inversión la cual es reembolsable a corto y mediano plazo.

Distribución de plegables en donde estaba condensada toda la información del proyecto,

Realización de dos tesis para optar al título de ingeniero agrónomo en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

Pasantías realizadas por estudiantes de la Universidad de Nariño

Un artículo publicado en el periódico de la Universidad de Nariño llamado "El Riego por Exudación", una alternativa para el pequeño productor.

Dos artículos publicados en la Revista de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, sobre los resultados preliminares del proyecto en los volúmenes XVI y XVII del año 2000.

Presentación de un video secuencial, sobre el proyecto, el cual fue ampliamente difundido en el canal regional. de televisión. TelePasto.

Seminario Taller sobre la "Entrega de resultados del proyecto Riego por exudación en cultivos de clima cálido, Convenio Universidad de Nariño - PRONATTA", al cual asistieron 120 personas entre técnicos de UMATAS, agricultores, profesionales y estudiantes de la Universidad de Nariño.

Por parte del Ministerio de Agricultura, presidió el seminario el Doctor Ramón Correa Nieto, director de Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria, la Doctora Adriana Terreros de la Unidad Coordinadora PRONATTA, regional occidente y el Doctor Julio César Toro, evaluador del Proyecto.

5. PRODUCTOS OBTENIDOS

Evaluación técnica y económica de la primera fase del experimento con la siembra de tomate, fríjol y melón con respecto al ahorro de agua y buenos rendimientos.

Evaluación técnica y económica de la segunda fase del proyecto con la siembra de sandía, maíz y pimentón.

Evaluación técnica y económica de la última fase del estudio con la siembra de zapallo, maní y cebolla cabezona con respecto al consumo de agua y rendimiento por unidad de superficie.

Determinación de la succión óptima (humedad del suelo) de cada cultivo para establecer el momento oportuno del riego.

Cantidad óptima de agua aplicada a cada cultivo partiendo de los datos climáticos de la zona

Eficiencia en el rendimiento en kilogramos de producción por cada metro cúbico de agua consumido por el cultivo.

Socialización del Proyecto a un numeroso grupo de agricultores en el uso y manejo del sistema de riego por exudación, así como a técnicos de las UMATA, profesionales y estudiantes de ciencias agropecuarias.

6. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. VARIABLES CLIMATICAS

A. Temperatura mensual.- Las lecturas tomadas diariamente en el área de ensayo durante tres años mostraron una temperatura promedio mensual de 26.5°C, con una máxima de 35°C en el mes de Agosto y una mínima de 21.7°C en los meses de Noviembre y Diciembre.

Estos valores concuerdan con los suministrados por Arroyave (1987) quién estimó que la temperatura óptima para el buen desarrollo del cultivo del melón está entre 27 y 30 °C, con FEDECAFE (1995) que afirma que para el cultivo de tomate la temperatura óptima está entre 18 y 23 °C y con Doorembos y Kassam (1990) quienes demostraron que para el cultivo de fríjol varía entre 17 y 25 °C.

Doorembos y Pruitt (1988), afirman que: para que el cultivo de sandía tenga un buen desarrollo vegetativo, las temperaturas máxima y mínima deben estar entre 18 y 35 °C; Reyes (1990), por otra parte, sostiene que para obtener buenas producciones en maíz la temperatura debe oscilar entre 20 y 30°C; Lorente (1997) manifiesta que el pimentón se desarrolla favorablemente entre los 16 y 25°C; Guillier y Silvestre (1970) enuncian que el maní se adapta bien entre los 25 y 35°C; Doorembos y Pruitt (1988) argumentan que para el zapallo las temperaturas óptimas están entre 20 y 30°C y la Federación de Cafeteros (1996), sostiene que las temperaturas óptimas para la cebolla de bulbo fluctúan entre los 18 y 26°C.

Los anteriores rangos permiten asegurar que éstos cultivos se adaptan bien a las condiciones de temperatura de la región de El Remolino, destacándose los cultivos de sandía, maní y cebolla como tolerantes a ambientes cálidos y secos.

B. Evaporación mensual.- Las lecturas de evaporación tomadas diariamente mostraron un promedio mensual de 140.9 mm, con una máxima de 188.9 mm en el mes Agosto y una mínima de 104.8 mm en el mes de Junio y una evaporación total acumulada de 1714 mm.

C. Precipitación pluvial.- La precipitación promedio mensual fue de 97.3 mm, las máximas se presentaron en los meses de Septiembre con 153.5 mm y Octubre con 170 mm y las mínimas en los meses de Julio y Agosto con 10.2 y 3.0 mm, respectivamente y con una precipitación total anual de 1150 mm., la cual es considerada deficiente para suplir las necesidades hídricas de los cultivos. Además presenta un fuerte contraste con los altos valores de evaporación, temperatura, humedad relativa y brillo solar.

