

**Evaluación del efecto productivo y económico de
dos métodos de riego en Crisantemos
(*Chrysanthemum morifolium*) en macro túnel, en la
finca Los Silos, Antioquia, Colombia**

David Molina Llano

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE CIENCIA Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

**Evaluación del efecto productivo y económico
de dos métodos de riego en Crisantemos
(*Chrysanthemum morifolium*) en macro túnel,
en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

David Molina Llano

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2009

Evaluación del efecto productivo y económico de dos métodos de riego en Crisantemos (*Chrysanthemum morifolium*) en macro túnel, en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia

Presentado por:

David Molina Llano

Aprobado:

Francisco Álvarez, M.A.E.
Asesor Principal

Miguel Vélez, Ph.D.
Director
Carrera de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Gloria Arévalo, M. Sc.
Asesora

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Adolfo Fonseca, M.A.E.
Asesor

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

Abelino Pitty, Ph.D.
Coordinador Área Fitotecnia

RESUMEN

Molina, D. 2009. Evaluación del efecto productivo y económico de dos métodos de riego en Crisantemos (*Chrysanthemum morifolium*) en macro túnel, en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 39 p.

Se implementó un sistema de riego por goteo en la finca Los Silos en el departamento de Antioquia, Colombia y se comparó con el sistema de riego tradicional (riego por codo). Se analizaron ambos sistemas en producción de ramos exportables y consumo de agua y se determinó el sistema que genera la mayor rentabilidad. El análisis financiero se realizó basado en dos escenarios: uno incluyendo el costo del agua de US\$0.56/m³ y otro sin tener en cuenta dicho costo. La aplicación de agua con el método de riego por goteo se realizó tomando en cuenta la evapotranspiración (ETc); con el método por codo se regó de forma tradicional, tomando en cuenta criterios establecidos en la producción comercial. Para analizar la producción se midió el grosor y peso del tallo, número de flores/tallo, tallos/ramo, flores/ramo, ramos/ha y tiempo a cosecha. En ninguna de las variables analizadas hubo diferencias ($P \leq 0.05$) entre los dos métodos. Con el método de riego por goteo, el consumo de agua fue de 2,043 m³/ha/ciclo y se logró un ahorro de agua del 58.2% en relación al sistema de riego por codo. La implementación de un sistema de riego por goteo en un área no establecida, sin cobrar el agua, incrementa la rentabilidad en 4% en relación al sistema de riego por codo y si se cobra el agua, la rentabilidad aumenta 7%. Cambiar el método tradicional de riego por codo al de riego por goteo en un área ya establecida y tomando en cuenta una inversión de US\$10,000 por tres hectáreas, representa US\$16,111 más de ingresos al productor si no se cobra el agua, y US\$40,182 en caso de cobrar dicho recurso. El método de riego por goteo fue mejor en ahorro de agua y rentabilidad que el método de riego tradicional por codo.

Palabras clave: Descarga, ETc, fertirriego, floricultura, lámina, riego localizado, riego por goteo.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4. CONCLUSIONES.....	20
5. RECOMENDACIONES.....	21
6. LITERATURA CITADA.....	22
7. ANEXOS.....	24

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

1. Duración del riego, caudal del emisor y volumen de agua aplicado con el sistema de riego por codo en el cultivo de crisantemos, en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. 6
2. Evapotranspiración diaria del cultivo (ETc) con un coeficiente de la pana (Kp) de 0.8 para el cultivo de crisantemos, en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia 8
3. Tiempo a regar con el sistema de riego por goteo, basado en la evapotranspiración diaria (ETc) y el caudal del sistema en el cultivo de crisantemos, en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. 9
4. Volumen de agua aplicado, cantidad de agua en las plantas y eficiencia en el uso de agua con relación al método de riego utilizado en el cultivo de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. 14
5. Volumen, lámina y ETc aplicadas, tiempo de bombeo y mano de obra en dos métodos de riego en el cultivo de crisantemos, en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. 16
6. Grosor de tallo, peso de planta y peso del ramo de crisantemo utilizando dos métodos de riego en el cultivo de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. 16
7. Producción de ramos por hectárea y peso exportable por hectárea en el cultivo de crisantemos, utilizando dos métodos de riego en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. 17
8. Indicadores económicos de los flujos de caja comparativos, sin incluir costo del agua, con dos métodos de riego (goteo y codo) para instalar 3.0 ha de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia..... 18
9. Indicadores económicos de los flujos de caja comparativos, incluyendo costo del agua, con dos métodos de riego (goteo y codo) para instalar 3.0 ha de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia..... 19

Figura

1. Variación del caudal a lo largo del ciclo productivo de dos sistemas de riego (goteo y codo), en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia..... 15

Anexo

1. Sistema de riego por poma en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia..... 24
2. Sistema de riego por Codo (sistema convencional) en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. 24
3. Componentes del sistema de riego por goteo en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia. 25
4. Coeficiente de la pana (Kp) para la pana de superficie verde baja (Método de la FAO, 2006)..... 26
5. Distribución de camas para el diseño experimental 27
6. Flujo de caja incremental sin incluir costo del agua, para la implementación de un sistema de riego por goteo en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha)... 27
7. Flujo de caja incremental incluyendo costo del agua, para la implementación de un sistema de riego por goteo en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha). 28
8. Flujo de caja comparativo de la implementación de un sistema de riego por goteo sin incluir costo del agua en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha). 29
9. Flujo de caja comparativo de la implementación de un sistema de riego por goteo incluyendo costo del agua en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha). .. 30
10. Flujo de caja comparativo de la implementación de un sistema de riego por codo sin incluir costo del agua en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha). 31
11. Flujo de caja comparativo de la implementación de un sistema de riego por codo incluyendo costo del agua en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha). .. 32

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los cultivos que actualmente genera mayor divisas dentro de las exportaciones no tradicionales colombianas es la floricultura. En un período menor de diez años, Colombia se ha convertido en el segundo exportador mundial (después de Holanda) de flores cortadas, con una participación del 10% sobre el total de las exportaciones mundiales. Más de 50 tipos de flores, entre las cuales se destacan clavel, pompón, rosa y crisantemo, se cultivan principalmente en la Sabana de Bogotá, el Oriente Antioqueño y el Valle del Cauca, siendo sus principales mercados Estados Unidos (80%) y la Unión Europea (14%) (Restrepo 2007). Colombia y Holanda ocupan los primeros lugares en ser exportadores de crisantemo (Herrerros 1995).

