

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

*Lucio Legarda Burbano¹
V́ctor Cadena Ceballos²
Andrés Muñoz Cabrera²
Hugo Ruiz Erasó³*

RESUMEN

La investigación se desarrolló en corregimiento El Remolino, municipio de Taminango (Nariño), 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. El sistema de riego utilizado fue de riego por exudación (riego localizado de alta frecuencia) que se caracteriza por trabajar con caudales de agua muy bajos. Como metodología se colocaron seis tensiómetros a 15 centímetros de profundidad en el perfil del suelo, sobre la zona de mayor actividad radicular de los cultivos, para determinar déficit hídricos. Se utilizaron tres parcelas experimentales de 600 m² cada una donde se sembraron tres cultivos por año. Los resultados mostraron que la producción de sandía alcanzó 31 t/ha con un total de 2830 m³ de agua, maíz 7 t/ha, con 2705 m³, pimentón 19 t/ha, con 3617 m³; maní 2 t/ha con 2210 m³ zapallo 23 t/ha con 276 m³ y cebolla cabezona 36 t/ha con un caudal de agua de 2768 m³. Los anteriores caudales se aplicaron con base en los datos suministrados por los tensiómetros que fueron de 20 centibares (sandía), 30 (maíz), 20 (pimentón), 60 (maní), 25 (zapallo) y 20 centibares para cebolla. En general se observó un ahorro de agua del orden del 60% comparado con el riego tradicional.

Palabras claves: Riego por exudación, tensiómetros, succión, rendimientos.

ABSTRACT

This research was carried out in "el Remolino" town, municipality of Taminango (Nariño), located at an altitude of 60 msnm, with a temperature of 26°C, a precipitation of 1150 mm per year and an evaporation of 1714 mm per year. The irrigation used was that of exudation irrigation system (focused irrigation system of high frequency), characterized by the use of low flows of water. As methodology, six tensiometers were placed at a depth of 15 cm. in the soil profile, on the zone presenting the greatest radicular activity of crops, to determine water deficit. Three experimental plots of 600 m² each, were used, where three crops were planted per year. The results showed the following output: watermelon = 31 t/ha, with 2830 m³ of water; corn = 7 t/ha, with 2705 m³, pepper = 19 t/ha, with 3617 m³; squash = 23 t/ha with 276 m³; and onion = 36 t/ha, with 2768 m³. The mentioned flows were applied based on tensiometer data, which were as follows: 20 centibars (watermelon); 30 (corn); 20 (pepper); 60 (peanuts); 25 (squash) and 20 centibars (onion). In general, an economy of water use of 60% was observed, compared to the traditional irrigation system.

Key words: Exudation for irrigation, tensiometers, suction, yield.

¹ Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, fax: 313315

² Ingenieros Agroforestales.

³ Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia, fax: 313315

INTRODUCCION

El corregimiento de Remolino, municipio de Taminango, presenta problemas de escasez de agua, y esta determinado por una baja pluviosidad anual, (déficit hídrico de 564 mm/año), alta evaporación, pocas fuentes de agua y vegetación xerofítica factores que limitan la producción de cultivos, ocasionado mal uso y erosión del suelo; por lo tanto el Ministerio de Agricultura a través del programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Pronatta, y la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño han implementado nuevas alternativas en cuanto al uso y aplicación de sistemas de riego eficientes, como el riego por exudación, o riego localizado de alta frecuencia, que permite incrementar la producción agrícola.

El riego por exudación es un sistema de fácil manejo, accesible al pequeño agricultor y hasta el momento no se han realizado estudios de riego en Colombia en zonas de minifundio con un sistema que ahorre más agua como el goteo, microaspersión, aspersión, entre otros; para ofrecerle al pequeño agricultor una opción más que conlleve a una mejor sostenibilidad ambiental y económica, además de aumentar la competitividad.

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 base en las consideraciones anteriores el objetivo de la presente investigaron fue la de contribuir a la modernización de la producción agrícola, incrementando los rendimientos de seis cultivos a través de una racional utilización de los recursos agua-suelo-planta por medio de la implementación del sistema de riego por exudación, y determinar la succión del contenido de humedad del suelo para el óptimo crecimiento de los cultivos estudiados (sandía, maíz, pimentón, maní, zapallo y cebolla cabezona) por medio del riego y el uso de tensiómetros.