En las épocas de lluvias se presentó una baja evaporación y el uso del sistema de riego fue reducido, a diferencia de las épocas secas donde el sistema de riego se empleó con mayor frecuencia y con mayores caudales.

El total anual de evaporación (1.714 mm) fue mayor que el promedio anual de precipitación (1.150 mm) en los tres años del ensayo, lo que explica las condiciones de sequía de la región, donde la mayor parte del año es época seca y la menor es de lluvias.

D. Humedad Relativa.- La humedad relativa promedio mensual del sitio de ensayo fue de: 65%, siendo la máxima en el mes de Noviembre con 71% y la mínima en el mes de Julio con 60.5%.

6.2. DURACIÓN DEL CICLO VEGETATIVO

En la tabla 2 se presenta la duración de los ciclos vegetativos y la profundidad radicular de los cultivos de tomate, melón, fríjol, sandía, maíz, pimentón, maní, zapallo y cebolla

Lorente (1997) sostiene que el ciclo vegetativo de estos cultivos varía entre 90 y 120 días, comprobándose que en la región de El Remolino, éstos cultivos presentan un ciclo vegetativo precoz, debido a condiciones favorables de alta temperatura, brillo solar y humedad relativa y evaporación.

Tabla 2. Duración por fase del ciclo vegetativo de los cultivos y la profundidad radicular

Fases del cultivo	Duración por fase (Días)									Profundidad radicular por Fase								
	Tomate	Melón	Fríjol	Sandía	Maíz	Pim	Maní	Zap	Ceb	Tomate	Melón	Fríjol	Sand	Maíz	Pim	Zap	Maní	Ceb
Inicial	14	15	19	8	9	14	10	9	15	0.12	0.07	0.10	0.06	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05
Desarrollo	26	21	25	16	20	24	15	22	30	0.38	0.23	0.25	0.14	0.25	0.15	0.12	0.11	0.10
Floración	33	23	36	20	28	30	16	21	25	0.27	0.18	0.20	0.16	0.30	0.15	0.18	0.16	0.15
Cosecha	40	25	10	54	48	62	57	58	21	0.23	0.12	0.15	0.40	0.60	0.30	0.30	0.40	0.25
Total	113	84	90	98	105	130	98	110	91									

En la tabla 2 también se mostró la medición actividad radicular en la fase inicial, media y final para los diferentes cultivos. Se observa que la mayor actividad radicular en estos cultivos se encontró en un rango de 0.10-0.30 m, donde se produce la máxima absorción de agua bajo riego. Las raíces se concentran principalmente en la capa superior del suelo (Doorembos y Pruitt 1988).

6.3. VARIACIÓN DE LA SUCCION DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Los tensiómetros ubicados a diferentes profundidades de 0,10, 0,15 y 0,25 m, permiten establecer en que momento se debía regar. Se puede afirmar que las tensiones más altas están directamente relacionadas con la temperatura y la evaporación porque cuando éstas son elevadas inciden en la humedad del suelo, especialmente en los primeros 15 cm de profundidad, por lo tanto a nivel del experimento se utilizó el tensiómetro a esta profundidad, porque en ésta zona la mayoría de los cultivos tienen su máxima actividad radicular.

En la tabla 3 se observa que los parámetros de tensión utilizados para dar riego oscilaron entre 15 y 60 centibares, los cuales fueron diferentes para los nueve cultivos debido a las necesidades hídricas, a la fisiología del cultivo, profundidad efectiva, y a las condiciones climáticas de la región de El Remolino.

Los valores de succión o tensión empleados en el presente estudio, son inferiores a los reportados y recomendados por la literatura técnica, debido al significativo ahorro de agua del sistema de riego por exudación y además porque dichos estudios, se realizaron bajo diferentes condiciones de clima, suelo y cultivo.

Tabla 3. Valores de tensión (succión) empleada en los cultivos estudiados comparada con otros estudios similares

Cultivo	Tensión del agua del suelo (centibares)	Tensión del agua en el suelo según Referencia (centibares)
Tomate	35 – 40	40 – 50 Taylor (1965)
Melón	30 - 35	30 – 40 Doorembos y Kassam (1990)
Fríjol	35 - 40	40 – 50 Legarda (1982)
Sandía	15-20	35-40 Vergara (1996)
Maíz	25-30	40-60 Doorembos y Kassam (1990)
Pimentón	15 - 20	35-40 Taylor (1965)
Maní	40-60	50-70 Vergara (1996)
Zapallo	20 - 25	35-70 Vergara (1996)
Cebolla cabezona	15 - 20	55-65 Vergara (1996)

6.4. REQUERIMIENTOS DE AGUA Y RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN LOS CULTIVOS MEDIANTE EL RIEGO POR EXUDACIÓN.

A. Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de Tomate. Según la tabla 4, el consumo total de agua fue de 8.5 m³. Cabe anotar que en las fases de mediados y fin del cultivo coincidieron con los meses donde se presentaron las mayores precipitaciones y como consecuencia baja temperatura y baja evaporación, por lo tanto se disminuyó el caudal de riego y al final no fue necesario su aplicación.

El gasto de agua por metro lineal fue de 0.55 m³/h, dependiendo de la presión, el tiempo de riego, el estado del suelo, las condiciones climáticas como precipitación pluvial y evaporación lo cual está en concordancia con lo encontrado por Ojeda (1995), cuando afirma que el tubo geotextil exudante libera mayor caudal cuando el terreno está seco y la planta tiene mayores necesidades hídricas.

Según la tabla 3, la tensión utilizada para el cultivo fue de 35 as 40 centibares, valores altos que demuestran poco consumo de agua, lo que explica en parte los bajos volúmenes de agua aplicada a este cultivo, además debido a la presencia de lluvias durante el ciclo vegetativo.

El rendimiento del cultivo de tomate fue de 27,5 t/ha, superando los rendimientos obtenidos en la región de El Remolino, según la UMATA del municipio de Taminango (2000) es del orden de 15 ton/ha. (Figura 5).

B. Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de melón. El gasto total de agua fue de 23,7 m³. Esta baja cantidad de agua se debe ala presencia de lluvias en la región. El gasto total de agua está por debajo de lo planteado por Arroyave (1987) que demostró que el cultivo de melón necesita en su ciclo vegetativo de 400 mm ó 240 m³.

El parámetro de succión utilizado fue alto, lo que indica un pequeño gasto de agua, sin someter a la planta a fuerte estrés.

Según la figura 5, el rendimiento del melón fue de 33 t/ha, superando la producción de la región de 17 ton/ha, (UMATA 2000), de esta manera se concluye que el riego aplicado en el momento oportuno y en la cantidad necesaria al cultivo favorece la producción de altas cosechas y además por ser un riego localizado de alta frecuencia, se reducen los problemas fitosanitarios, ya que no se humedece el follaje.

C. Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de fríjol. Como se observa en la tabla 3, el parámetro de succión utilizado para el fríjol fue alto, lo que implica poco gasto de agua, sin someter a la planta a fuerte estrés. No obstante Legarda (1982) en suelos de Costa Rica y trabajando con la variedad de fríjol Turrialba 27R, encontró valores más altos de succión (50 centibares).

El gasto total de agua fue de 42,7 m³/600 m² que significa que para cada metro lineal se aplicaron 71 litros, en todo el período del cultivo, que según Guruvich (1999), es de 800 mm ó 4800 m³ en 600 m².

En el cultivo de frijol no se tiene información sobre el rendimiento, porque en la etapa de mediados de desarrollo e inicio de la maduración, se presentó un fuerte ataque de (*Fussarium oxysporum*), que no se pudo controlar debido a que el suelo estaba totalmente infestado, la razón fue un arrastre de suelo en el lugar de ensayo causado por las fuertes lluvias, no obstante se realizó un manejo de la enfermedad con aplicación de pesticidas adecuados pero fue infructuoso.

Tabla 4. Lamina y caudal de riego aplicado a los cultivos estudiados en función de la precipitación y evaporación

VARIABLE	CULTIVOS		
	TOMATE	MELON	FRIJOL
PRECIPITACIÓN	352.4 mm	346.5 mm	331.0 mm
EVAPORACIÓN	360 mm	411.0 mm	411.5 mm
LAMINA DE RIEGO	14.0 mm	32.0 mm	80.3 mm
CAUDAL DE RIEGO	8.5 m ³	23.7 m ³	42.7 m ³

D. Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de sandía. Según se observa en la tabla 11, la cantidad de agua necesaria para la emergencia fue de: 18.2 mm, logrando de esta manera satisfacer la exigencia hídrica de las plántulas que requieren para su establecimiento de una baja tensión de humedad del suelo alrededor de 10 centibares. Dichas tensiones y láminas llevaron al suelo a capacidad de campo logrando plantas más vigorosas. En la floración y el llenado de frutos, se empleó una lámina de agua de 91.4 mm y 81,4 mm, respectivamente, siendo estas dos fases los momentos más críticos para el desarrollo del cultivo tal como lo afirman Doorembos y Kassam (1990), en las que se debe satisfacer las hídricas del mismo, administrándose el agua en forma permanente.