Actualmente, el departamento de Antioquia, Colombia, cuenta con 72 predios productores de pompones y crisantemos para exportación y 67 predios productores para el mercado nacional. La exportación de pompón y crisantemo es uno de los renglones de importancia económica de Antioquia, que genera al menos cinco mil empleos directos e indirectos (ICA 2008).

Desde el inicio de la actividad floricultora en Colombia, los suelos y los cultivos se han venido regando en forma empírica; los técnicos, en muchos casos, aplican volúmenes de agua sin tener en cuenta las condiciones del clima, el humedecimiento del suelo y el estado del cultivo. La falta o el exceso de agua afecta de manera drástica y decidida el desarrollo y crecimiento de las plantas (Pizano 1997).

La actividad de riego en el cultivo de flores es un subsistema del sistema de producción. Cómo se aplique el agua al cultivo afectará no sólo el número de flores cosechadas y su calidad, sino también el costo de mano de obra requerida para cumplir las labores de riego. Sin importar el nivel de tecnología que se emplee para regar, el sistema debe ser diseñado para incrementar los rendimientos en la producción con el menor costo posible, manteniendo la calidad del producto (Stevens 1998).

El objetivo fundamental del riego es el de suministrar agua a los cultivos, de manera que estos no sufran déficit hídrico que pueda ocasionar pérdidas de producción cosechable. Además, el riego debe garantizar que se mantenga el balance de sales; es decir, que no se acumulen en exceso en el perfil del suelo como resultado de la aplicación del agua de riego. En todos los casos, el riego debe ser controlado para evitar pérdidas excesivas que se traduzcan en problemas medioambientales o en un consumo innecesario que incremente los costos de la explotación (Reguerín *et al*, 2001).

El riego por goteo solamente se ha aplicado en una pequeña parte del área en Colombia. Aunque la tecnología es simple, requiere cierta inversión y un mantenimiento cuidadoso, ya que los goteros pueden obstruirse fácilmente. Sin embargo, los resultados obtenidos en muchos países muestran que los agricultores que cambian de riego por surcos o riego por aspersión a riego por goteo pueden reducir el consumo de agua del 30 al 60%. Frecuentemente, los rendimientos de los cultivos también se incrementan, porque las plantas reciben la cantidad precisa de agua que necesitan y también a menudo la de fertilizantes (FAO 2008).

Actualmente en la finca productora de crisantemo Los Silos, ubicada en el municipio de Rionegro, Antioquia, Colombia, el riego se realiza con mangueras transportadas en forma manual, denominada riego por codo, lo cual representa un incremento en los costos de producción, no sólo por mano de obra, sino también por alto desperdicio de agua, baja uniformidad al momento de regar y deficiente uso de fertilizantes¹. Por esta razón, el productor se ha visto en la necesidad de tecnificar la producción y buscar un sistema de riego que le provea beneficios como la aplicación directa de agua y nutrientes a la zona radical, riego frecuente para minimizar estrés hídrico y fertilización localizada, entre otros. Por esta razón, se decidió implementar un sistema de riego por goteo con el que se logró la aplicación de agua de forma localizada para reducir el uso de dicho recurso y costo de la mano de obra.

El objetivo principal del estudio fue evaluar el efecto en la producción y el impacto económico de dos métodos de riego en el cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) en condiciones de macro túnel y como objetivos específicos: determinar el consumo de agua utilizando los dos métodos de riego; determinar la eficiencia en el uso de agua; evaluar el impacto de la variación en el caudal en ambos métodos de riego en el diseño de un plan de riego para el cultivo de crisantemos; determinar el efecto en el rendimiento del cultivo usando riego por goteo y riego manual con manguera y determinar la viabilidad del proyecto usando un análisis financiero.

¹ Ángel, Carlos. 2009. Productor independiente de crisantemos. Rionegro, Antioquia, Colombia. Comunicación personal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

El ensayo se realizó en la finca Los Silos, en el municipio de Rionegro, en el departamento de Antioquia, Colombia. Está ubicada a 2,125 msnm, la precipitación promedio anual es de 1,800 mm; la temperatura promedio anual de 17°C; la velocidad promedio del viento es de 288 km/día y la humedad relativa promedio es de 71%.

Actualmente, la finca tiene 3.0 ha destinadas a la producción de crisantemos para exportación, cultivadas bajo capillas. En vista de la demanda el productor tiene, como plan a corto plazo, llegar a un total de 6.0 ha².

2.2 CULTIVO

2.2.1 Siembra

La siembra se realizó la tercera semana de enero de 2009, en camas de 30 m de largo × 1.2 m de ancho. En cada hectárea hay 180 camas para un total de 6,480 m² cosechables/ha. Para el ensayo, se utilizaron esquejes de alta calidad de la variedad Reagan Splendy, con un color de flor morado. Estos esquejes se sembraron a una densidad de 94 plantas/m². Se utilizó una malla para tutoreo, la cual consta de cuadros de 15 cm de largo × 15 cm de ancho distribuidos a lo largo de toda la cama, con lo cual se garantiza un crecimiento recto de los tallos. Esta malla se sube a medida que el cultivo crece. Para llegar a las densidades deseadas, se sembraron dos esquejes en el centro de cada cuadro de la malla y tres esquejes por cuadro en los bordes de la cama para mantener la densidad de plantas, si hubiera mortalidad.