METODOLOGIA

Localización. El trabajo se realizó en el periodo 1999-2001, en el Corregimiento de Remolino, municipio de Taminango departamento de Nariño, distante a 80 kilómetros de la ciudad de Pasto, el cuál 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, entre otros.

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

Cultivos estudiados. En el cultivo de sandía se utilizó 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 una variedad regional, de frutos alargados y cuya altura de la planta varía entre 45 y 60 cm en el maní se utilizó la variedad Roja de frutos rosados; en el zapallo se utilizó la variedad Bolo Verde, de frutos redondos, de color verde y pulpa de color amarillo intenso y para la cebolla cabezona se utilizó la variedad Texas Yellow Early 502, de color blanco.

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.

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.

Manejo de Tensiómetros. En cada parcela se instalaron 3 tensiómetros a 15 centímetros de profundidad que es la zona de mayor actividad radical en todas las especies estudiadas. Con la información suministrada por los tensiómetros se procedió a la aplicación del riego. Cuando éstos marcaban en promedio 30 centibares se aplicaba el riego y se suspendía cuando llegaban a 10 centibares, ya que el cero indica saturación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Variación de la succión de la humedad del suelo. Los tensiómetros ubicados a 15 centímetros de profundidad permitieron 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 estas son elevadas inciden en la humedad del suelo, especialmente en los primeros 15 cm de profundidad, porque en esta zona la mayoría de los cultivos tienen su máxima actividad del sistema radical.

En la Figura 1, se observa que los parámetros de tensión utilizados para dar riego oscilaron entre 20 y 60 centibares, los cuales fueron diferentes para los cultivos debido a las necesidades hídricas, a la fisiología del cultivo, profundidad efectiva, ya las condiciones climáticas de la región del 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.

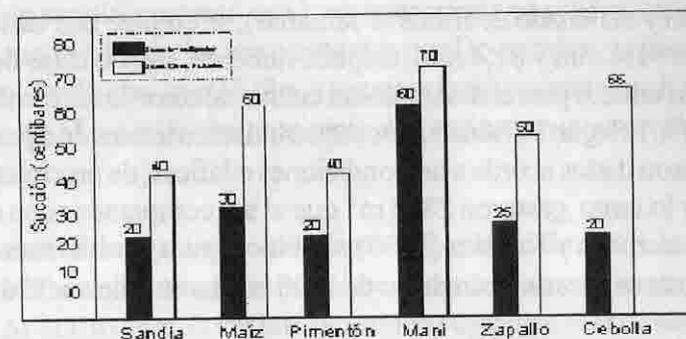


Figura 1. Valores de tensión (succión) usada en los cultivos estudiados comparados con otros estudios (negro: Succión esta investigación, blanco: otros autores, Taylor (1965), Ojeda (1997), Vergara (1996).

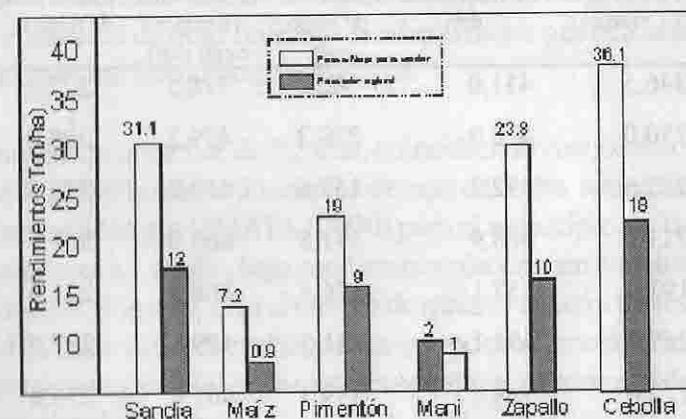


Figura 2. Rendimientos obtenidos con el riego de exudación comparados con la producción regional. (blanco: riego por exudación, gris : producción regional).

Requerimiento de agua y rendimiento del cultivo de sandía. La cantidad de agua necesaria para la emergencia fue de 20 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 15 centibares. Dichas tensiones y láminas de agua, llevaron al suelo de campo logrando plantas más vigorosas.

En la floración y el llenado de frutos (8 semanas), se empleó una lámina de agua acumulada 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). Según la Tabla 3, Los requerimientos totales de agua del cultivo de sandía, fueron dados acorde a las condiciones edáficas, de precipitación y evaporación, por lo tanto gastaron 2880 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 5000 m³/ha en todo su ciclo vegetativo.