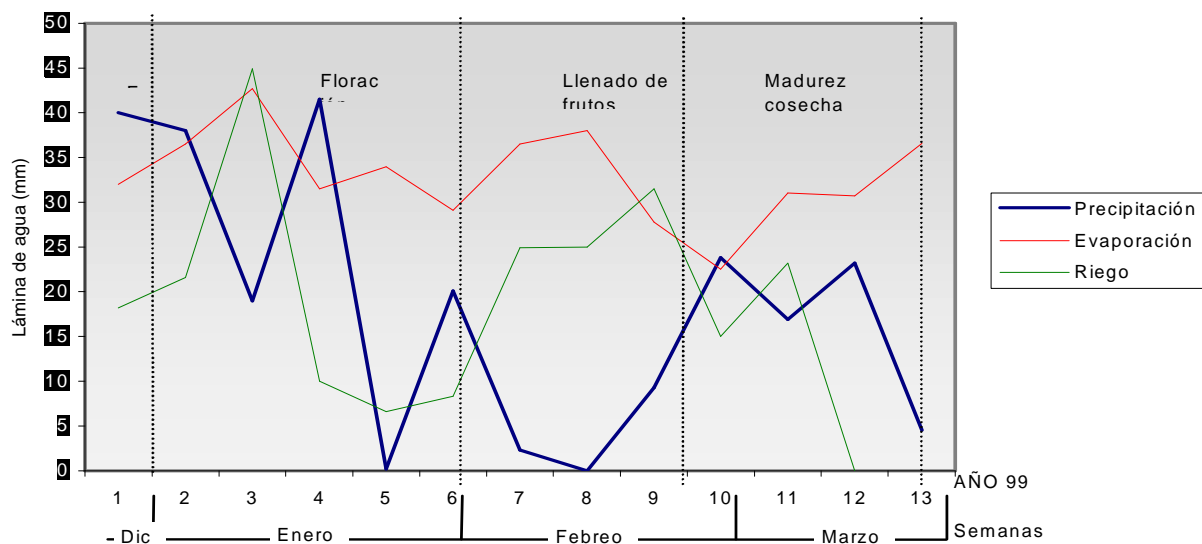


Figura 3. Curva de comportamiento semanal de precipitación, evaporación y riego en el cultivo de sandía.

Los requerimientos totales de agua del cultivo de sandía, fueron dados acorde a las condiciones edáficas, de precipitación y evaporación por lo tanto gastaron 138 m³ que al ser comparados con datos aportados por Doorembos y Kassam (1990) son bajos, pues manifiestan que para el cultivo de sandía se necesitan alrededor de 400 a 600 mm en todo su ciclo vegetativo.

Según la tabla 3 el parámetro de tensión para suministrar el riego varió entre 15 y 20 centibares, esto debido a la alta evaporación de la zona, por lo tanto al utilizar tensiones más altas la sandía no tendrá al agua necesaria para desarrollar sus funciones fisiológicas, tal como lo enuncia Vergara (1996) que recomienda tensiones de 35 a 40 centibares.

El cultivo de sandía, presentó una mejor respuesta en rendimiento con 31.3 ton/ha, este valor concuerda con los suministrados por Doorembos y Kassam (1990) para sandía con 25 a 35 ton/ha, y supera significativamente los datos reportados por la UMATA (2000) del municipio de Taminango que tan sólo son de 12 Ton/ha. (Figura 5).

E. Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de maíz. Los periodos críticos para el cultivo de maíz son las épocas de floración y llenado de frutos donde el maíz necesita de agua suficiente en estas fases que coinciden con lo expuesto por Manrique (2000) y Berlijin (1988). Al cultivo de maíz durante su periodo vegetativo se le suministró una lámina de agua de 167.6 mm (101.0 m³), (Tabla 5). Inferior a los 400 mm utilizados durante el periodo vegetativo en condiciones similares según lo reporta Reyes (1990). Debido a que el maíz se adaptó muy bien a las condiciones de la zona y porque parece ser relativamente tolerante a los déficits de agua durante su ciclo, no fue tan exigente en riego.

La tensión empleada durante el experimento fue de 25 a 30 centibares, (Tabla 3) valores que difieren a los reportados por Doorembos y Kassam (1990) que el maíz debe regarse a una tensión óptima de 40 a 60 centibares. Dicha tensión favoreció la elongación y el crecimiento del tallo, porque con una buena humedad del suelo se garantizan las exigencias fisiológicas de la planta.

F. Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de pimentón. Para obtener buenos rendimientos, se necesitó un suministro adecuado de agua y suelos relativamente húmedos durante todo el período vegetativo, por lo tanto requirió láminas de agua elevadas, principalmente en la floración y el llenado de frutos, confirmando lo enunciado por Alcaraz *et al* (1982).