2.2.2 Fertilización

Se realizaron enmiendas del suelo y una fertilización previa a la siembra, con 1800 kg/ha de cal dolomítica, 900 de roca fosfórica, 360 de sulfato de potasio, 72 de sulfato de

² Llano, Luis Miguel. 2009. Gerente finca “Los Silos”. Rionegro, Antioquia, Colombia. Comunicación personal.

magnesio agrícola , 1800 de gallinaza y 45 de sulfato de manganeso. Después de la siembra, se fertilizó dos veces por semana. Las dosis en kg/ha/semana fueron: Nitrato de amonio 32.4, nitrato de calcio 14.4, nitrato de potasio 32.4, DAP 28.8, sulfato de magnesio técnico 32.4 y quelato de boro 0.36. La fertilización se realizó manualmente en los dos sistemas y en cantidades y frecuencias iguales.

2.2.3 Ciclo del cultivo

El ciclo de producción del cultivo de crisantemos tiene una duración de 10 semanas más cuatro a cinco días de cosecha, para un total aproximado de 11 semanas. En este ensayo, el ciclo del cultivo fue de nueve semanas. Los dos tratamientos presentaron punto de cosecha una semana antes de lo habitual.

2.2.4 Desbotonado de la planta

Al final de la sexta semana o inicio de la séptima semana, apareció el primer botón y se procedió a hacer la práctica llamada desbotonado, la cual consiste en eliminar el botón que proviene del meristemo apical para inducir al crecimiento de meristemos basales para obtener mayor número de botones por planta. Con un desbotonado a tiempo, se mejora la forma del racimo de los crisantemos y aumenta notablemente el número de flores por tallo (Larson 1988).

2.3 COSECHA

2.3.1 Tiempo a cosecha

El tiempo a cosecha varía de acuerdo al estado en el que se corte la flor, ya que se emplea más tiempo en obtener una flor más abierta que una cerrada. El punto de cosecha se establece en grados, donde el grado uno indica botones cerrados y grado cinco flores ya abiertas. Se cosecha de acuerdo al requerimiento del mercado. Es un factor determinante pues un retraso puede alterar siembras posteriores y la producción. Para la cosecha de crisantemos, se cosecha a medida que cada flor presenta las condiciones ideales.

2.3.2 Criterios de empaque para la comercialización

La unidad de comercialización es el ramo de crisantemo, conformado por 6-10 tallos que tienen entre 3 y 10 flores cada uno. Para la exportación se exige un peso mínimo de 240 g y uno máximo de 320 g por ramo.

2.4 RIEGO

2.4.1 Riego manual

El riego manual consta de dos tipos de riego:

Riego por poma. Consta de una manguera de polipropileno de 2.54 cm de diámetro, con una extensión de PVC perforado, asemejando una regadera (Anexo 1). Este sistema es operado manualmente y se usó en ambos sistemas de riego las dos primeras semanas después de sembrado el esqueje. El caudal promedio de este sistema fue de 1.3 L/s.

Riego por codo. Es el sistema de riego usado en la finca y fue utilizado a partir de la tercera semana. Consta de una manguera de polipropileno de 2.54 cm de diámetro con una extensión en PVC que termina en un codo del mismo material con lo que se pretende disminuir la cantidad de follaje mojado y es manipulado por un operario (Anexo 2). El caudal promedio de este sistema fue de 1.3 L/s. La cantidad de agua a regar y la frecuencia de riego fueron determinadas por criterios del agrónomo de la finca, basados en la humedad del suelo determinado al tacto. Se llevó un control de la cantidad de agua aplicada y se tomó en cuenta la apreciación visual del estado de humedad del suelo al momento de regar. Se revisaron semanalmente las mangueras para descartar posibles fugas.

2.4.1.1 Registro del consumo de agua para el riego manual

No se estableció un tiempo de riego ya que se esperaba que se hiciera uso del sistema tradicional, de la forma habitual que se aplica el agua en la finca. Se registró el tiempo de riego, ya que el operador indicó la hora de inicio y final del riego en cada cama. Una vez por semana se calculó el caudal usado con la manguera, midiendo el volumen en un recipiente en un tiempo determinado usando la fórmula de caudal directo. Con el caudal y el tiempo de riego, se calculó el volumen de agua que fue utilizado en cada aplicación (cuadro 1).

Cuadro 1. Duración del riego, caudal del emisor y volumen de agua aplicado con el sistema de riego por codo en el cultivo de crisantemos, en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

Método de riego	Semana	Duración de riego/cama	Caudal	Volumen de agua	
		min	L/min	L/sem/cama	m ³ /sem/cama ^β
CR1 ^α	1	35.0	78	2,730	2.7
	2	42.0	78	3,276	3.3
	3	38.5	66	2,541	2.5
	4	49.0	60	2,940	2.9
	5	42.0	60	2,520	2.5
	6	38.5	78	3,003	3.0
	7	35.0	72	2,520	2.5
	8	38.5	78	3,003	3.0
	9	35.0	54	1,890	1.9
	10	35.0	66	2,310	2.3
CR2 ²	1	38.5	78	3,003	3.0
	2	42.0	78	3,276	3.3
	3	42.0	66	2,772	2.8
	4	42.0	60	2,520	2.5
	5	38.5	60	2,310	2.3
	6	35.0	78	2,730	2.7
	7	35.0	72	2,520	2.5
	8	38.5	78	3,003	3.0
	9	38.5	54	2,079	2.1
	10	35.0	66	2,310	2.3
CR3 ³	1	42.0	78	3,276	3.3
	2	42.0	78	3,276	3.3
	3	45.5	66	3,003	3.0
	4	42.0	60	2,520	2.5
	5	38.5	60	2,310	2.3
	6	38.5	78	3,003	3.0
	7	42.0	72	3,024	3.0
	8	38.5	78	3,003	3.0
	9	42.0	54	2,268	2.3
	10	38.5	66	2,541	2.5