Tabla 1. Lámina y caudal de riego, aplicando a los cultivos estudiados en función de la precipitación y la evaporación en parcelas de 600 m².

CULTIVOS	VARIABLES					
	Precipitación mm	Evaporación mm	Lámina de riego mm	Lámina total (Recip + riego mm)	Caudal total de riego m ³	Módulo de riego l/h/m
Melón	346,5	411,0	32,0	378,5	227,1	0,80
Sandía	250,0	428,9	229,2	479,2	288,0	0,82
Maíz	282,6	492,3	167,6	450,2	270,5	0,57
Pimentón	211,2	568,9	391,8	603,0	361,7	0,85
Maní	191,9	557,1	176,4	368,3	221,0	0,48
Zapallo	267,8	654,1	211,5	479,3	287,6	0,65
Cebolla	122,0	528,4	339,4	461,4	276,8	0,87

La Figura 1 muestra que el parámetro de tensión para suministrar el riego varió entre 15 y 20 centibares, esto debido a la alta evaporación de la zona, donde la frecuencia de riego estuvo muy ligada a la capacidad de retención hídrica del suelo, por lo tanto al utilizar tensiones más altas a las señaladas, la sandía no tendrá el 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 buena respuesta en rendimiento con 31.3 t/ha, valor que concuerda con los suministrados por Doorembos y Kassam (1990) para sandía tecnificada con 25 a 35 t/ha, y supera significativamente los datos reportados por la UMATA (2000) del municipio de Taminango que tan sólo son de 12 t/ha (Figura 2).

Requerimiento de agua y rendimiento del cultivo de maíz. Manrique (2000) y Berlijin (1988) manifiestan que el momento crítico de requerimiento agua es floración y llenado; Al cultivo de maíz durante su periodo vegetativo se le suministró una lámina de agua de 450,2 mm. (Tabla 1), inferior a los 750 mm, utilizados durante esta fase en condiciones similares según lo reporta Reyes (1990).

La tensión empleada durante el experimento fue de 30 centibares (Figura 1), valores que difieren a los reportados por Doorembos y Kassam (1990) quienes manifiestan que el maíz debe regarse a una tensión óptima de 40 a 60 centibares; posiblemente el material de maíz utilizado se adaptó mejor a déficit hídrico que garantizaron las exigencias fisiológicas de la planta.

El rendimiento de maíz fue de 7,2 t/ha, coincidiendo con los datos suministrados por Novartis (2000) con producciones de más de 6 t/ha, superando ampliamente los datos reportados por UMATA (2000) para el municipio de Taminango rendimientos inferiores a 1 ton/ha, bajo condiciones rústicas, sin ninguna técnica, ni aplicación de riegos. (Figura 2). En el cultivo de maíz se aplicó a través del riego suplementario 101 m de agua, lo cual significa que por cada metro lineal se requirieron 167.6 litros de agua, en 600 m de cinta exudante, con un caudal de riego de 0,57 l/h/m en todo el ciclo vegetativo.

Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de pimentón. En la Tabla 1, se observa que el cultivo de pimentón requirió una lámina total de agua de 603 mm que contrastan con los datos reportados por Alcaraz et al (1982), que muestran requerimientos hídricos para pimentón del orden de: 770 a 860 mm, valores más altos comparados con los obtenidos en el presente estudio. La succión en este cultivo fue de 20 centibares, a diferencia de los datos reportados por Taylor (1965) que propone mantener una succión de humedad del suelo de 35 a 40 centibares.

El rendimiento del pimentón correspondió a 19 t/ha (figura 2), que se encuentra dentro del rango presentado por Vallejo (2000), alcanzando rendimientos de 15-20 t/ha y superando la cantidad que se cosecha en El Remolino con el riego por aspersión liviana que es de 9 t/ha (UMATA 2000). Para ello se satisfizo el uso consuntivo del cultivo que fue de 391,8 litros de agua y por cada metro lineal el uso consuntivo fue de 391,8 l/agua, con un caudal de riego de 0,85 l/h/m (Tabla 1).

Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de maní. Según la Tabla 1, en el cultivo de maní se empleó laminas de agua total de 368,3 mm, en la parcela de 600 m², valores muy bajos si se comparan con los 500 a 700 mm reportados por Guillier y Silvestre (1970), tal como se observa en la Figura 3.