Tabla 5. Lamina y caudal de riego aplicado a los cultivos estudiados en función de la precipitación y evaporación

VARIABLE	CULTIVOS		
	SANDIA	MAIZ	PIMENTON
PRECIPITACIÓN	250.0 mm	282.6 mm	211.2 mm
EVAPORACIÓN	428.9 mm	492.3 mm	568.9 mm
LAMINA DE RIEGO	229.2 mm	167.6 mm	391.8 mm
CAUDAL DE RIEGO	138.0 m ³	101.0 m ³	235.1 m ³

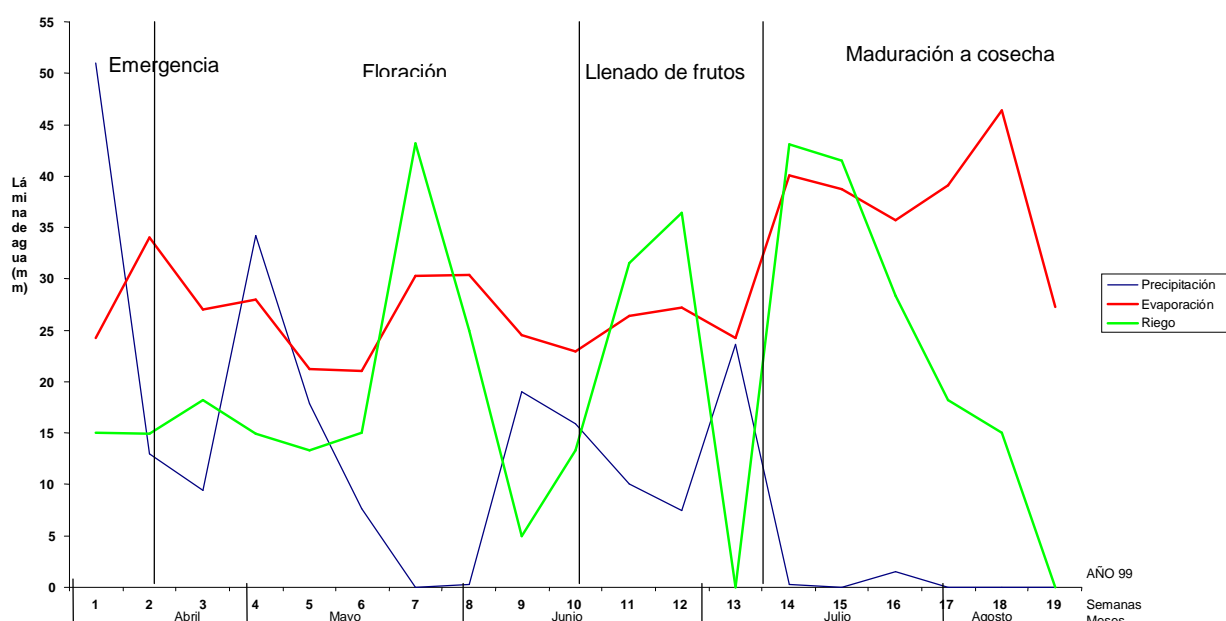


Figura 4. Curva de comportamiento semanal de precipitación, evaporación y riego en el cultivo de pimentón.

En la figura 4, se observa que las curvas de riego y precipitación superan a las de evaporación en las épocas críticas del cultivo, con el fin de mantener una humedad constante en el suelo ya que éste cultivo es sensible al calor por la ausencia total de lluvias en la región de El Remolino.

En la tabla 5, se mira que el cultivo de pimentón requirió una lámina total de agua de 391.8 mm (235.1 m³) que contrastan con los datos reportados por Alcaraz *et al* (1982), que muestran requerimientos hídricos para pimentón del orden de: 770 a 860 mm, bastante altos si se comparan con los obtenidos en el presente estudio.

Según la tabla 3, se manejó una succión de 15 a 20 centibares debido a que se mantuvo el suelo húmedo por la alta evaporación y temperatura, a diferencia de los datos reportados por Taylor (1965) quién argumenta que para éste cultivo se debe mantener una succión de humedad del suelo de 35 a 40 centibares.

De acuerdo con la figura 5, el rendimiento del pimentón correspondió a 19 ton/ha, que se encuentra dentro del rango presentado por Vallejo (2000), alcanzando rendimientos de 15-20 ton/ha y superando la cantidad que se cosecha en El Remolino con el riego por aspersión liviana que es de 9 ton/ha (UMATA 2000)

Para ello se necesitaron 235.1 m³ de agua y por cada metro lineal el uso consuntivo fue de 391.8 lt/agua, con un caudal de riego de 0.85 l/h/m.