^α CR1: Codo repetición uno; CR2²: Codo repetición dos; CR3³: Codo repetición tres

^β cama: 36 m² efectivos

2.4.2 Sistema de riego por goteo

2.4.2.1 Componentes del sistema de riego por goteo

Sistema de filtrado. Al inicio del sistema de riego por goteo, después de la válvula principal, para evitar el paso de partículas que pudieran taponar los emisores, se instaló un filtro de anillos marca Rain Bird (Anexo 3), con un grado de filtración de 130 micrones y un caudal de filtrado de $5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Válvula reguladora de presión. La finca Los Silos tiene una bomba de 2 HP y otra de 5 HP. La decisión de encender una u otra bomba depende del número de regadores al mismo tiempo. Se decidió utilizar una válvula reguladora de presión a 10 PSI para contar con una presión constante y sin alteraciones (Anexo 3). Debido a que los sistemas de riego por goteo operan a bajas presiones, una pequeña variación en presión puede afectar en la uniformidad del riego (Stevens 1998).

Cintas de goteo. Se utilizó cintas de goteo marca Silver de 16 mm de diámetro, con un grosor de ocho milésimas de pulgada, espaciadas a 30 cm entre ellas, con un espaciamiento entre goteros de 10 cm y un caudal de dos litros por hora por emisor. Se instalaron cuatro cintas por cama (Anexo 3) para alcanzar el traslape deseado y cubrir toda la cama.

Tuberías. La finca cuenta con hidrantes de 2.54 cm de diámetro ubicados cada cinco camas provenientes de la tubería principal. Del hidrante más cercano a las camas experimentales, se instaló un tubo de polipropileno del mismo diámetro y de éste, se dividieron los tres cabezales de las camas (Anexo 3). En la entrada de cada cama se instaló una válvula de bola para regar cada cama por separado en caso de no contar con suficiente presión. En la conexión entre el hidrante y el tubo de polipropileno también se instaló una válvula de bola.

Como parámetro de control y para asegurar la uniformidad del riego y evitar obstrucciones en los emisores, se limpió diariamente el filtro de malla y se revisó las partes terminales de las cintas para evitar fugas de agua.

2.4.2.2 Determinación de la lámina a aplicar en riego por goteo

La lámina de riego equivale a la evapotranspiración del cultivo (ET_c). Se calculó tomando en cuenta el coeficiente del cultivo (K_c), establecido por la FAO (2006) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o):

$$ETc = ETo \times Kc \quad [1]$$

Donde,

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/semana)

ETo = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/semana)

Kc = Coeficiente del cultivo (adimensional)

Se determinó la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo):

$$ETo = Ep \times Kp \quad [2]$$

Donde,

Ep = Evaporación de la pana (mm/semana)

Kp = Coeficiente de la pana (adimensional)

La florícola cuenta con una pana de evaporación, ubicada dentro de la capilla, rodeada con material vegetativo de 150 m de ancho, medido del lado de la pana que recibe el viento (distancia a barlovento) (Anexo 4. El coeficiente de la pana (Kp), se determinó por el método de la FAO (2006), y fue de 0.8 según datos climatológicos tales como velocidad del viento de 288 km/día y humedad relativa de 71%, proporcionados por la estación ubicada en el aeropuerto José María Córdova, vecino a la finca. Diariamente se regó la lámina de agua evapotranspirada (ETc) (Cuadro 2), en dos tiempos de riego: uno en la mañana y otro en la tarde.

Cuadro 2. Evapotranspiración diaria del cultivo (ETc) con un coeficiente de la pana (Kp) de 0.8 para el cultivo de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia

Semana	Ep ^a	ETo	Kc	ETo	ETc
	mm/semana	mm/semana		mm/semana	mm/día
1	36.1	28.8	0.9	26.0	3.7
2	34.0	27.2	0.9	24.4	3.5
3	40.3	32.2	0.9	29.0	4.1
4	37.8	30.2	0.9	27.2	3.9
5	40.6	32.5	0.9	29.2	4.2
6	37.8	30.2	0.9	27.2	3.9
7	42.7	34.2	1.2	41.0	5.9
8	38.5	30.8	1.2	37.0	5.3
9	34.5	27.6	1.2	33.1	4.7
10	42.7	34.2	1.2	41.0	5.9

^a Ep: evaporación de la pana; ETo: evapotranspiración del cultivo de referencia; Kc: coeficiente del cultivo; ETc: evapotranspiración del cultivo.

2.4.2.3 Determinación del tiempo de riego por el sistema de goteo

Se tomó en cuenta la lámina a aplicar diariamente y el caudal de los emisores para determinar el tiempo que el sistema debió estar funcionando en cada cama (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tiempo a regar con el sistema de riego por goteo, basado en la evapotranspiración diaria (ETc) y el caudal del sistema en el cultivo de crisantemos, en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

Semana	ETc ^β	Volumen			Caudal L/min/cama			min/cama [§]		
	mm/día	m ³ /ha	m ³ /cama	L/cama	G1 ^α	G2	G3	G1	G2	G3
1	3.7	37.1	0.13	133.7	78.0	78.0	78.0	1.7	1.7	1.7
2	3.5	35.0	0.13	125.9	78.0	78.0	78.0	1.6	1.6	1.6
3	4.1	41.5	0.15	149.2	38.2	36.0	36.0	3.9	4.1	4.1
4	3.9	38.9	0.14	140.0	38.0	37.4	39.2	3.7	3.7	3.6
5	4.2	41.8	0.15	150.3	37.6	35.8	36.4	4.0	4.2	4.1
6	3.9	38.9	0.14	140.0	37.8	39.8	35.4	3.7	3.5	4.0
7	5.9	58.6	0.21	210.8	37.4	38.4	40.4	5.6	5.5	5.2
8	5.3	52.8	0.19	190.1	39.0	40.2	39.8	4.9	4.7	4.8
9	4.7	47.3	0.17	170.4	40.2	38.8	38.4	4.2	4.4	4.4
10	5.9	58.6	0.21	210.8	39.6	40.0	38.8	5.3	5.3	5.4