Para la aplicación del riego, se manejó una succión del suelo de 40 a 60 centibares como se observa en la Figura 1, 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. En el maní se obtuvo una producción de 2 t/ha (Figura 2), que coincide con los datos de Corpoica (1996), que obtienen con riego rendimientos de 1,5 a 2,0 t/ha, superando a la producción regional de 1 t/ha (UMATA, 2000).

Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de Zapallo. Las cantidades de agua del riego suplementario en el periodo vegetativo del zapallo fueron de 211,5 mm (Tabla 1) para un total de 479,3 mm, sumando los 267,8 mm de las lluvias, 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 500 a 600 mm en todo su ciclo vegetativo (Figura 3).

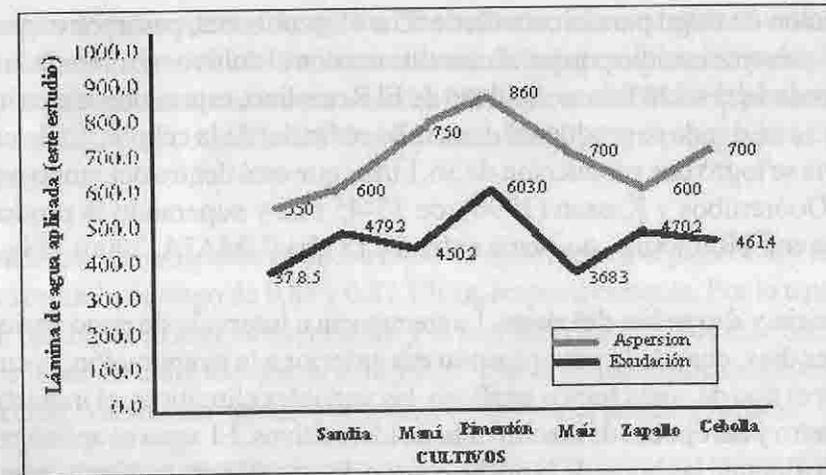


Figura 3. Comparación entre la lámina total de riego por exudación aplicada a los cultivos y la lámina de riego por aspersión (mm).

Según Vergara (1996), la succión óptima para obtener buenas producciones en el zapallo varía entre 40 a 50 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, (49 mm/h). Como se observa en la figura 2, la máxima producción del cultivo de zapallo, fue de 28,3 t/ha, rango que está dentro del valor expresado por Vallejo (1999) de 22 a 25 t/ha, superando la producción obtenida en la región de 10 t/ha. (UMATA 2000).

Requerimientos de agua y rendimiento del cultivo de cebolla cabezona. La Tabla 1, muestra la lámina de agua utilizada que fue de 461,4 mm en 600 m, que expresados en m³ son de 276,8, 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%.

Como se muestra en la Figura I, 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 cabeza se logró una producción de 36.1 t/ha, que está dentro del rango reportado por Doorembos y Kassan (1990), de 35-45 t/ha y superando la producción obtenida en El Remolino, que varía entre 6 y 18 t/ha (UMATA, 2000). (Figura 2)

Frecuencia y duración del riego. La frecuencia o intervalo de riego vario entre dos y tres días, cuando la precipitación era inferior a la evaporación, la cual fue dada por el tipo de suelo franco arcilloso, las variables climáticas, el indicativo de tensiometro y las épocas de crecimiento de los cultivos. El agua se aplicó preferiblemente durante las horas de la noche, ya que de esta manera se disminuyen notablemente las pérdidas por evaporación y se logra mayor eficiencia en el riego.

La duración del riego vario entre ocho y doce horas, a excepción días donde se mantuvo el suelo húmedo por las lluvias. Esto no significa que el caudal utilizado fuera alto, sino que este sistema de riego localizado de alta frecuencia se autoregula cuando el suelo esta a capacidad de campo y aumenta progresivamente cuando el suelo esta seco comprobando así lo descrito por Ojeda (1995 y 1997), quien afirma que el sistema por cinta exudante libera agua en forma gradual a medida que el suelo y la planta lo requiere.