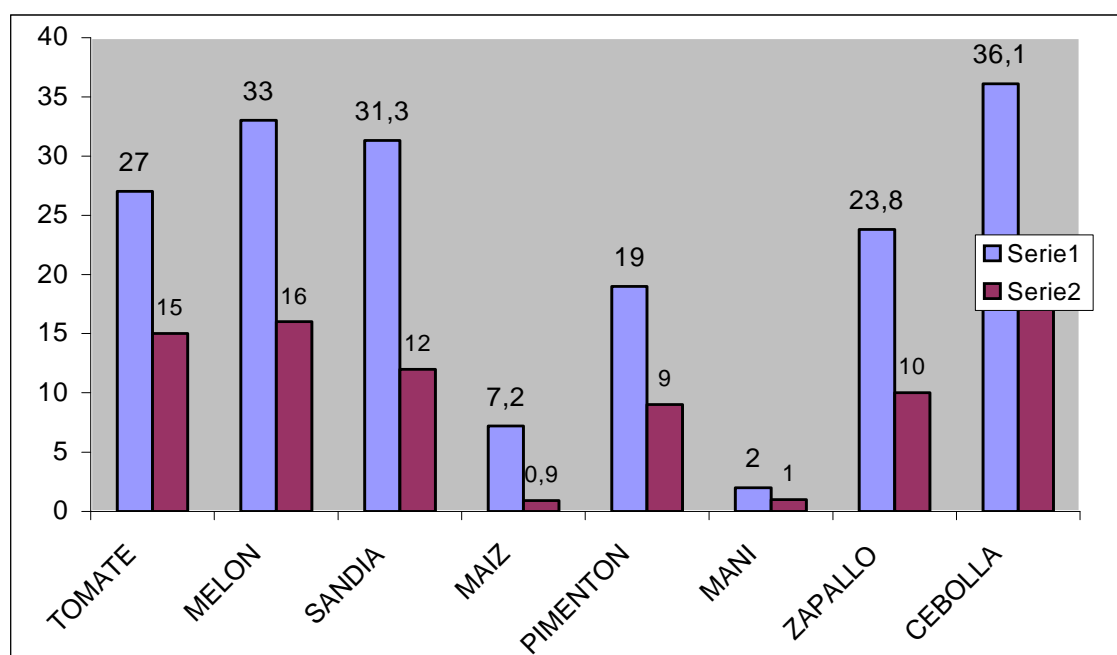


Figura 5. Rendimientos obtenidos con el riego por exudación, comparados con la producción regional.

G. Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de maní. En el cultivo de maní se empleó laminas de agua total de 176.4 mm (105.8 m³), (Tabla 6) valores bajos si se comparan con los 500 a 700 mm reportados por Guillier y Silvestre (1970).

Cantidades excesivas de agua en el suelo franco arcilloso de El Remolino, puede originar una falta de oxígeno en las raíces, que limitaría la actividad de las bacterias fijadoras de nitrógeno que se manifiesta por una forma de crecimiento enfermizo y por un color amarillento de las hojas; además los rendimientos son bajos porque la planta aumenta área foliar y reduce la formación de vainas, por lo tanto se aplicaron bajos volúmenes de agua.

Para la aplicación del riego, se manejó una succión del suelo de 40 a 60 centibares como se observa en la tabla 3, debido a que el cultivo es poco exigente en agua, éstos valores son bajos comparados con los reportados por Vergara (1996) de 50 a 70 centibares en condiciones de temperatura menos extremas como las de la zona estudiada que llegan hasta 35°C.

Según la figura 5, en el maní se obtuvo una producción de 2 ton/ha, que coincide con los datos de Corpoica (1996), que dicen que en un cultivo tecnificado con regadío se obtienen rendimientos de 1.5 a 2.0 ton/ha, superando a la producción regional de 1 a 1.1 Ton/ha (UMATA, 2000)

H. Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de zapallo. De acuerdo con la tabla 6, las cantidades totales de agua empleadas en el periodo vegetativo del zapallo fueron de 211.5 mm para un total de m³ de 127,0 con los que obtuvo un buen desarrollo del cultivo, valores bajos debido al uso eficiente del sistema de riego por exudación, contrario a los entregados por Doorembos y Kassam (1990), quienes argumentan que el zapallo utiliza 400 a 600 mm en todo su ciclo.

Según Vergara (1996), la succión óptima para obtener buenas producciones en el zapallo varia entre 35 y 40 centibares, valores superiores a los reportados en la presente investigación que oscilaron entre 20 a 25 centibares, lo que indica que los suelos del corregimiento de El Remolino son bastante exigentes en agua, debido a una alta temperatura, humedad relativa, evaporación y baja precipitación, además de las condiciones edáficas por el carácter de la textura franco arcillosa que retiene bastante humedad y a la velocidad de infiltración del suelo.

En el zapallo la máxima producción, fue de 28,3 ton/ha. es decir que por cada metro lineal se gasto 423,3 L, para un caudal de 0,60 L/h/m. Rango que está dentro del rango expresado por Vallejo (1999) de 22 a 25 ton/ha, superando la producción obtenida en la región de 10 ton/ha. (UMATA 2000). (Figura 5).