^β ETc: evapotranspiración del cultivo

^α G1: Goteo repetición uno; G2: Goteo repetición dos; G3: Goteo repetición tres

[§] Cama; 36 m² efectivos

2.5 ANÁLISIS FINANCIERO

Para determinar la rentabilidad de implementar el riego por goteo en las nuevas 3.0 ha se realizó un análisis comparativo de flujos de caja de los dos métodos de riego y para determinar si es rentable pasar del método convencional al método por goteo, en las áreas productivas ya existentes, se realizó un análisis de flujos de caja incrementales.

Para analizar la rentabilidad generada por el sistema de riego por goteo se tomó en cuenta los indicadores financieros: valor actual neto (VAN), que permite calcular el valor presente de los flujos de caja futuros, originados por la inversión, con una tasa de descuento del 15%, la cual representa el costo de oportunidad establecido por el productor, la tasa interna de retorno (TIR), que indica el porcentaje de rentabilidad del proyecto, el periodo de recuperación de la inversión (PRI), que indica en cuántos años recupero la inversión y la relación beneficio-costos (RB/C), que determina la utilidad obtenida por cada dólar invertido. Debido a que en algunos departamentos de Colombia se está empezando a cobrar cuotas de manejo del recurso agua para la agricultura, se realizaron cuatro flujos de caja comparativos: dos flujos sin tener en cuenta el valor del agua y dos flujos incluyendo el costo de dicho recurso y dos flujos incrementales: uno tomando en cuenta el valor del agua³ y el otro sin incluir su costo.

³ Se estableció una tasa de uso del recurso hídrico de US\$0.56/m³ según el Ministerio del Medio Ambiente, Colombia.

2.6 VARIABLES ANALIZADAS

2.6.1 Variables del método de riego

Volumen de riego. Se determinó sumando el volumen de agua aplicado semanalmente en ambos sistemas de riego.

Cantidad de agua en las plantas al momento de la cosecha. Se calculó multiplicando el peso total de exportación por hectárea con el porcentaje de humedad de las plantas.

Eficiencia de uso del agua (EUA). Se determinó el número de ramos producidos por cada milímetro de agua aplicado.

Variación del caudal. Se midió semanalmente el caudal de los emisores y se determinó su variación a lo largo del ciclo productivo.

Porcentaje de ETc aplicada. Se calculó la relación entre la lámina evapotranspirada y la lámina de riego aplicada en cada sistema. Se determinó:

$$\% \text{ ETc} = (\text{Lámina aplicada} \div \text{ETc}) \times 100 \quad [3]$$

Tiempo de bombeo. Se calculó sumando los tiempos de riego, extrapoliéndolos a una hectárea.

Mano de obra. Se determinó el número de regadores requeridos en cada sistema de riego, expresado en hombres/ha/ciclo.

2.6.2 Variables agronómicas

Las siguientes variables se midieron tomando en cuenta el 20% de la producción diaria en cada cama:

Grosor del tallo. Para la variedad Reagan Splendy, la longitud del tallo debe ser de 80 cm desde la parte superior de la flor principal hasta el inicio de la raíz. Para determinar el grosor del tallo se midió con un pie de rey el grosor a los 10 cm sobre el nivel de corte.

Peso de la planta. Cosechar plantas de mayor peso representa menos plantas por ramo, pues la exportación se da por peso. A mayor peso de las plantas, mayor producción de ramos. A la cosecha se pesó cada planta con una balanza.

Peso del ramo. Se multiplicó el peso de la planta por el número de plantas por ramo.

Flores por planta. A mayor número de flores en cada planta, mayor y mejor precio. Se determinó contando el número de flores por planta.

2.6.3 Variables productivas

Las siguientes variables se midieron tomando en cuenta el 20% de la producción diaria en cada cama:

Plantas por ramo. Se contaron los tallos que conforman cada ramo.

Flores por ramo. Un ramo con mayor número de flores tiene un mayor valor comercial. Se contaron las flores en cada ramo.

Las siguientes variables se midieron al final de la cosecha:

Ramos por hectárea. Se registró diariamente la producción de ramos exportables/cama. Al final de la cosecha, por sumatoria se calculó la producción total de ramos exportables extrapolados a 1.0 ha.

Peso exportable por hectárea. Se multiplicó el peso del ramo por el número de ramos/ha.

Tiempo a cosecha. Se estableció, desde el momento en que se cosecharon las primeras plantas, cinco días de cosecha para ambos sistemas; después de este periodo, las flores que quedaban en la cama fueron cosechadas para vender al mercado local. En los dos tratamientos, el tiempo a cosecha fue de de 69 días desde el momento de la siembra del esqueje, hasta cosechar la última flor.

2.6.4 Variables financieras

Costos. Se consultaron los costos fijos y variables, con los que se pudo realizar un análisis financiero para determinar con cual sistema se puede lograr una mayor rentabilidad.

Rentabilidad. Se comparó cual método de riego presentó mayor rentabilidad utilizando flujos de caja y los indicadores financieros: valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

2.7 TRATAMIENTOS

El estudio se realizó con tratamientos: riego por codo regando según la forma tradicional de la finca, la cual usa criterios establecidos en la producción comercial y el método por el sistema de riego por goteo tomando en cuenta la ETC. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones para un total de seis unidades experimentales. Una cama fue una unidad experimental.

2.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se utilizó para ver la significancia de los resultados fue un diseño completamente al azar (DCA) con dos tratamientos y tres repeticiones. La distribución de las camas se hizo de forma aleatoria (Anexo 5).