CONCLUSIONES

La succión de la humedad del suelo varió entre 20 y 60 centibares, las cuales fueron diferentes para cada cultivo, debido a las necesidades hídricas, a la fisiología del cultivo, a la profundidad efectiva de las raíces y a las condiciones climáticas de la región de El Remolino. Estos valores son inferiores a los reportados y recomendados por la literatura técnica.

Con el riego por exudación, se obtuvo un ahorro del 60% de agua en promedio para todos los cultivos y se aumentó el rendimiento de los cultivos de sandía de 12 a 31 t/ha, maíz de 1 a 7 t/ha, de 9 a 19 t/ha en pimentón, de 1 a 2 t/ha en maní, de 10 a 24 t/ha en zapallo y en cebolla de 18 a 36 t/ha.

Los requerimientos totales de agua en los cultivos, fueron dados de acuerdo a las condiciones edáficas (suelo franco-arcilloso) de baja precipitación y alta evaporación y se gastaron en el cultivo para sandía 2830 m³; maíz 2705 m³; pimentón 3617 m³; maní 2210 m³, zapallo 2871 m³ y cebolla 2768 m³ para todo el periodo vegetativo.

Los cultivos más exigentes en el consumo de agua fueron: el pimentón y la cebolla con un módulo de riego de 0,85 y 0,87 l/h/m, respectivamente. Por lo tanto requirieron las menores succiones; el maní y el maíz son los cultivos más fuertes para resistir la sequía con módulos de 0,48 y 0,57 l/h/m; lo que explica los altos valores de succión. Valores intermedios ocupan los cultivos de sandía y zapallo.

BIBLIOGRAFIA

- ALCARAZ, C.F. et al. Pimiento para pimentón. Comunidad Autónoma de la región de Murcia España. Consejería de agricultura, Ganadería y pesca, s.t. s.p.
- BERLIJIN, J.D. et al. Riego y Drenaje. Manuales para la producción agropecuaria. Area suelos y Agua. México, Editorial Trillas, 1988. 98 p.
- CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Frutos de investigación agropecuaria. Tolima y Huila. CORPOICA, 1994-1996. 131 P.
- DOOREMBOS, J Y KASSAM, A.M. Efectos de agua sobre el rendimiento de los cultivos; riego y drenaje. Roma, FAO, 1990. 212p.
- DOOREMBOS J Y PRUITT, W. Las necesidades del agua de los cultivos; riego, drenaje Roma, FAO, 1988, 194 p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS. El cultivo de la cebolla de bulbo. Proyecto Hortalizas, frutales y flores. Bogotá, 1995. 230p.
- LEGARDA, L.B. Manejo agronómico de cultivos de clima cálido bajo el sistema de riego por exudación, Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas 2001. 55p.

LEGARDA, L.B. Evaluación de los sistemas de riego por exudación y aspersión liviana. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas 2001. 30p.

MANRIQUE A. El cultivo del maíz. Bogotá. Molina 2000 30p.

NOVARTIS DE COLOMBIA, S.A. Maíz amarillo, híbrido "el colorao" FUNK'S G5423. Bogotá, 2000, 4p.

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, Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias agrícolas, 1995, 108p.

OJEDA, L.C. Estudio de la necesidad económica de agua para riego, mediante el sistema de riego de tubo geotextil exudante, en nuevo cultivo de clima cálido, dirigido al pequeño agricultor del corregimiento de El Remolino. Pasto, Universidad de Nariño – PRONATTA, 1997. 44p.

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

TAYLOR, S. Managning irrigati6n water on the farm. Transacci6n of American Society of Agricultural Engineers 8: 420-440, 1965.

UNIDAD MUNICIPAL DE ASISTENCIA TECNICA AGROPECUARIA. Evaluaci6n municipal de Costos de Producci6n en cultivos transitorios. Municipios de Taminango y Rosario, UMATA, 2000.

VALLEJO, F .A. Nuevo cultivar de zapallo Cucubita mostacha, adaptado a las condiciones del Valle del Cauca. In Acta Agron6mica. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. Julio-Diciembre 1999.28p.

VALLEJO, F.A. Nuevo cultivar de piment6n. *Capsicum annum* adaptado a las condiciones del Valle del Cauca. Asiava, (Palmira):28. 2000.

VERGARA, M.J. Manejo Integral de cultivos en suelos bajo riego. Fusagasuga, Centro de Estudios para Conservaci6n Integral de la ladera. CECIL-INAT-JICA 1996. 153p.