I. Requerimiento de agua y rendimiento del cultivo de cebolla cabezona. Observando la tabla 6, la lámina de agua utilizada fue de 339.9 mm que expresados en m³ son de 204, valores bajos a diferencia de los reportados por FEDECAFE (1995), que son del orden de 650 a 700 mm de agua por cosecha, lo que demuestra la eficiencia del sistema de riego por exudación que del orden de 95%.

La tensión del suelo utilizada para dar riego fue de 15 a 20 centibares, este valor es bajo en contraste con Vergara (1996) que enuncia una succión de riego para la cebolla de 55 a 65 centibares, parámetro que no se ajusta al presente estudio porque al usar esta tensión el cultivo no toleraría la extrema sequedad del suelo franco arcilloso de El Remolino, especialmente en los primeros 15 cm, donde se produce el desarrollo radicular de la cebolla.

En la cebolla cabezona se logró una producción de 36.1 ton/ha, que está dentro del rango reportado por Doorembos y Kassan (1990), de 35-45 ton/ha y superando la producción obtenida en El Remolino, que varía entre 6 y 18 t/ha (UMATA, 2000).

Tabla 6. Lamina y caudal de riego aplicado a los cultivos estudiados en función de la precipitación y evaporación

VARIABLE	CULTIVOS		
	MANI	ZAPALLO	CEBOLLA
PRECIPITACIÓN	61.9 mm	167.8 mm	62.0 mm
EVAPORACIÓN	557.1 mm	654.1 mm	528.4 mm
LAMINA DE RIEGO	176.4 mm	211.5 mm	339.4
CAUDAL DE RIEGO	105.8 m ³	127 m ³	204.0 m ³

6.5. CALIDAD DEL PRODUCTO COSECHADO

Las producciones obtenidas para éstos cultivos fueron de óptima calidad mostrando productos de buena presentación, sin ningún tipo de problema fitosanitario o de plagas, de ahí su buena aceptación en el mercado, estos resultados se debieron al uso del sistema de riego exudante localizado que permitió una menor incidencia de malezas, así como de plagas y enfermedades, mayor uniformidad del desarrollo vegetativo, aumento de producción y ahorro de mano de obra y por ende reducción de costos de producción, contrario a otros sistemas utilizados en la zona como el de aspersión liviana.

En general las producciones obtenidas en los cultivos estudiados mediante el sistema de riego por exudación se encuentran dentro de los rangos expuestos por diferentes autores e Instituciones quienes expresan rendimientos óptimos en cultivos bajo riego altamente tecnificados, y difieren de las producciones obtenidas en la región que fueron comparativamente más bajas que en los cultivos evaluados.

Por otra parte los tensiómetros ofrecen parámetros óptimos de aplicación del recurso hídrico, razón por la cual el riego se aplica en el momento oportuno y en cantidades necesarias para que los cultivos no sufran problemas de estrés, obteniéndose de esta manera aumentos notables en la producción.

6.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS CULTIVOS CON EL SISTEMA DE RIEGO POR EXUDACIÓN

Los cultivos que presentaron ganancias fueron la sandía y el tomate, se tratan de cultivos rentables que coincidieron con precios altos de sustentación en el mercado. En el cultivo de zapallo, se obtuvo una leve recuperación económica.

En cambio, se presentaron pérdidas en el ingreso neto de los cultivos de maíz, el pimentón, zapallo y maní; debido a los precios bajos de sustentación del mercado y a inversión inicial alta por la compra del equipo de riego exudante (costos indirectos), inversión que se recupera a mediano y largo plazo, debido a que la duración de la cinta es de 10 años, lo que permite reintegrar la inversión inicial, si se realiza un buen manejo de ella, además de los beneficios notables en el buen aprovechamiento del recurso hídrico y conservación de suelos, en comparación con otros sistemas utilizados en la zona como aspersión liviana.

El análisis económico, se realizó únicamente con base en una cosecha, por lo tanto es de resaltar que con el riego por exudación, se realizaron 3 cosechas al año, motivo por el cual se incrementan las utilidades, lo que facilitaría el pago del sistema de riego a mediano plazo, ya que con el riego por aspersión apenas se tienen 2 cosechas por año en la región.

7. CONCLUSIONES

- ❖ Los cultivos de pimentón y cebolla, son los más exigentes en el requerimiento del recurso hídrico, por lo tanto exigen las mayores succiones; el maní y el maíz, son los cultivos más fuertes para resistir la sequía, lo que explica los altos valores de succión; valores intermedios ocupan la sandía y zapallo. A los cultivos de tomate, melón y frijón, se les aplicó las menores cantidades de agua, debido a la presencia de lluvias.
- ❖ Las curvas de riego, demostraron mayor requerimiento de agua en las fases de floración y llenado de frutos en la mayoría de los cultivos por lo tanto se requirieron riegos más frecuentes.
- ❖ Los rendimientos que se obtuvieron con la implementación del sistema de riego por exudación y el uso de los tensiómetros, fueron superiores a los obtenidos en la región.