2.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados fueron analizados con el programa “Statistical Analysis System” (SAS), donde se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA) por el método GLM, una separación de medias por el método de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 EFECTO DEL MÉTODO DE RIEGO

3.1.1 Volumen aplicado en riego

Esta variable presentó una alta diferencia entre tratamientos ($P < 0.001$). Con goteo basado en la ETC se aplicaron $2,043 \text{ m}^3/\text{ha}$ de agua en el ciclo y con el sistema por codo regando de la forma tradicional $4,889 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Cuadro 4). El volumen aplicado en riego por goteo fue mayor al aplicado por Villalobos (1999), quien usó $1,400 \text{ m}^3/\text{ciclo}$ debido a que la evapotranspiración del lugar era menor que la del presente estudio.

3.1.2 Cantidad de agua en las plantas

Al final del ciclo productivo se tuvo un total de agua en la planta de $15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{ciclo}$ en ambos tratamientos (Cuadro 4). Esto se debe a que las plantas sólo absorben lo requerido para su crecimiento. Por lo tanto, el exceso de agua aplicado se pierde por lixiviación, evaporación o, en caso de un mal drenaje, por escorrentía (FAO 2002).

3.1.3 Eficiencia en el uso del agua

El tratamiento de goteo + ETC fue más eficiente en el uso del agua, ya que generó mayor número de ramos por hectárea por cada milímetro de agua aplicado (Cuadro 4). Los resultados concuerdan con los obtenidos por Rego (2009), quien indica que los métodos de riego que aplican la lámina de agua evapotranspirada incrementan la eficiencia en el uso del agua en un 45% en relación a métodos donde el agua se riega con criterio empírico.

Cuadro 4. Volumen de agua aplicado, cantidad de agua en las plantas y eficiencia en el uso de agua con relación al método de riego utilizado en el cultivo de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

Método de riego	Volumen aplicado m ³ /ha/ciclo	Agua en plantas		EUA ^a (Ramos/mm aplicado)
		kg /ha	m ³ /ha	
Goteo + ETc	2,043 ^{b§}	14,953	14.95	232 ^a
Riego por codo	4,889 ^a	14,975	14.97	150 ^b

^a EUA: Eficiencia de uso del agua; ETc: evapotranspiración del cultivo.

[§] Valores con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente (P≤0.05)

3.1.4 Variación del caudal

En la variación del caudal a lo largo del ciclo productivo hubo diferencias entre tratamientos. Las variaciones en el caudal del sistema de riego por goteo fueron mínimas (3.9%) en todo el ciclo productivo a partir de la tercera semana, pues las dos primeras semanas se regó con el sistema de poma. El caudal constante se debe al buen filtrado realizado, pues evitó obstrucciones de los goteros y la válvula reguladora de presión, que permitió una presión constante a la entrada del sistema y a los goteros, que sirven como reguladores de presión⁴. El sistema de riego por codo presentó mayor variación en todo el ciclo productivo con 14.1%. Este sistema no contó con reguladores de presión (Figura 1).

Las variaciones de caudal no deben sobrepasar el 10% para aplicar una lámina uniforme en toda el área regada (FAO 2008). El riego por goteo, al tener menor variación en el caudal, aplicó la lámina de riego de una forma más uniforme que el sistema de riego por codo.

⁴ Álvarez, Francisco. 2009. Encargado de la unidad de Maquinaria y Riego. Escuela Agrícola Panamericana. Comunicación personal.

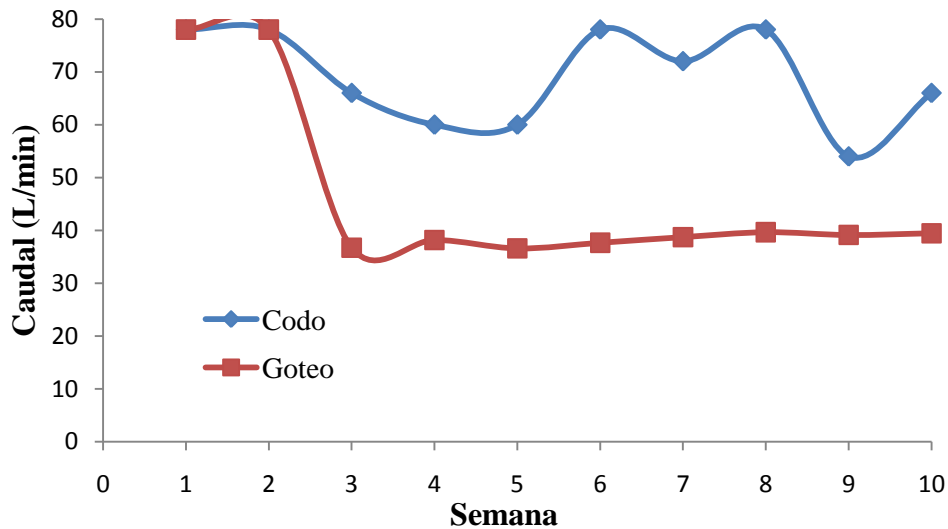


Figura 1. Variación del caudal a lo largo del ciclo productivo de dos sistemas de riego (goteo y codo), en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

3.1.5 Porcentaje de la ETc aplicada

Con el tratamiento goteo + ETc se regó el 100% de la ETc total (315.2 mm/ciclo) utilizando un volumen de 2,043 m³/ha. Sólo se regó en el área productiva, equivalente a 6,480 m²/ha. Con el método de riego por codo se regó 155% con relación a la ETc total, lo cual indica que se sobre-regó en un 55%, desperdiciando agua tanto dentro de las camas, como en partes no productivas (Cuadro 5).

3.1.6 Tiempo de bombeo.

El método de riego por goteo requirió menos horas de bombeo que el método por codo (Cuadro 5), ya que tuvo menos caudal que descargar. Esto representa un ahorro de energía de 707.6 KW/ha/ciclo en caso de trabajar con la bomba de 5 HP y de 283 KW/ha/ciclo con la de 2 HP.

3.1.7 Mano de obra.

Se determinó que con el método de riego por codo se necesitan nueve regadores en las 3.0 ha, mientras que por el método de goteo se necesita un sólo regador para toda el área (Cuadro 5).

Cuadro 5. Volumen, lámina y ETc aplicadas, tiempo de bombeo y mano de obra en dos métodos de riego en el cultivo de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

Método de Riego	Volumen (m ³ /ha/ciclo)	Lámina (mm/ciclo)	ETc ^a (%)	Tiempo de Bombeo (h/ha/ciclo)	Mano de obra (hombres/3 ha)
Goteo + ETc	2043 ^{b§}	315.1	100	136.2 ^b	1
Riego por codo ^a	4889 ^a	488.9	155	325.9 ^a	9

^a ETc: evapotranspiración del cultivo

[§] Valores con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente (P≤0.05)

3.2 VARIABLES AGRONÓMICAS

3.2.1 Grosor del tallo.

No hubo diferencia entre los tratamientos en el grosor del tallo (Cuadro 6). Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los rangos óptimos, pues tallos con grosores de 0.7 cm son ideales en la producción de crisantemos (Patiño Mejía 2005).

3.2.2 Peso de planta y peso del ramo.

Estas variables no presentaron diferencias entre los tratamientos (Cuadro 6). Estos resultados no concuerdan por los obtenidos por Villalobos (1999), quien mostró que el sistema de riego por goteo generó plantas y ramos de mayor peso. La diferencia se debe a que Villalobos utilizó frecuencias de riego mayores a las utilizadas en este estudio. Este principio se describe como la disponibilidad de agua en el suelo e indica que al tener frecuencias mayores de riego, se mantiene una humedad constante en el suelo, permitiendo una larga persistencia de tensiones disponibles para las plantas, con agua siempre aprovechable (FAO, 2005). Los pesos de los ramos obtenidos con ambos métodos se encuentran dentro del rango requerido para la exportación.

Cuadro 6. Grosor de tallo, peso de planta y peso del ramo de crisantemo utilizando dos métodos de riego en el cultivo de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

Método de riego	Grosor del tallo (cm)	Peso de planta (g)	Peso de ramo (g)
Goteo + ETc	0.70	34.6	276.5
Riego por codo	0.68	34.3	275.1
Coefficiente de variación	3.13	3.55	1.91

^aETc: evapotranspiración del cultivo

3.2.3 Flores por planta.

No hubo diferencia entre tratamientos. Con ambos sistemas se obtuvo seis flores por cada planta. Estos resultados concuerdan con los presentados tanto por Villalobos (1999) como por Patiño Mejía (2005), quienes indican que el sistema de riego utilizado no muestra diferencias entre el número de flores por tallo sino en el diámetro de las mismas.

3.3 VARIABLES DE PRODUCCIÓN

3.3.1 Plantas por ramo, flores por ramo.

No hubo diferencia entre tratamientos, pues con ambos métodos se lograron los pesos requeridos para exportación con ocho plantas por ramo y 48 flores en cada uno.

3.3.2 Ramos por hectárea y peso exportable.

Para estas variables no se presentó diferencia entre tratamientos (Cuadro 7). Los datos no concuerdan con los obtenidos por Villalobos (1999), quien mostró que los rendimientos en producción se incrementan al cambiar el sistema de riego manual a un sistema por goteo. La diferencia radica nuevamente en la frecuencia de riego utilizada.

Cuadro 7. Producción de ramos por hectárea y peso exportable por hectárea en el cultivo de crisantemos utilizando dos métodos de riego en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

Método de riego	Ramos/ha/ciclo	Peso exportable (kg/ha/ciclo)
Goteo + ETc ^β	73,080	20,207
Riego por codo	73,560	20,236
Coefficiente de variación	4.52	1.21

^β ETc: evapotranspiración del cultivo

3.4 ANÁLISIS FINANCIERO

3.4.1 Flujos comparativos sin incluir costo del agua

Al comparar los flujos de caja de ambos sistemas, sin incluir la cuota de manejo del agua, se pudo determinar que, aunque los dos sistemas son rentables, el sistema de riego por goteo genera una mayor rentabilidad para la finca, presentando mejores indicadores financieros.

Sin tener en cuenta el valor del recurso agua, el sistema de riego por goteo presentó un VAN (15%) de US\$285,505, comparándolo con US\$234,743 que tuvo el sistema convencional. De igual forma la TIR del sistema de riego por goteo (37%) fue mayor que en el sistema convencional (33%). Con el sistema de riego por goteo se recupera más rápido la inversión (2.05 años) que con el sistema de riego por codo (2.20 años). La relación beneficio/costo fue favorable para el riego por goteo, generando una utilidad de US\$1.51 por cada dólar invertido, mientras que con el método por codo la utilidad es de US\$0.62 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Indicadores económicos de los flujos de caja comparativos, sin incluir costo del agua, con dos métodos de riego (goteo y codo) para instalar 3.0 ha de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

Método de riego	VAN ^a (US\$)	TIR (%)	PRI (años)	RB/C
Goteo + ETc ^b	285,505	37	2.05	2.51
Riego por codo	234,743	33	2.20	1.62

^aVAN (15%): Valor actual neto; TIR: Tasa interna de retorno; PRI: Periodo de recuperación de la inversión; RB/C: Relación beneficio/costo.

^bETc: evapotranspiración del cultivo.

3.4.2 Flujos comparativos incluyendo costo del agua

Se determinó que, aunque los sistemas generan una buena rentabilidad al productor, el sistema de riego por goteo se muestra como la alternativa más rentable. Al incluir el costo del agua, el mayor beneficio se obtuvo con riego por goteo, pues consiguió ahorros significativos en el uso de dicho recurso. Las cuentas administrativas que presentaron ahorros en el método por goteo fueron: Electricidad por bombeo, Mano de obra y tasa de utilización del recurso agua.