8. RECOMENDACIONES

- Evaluar el sistema de riego por exudación en regiones secas de clima medio y frío.
- Determinar la eficiencia del riego por exudación en comparación con otros sistemas de riegos empleados en la zona.
- Realizar estudios con diferentes parámetros de tensión para cada cultivo.

9. BIBLIOGRAFÍA

ALCARAZ, C.F, et al. Pimiento para pimentón, Comunidad Autónoma de la región de Murcia. España, Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca, 1982. 20 p.

ARROYAVE, M. C. El cultivo del melón. Revista Esso Agrícola (Colombia), 34 (2) 3-6. 1987.

BERLIJIN, J.D. et al. Riego y drenaje. Manuales para la producción agropecuaria. Area Suelos y Agua. México, Editorial Trillas, 1988. 98 p.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. Frutos de investigación agropecuaria. Tolima y Huila, CORPOICA, 1994-1996. 131 p.

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.

DOOREMBOS, J y KASSAM, A.M. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos; riego y drenaje. Roma, FAO, 1990. 212 p.

DOOREMBOS, J. y PRUITT, W. Las necesidades del agua de los cultivos; riego y drenaje. Roma, FAO, 1988. 194 p.

EXOTICA. Producción de pimentón en Colombia. Bogotá, año 3 Vol II, Editorial CCI, Boletín de divulgación, Julio-Septiembre, 1999. pp 14-16.

GUILLIER, P. y SILVESTRE, P. El cacahuete o maní. Barcelona, España, Blume, 1970. 281 p.

GUROVICH, L. Fundamentos y diseño del sistema de riego. San José, Costa Rica, IICA, 1999 433 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. El cultivo de la cebolla de bulbo. Proyecto Hortalizas, frutales y flores. Bogotá, 1995. 230 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Datos archivos climáticos. IDEAM. San Juan de Pasto, 2000.

LEGARDA, L. B. Influencia de la succión máxima del agua y del espacio aéreo del suelo sobre la producción de la variedad “27 R” de fríjol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, 1982. 120 p.

LEGARDA, L. Manual de riegos y drenajes, 2 ed. Pasto, Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 1988. 400 p.

LIGARRETO, M. Consideraciones generales del cultivo de fríjol en Colombia. Revista ICA. (Colombia). 26 (3-4) 233 – 244. 1991.

LORENTE H, J. Biblioteca de la agricultura. Barcelona, Iaca Books, 1997. 502 p.

MANRIQUE, A. El maíz. Bogotá, Molina, 2000. 30 p.

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

MARTINEZ, A. Fertirrigación. In Revista de Extensión Agraria, Madrid, 1981. 20(5): 140-142 p.

NOVARTIS DE COLOMBIA, S.A. Maíz amarillo, híbrido “el colorao” FUNK’S G5423. Bogotá, 2000, 4 p.

OJEDA, L.C. Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga lactuca sativa L bajo cubierta, mediante el uso de tensiómetros. Tesis Ing. Agro. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1995, 108 p.

PALACIOS, I. Informe sobre el cultivo de sandía en la zona de El Bordo, Cauca. ICA, Palmira. 1982. 7 p.

PALACIOS, V. Estimación de los requerimientos de agua para conocer cuando y cuanto regar. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo, 1982. 79 p.

PARSONS, D. Maíz. México, Trillas, Manuales para la educación agropecuaria, 1983. 56 p.

PROGRAMA DE DESARROLLO Y DIVERSIFICACIÓN DE ZONAS CAFETERAS. El cultivo del pimentón. Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros, 1996.

REYES, P. El maíz y su cultivo. México, Editor S.A, 1990. 160 p.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. Consolidado Agropecuario Acuícola, pesquero. Pasto, Sección de Información y Estadística, 1999.

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Cultivo y mercadeo del maíz. Bogotá, Sena, 1988. 65 p.

TAYLOR, S. Managning irrigation water on the farm. Transaction of American Society of Agricultural Enginners 8: 420-440, 1965.

UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TECNICA AGROPECUARIA Evaluación Municipal de Costos de Producción en cultivos transitorios. Municipios de Taminango y Rosario, UMATA. 2000.

VERGARA, M. J. Manejo integral de cultivos en suelos bajo riego. Fusagasuga, Centro de Estudios para Conservación Integral de la ladera. CECIL-INAT-JICA, 1996. 153 p.