Al momento de incluir el costo del agua, el método de riego por goteo presenta ahorros de US\$8,448 por año por el uso de dicho recurso. El VAN del método por goteo superó al obtenido por el método convencional en US\$76,058. De igual forma se puede observar como, al incluir el costo del recurso hídrico, la rentabilidad del proyecto aumenta en un 7%, según la TIR. El periodo de recuperación de la inversión (PRI), sigue siendo menor para el sistema por goteo (2.10) comparándolo con el del sistema convencional (2.42). Según la RB/C, por cada dólar invertido en método por goteo, se generaría una utilidad de US\$1.46 y con el método por codo US\$0.50, indicando que sigue siendo mas rentable el método de riego tecnificado (Cuadro 9).

Cuadro 9. Indicadores económicos de los flujos de caja comparativos, incluyendo costo del agua, con dos métodos de riego (goteo y codo) para instalar 3.0 ha de crisantemos en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia

Método de riego	VAN ^a (US\$)	TIR (%)	PRI (años)	RB/C
Goteo + ETc ^b	267,691	36	2.10	2.46
Riego por codo	191,633	29	2.42	1.50

^aVAN (15%): Valor actual neto; TIR: Tasa interna de retorno; PRI: Periodo de recuperación de la inversión; RB/C: Relación beneficio/costo

^bETc: evapotranspiración del cultivo.

3.4.3 Flujo de caja incremental con y sin costo del agua

El flujo de caja incremental indica que para el área de producción ya establecida, es más rentable cambiar el sistema de riego utilizado por riego por goteo. Incluyendo la inversión extra en la que incurriría el productor, por valor de US\$10,000 en las 3.0 ha, se obtiene un VAN de US\$16,111.00, lo que indica mayores ganancias (Anexo 6). Si se decide cobrar una tasa por el uso del recurso agua en el departamento de Antioquia, el cambio del sistema de riego convencional por un sistema de riego por goteo generaría mayor rentabilidad, presentando un VAN de US\$40,182 (Anexo 7). El cobro del agua aumentó el resultado en VAN en US\$24,071.

4. CONCLUSIONES

- El método de riego por goteo fue mejor en ahorro de agua y rentabilidad que el método de riego tradicional por codo. En producción no hubo diferencias.
- Con el método de riego por goteo tomando en cuenta la ETC se logró un ahorro de agua del 58.2% comparado con el sistema de riego tradicional de la finca (riego por codo).
- El método de riego por goteo fue más eficiente en el uso del agua en un 54% en relación al método de riego por codo.
- Las variaciones en el caudal del sistema por codo no permiten realizar un plan de riego para crisantemos, mientras que el sistema por goteo sí lo permite.
- Sin incluir el fertirriego, con el método por goteo y el método por codo, se obtuvo la misma producción exportable.
- Para el área ya establecida, en caso de no cobrar el agua, el cambio al sistema de riego por goteo resulta US\$16,111 más rentable que el permanecer regando de la forma convencional, y en caso de cobrar dicho recurso, la rentabilidad aumenta en US\$40,182.
- Para el establecimiento de las nuevas 3.0 ha, en caso de no cobrar el uso del agua, el sistema de riego por goteo es 4% más rentable en relación al sistema de por codo y en caso de cobrar dicho recurso, la rentabilidad incrementa en un 7%.

5. RECOMENDACIONES

- En el área ya establecida, cambiar el sistema de riego tradicional por el sistema de riego por goteo.
- Al momento de invertir en el nuevo proyecto, establecer desde un principio el sistema de riego por goteo.
- Analizar financieramente el efecto de la frecuencia de riego usando un sistema de riego por goteo.
- Hacer estudios posteriores a la cosecha donde se determine la vida útil de los ramos, tomando en cuenta el efecto del sistema de riego usado durante la producción.
- Determinar variables como diámetro de la flor, uniformidad de la cosecha midiendo el largo de los tallos y el tiempo a cosecha, tomando en cuenta los sistemas de riego usados.
- Implementar el fertirriego en el sistema de riego por goteo y comparar los beneficios en rendimiento contra los obtenidos con fertilizaciones manuales y sistemas de riego convencionales.

6. LITERATURA CITADA

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2002. Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. FAO irrigation and drainage paper 61.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal. El significado de la porosidad del suelo. 111 p

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio 56 riego y drenaje. 277 p

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2008. Agua y cultivos: logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. 28 p

Herreros, L. 1995. El cultivo del Crisantemo. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). Gobierno de Canarias. Segunda edición. España.

ICA (Instituto colombiano de Agricultura, COL). 2008. Boletines. ICA declara a Antioquia libre de roya blanca en crisantemo. Medellín, Colombia.

Larson, R. 1988. Introducción a la floricultura. Departamento de Ciencias Hortícolas de la universidad del estado de Carolina del Norte, Raleigh, Carolina del Norte. 551 p

Patiño Mejía L. 2005. Evaluación de la aplicación de hierro y manganeso en la eliminación de puntos necróticos en crisantemo (*Dendrathera grandiflorum* Kitamura) en Antioquia, Colombia

Pizano, M. 1997. Floricultura y medio ambiente: La experiencia colombiana. Ediciones HortiTécnia Ltda. Santafé de Bogota, D.C., Colombia. 328 p

Reguerín, A. Lacaze, A. Rodríguez, A. 2001. Flujo de fluidos y balance de energía: Redes de tuberías. Cochabamba. Ecuador. P 10

Rego, J. 2009. Produtividade de crisântemo em função de níveis de irrigação. Horticultura Brasileira. Vol. 27. 18 p

Restrepo, F. 2007. Agenda interna para la productividad y competitividad, documento regional Antioquia. Bogotá, Colombia.

Stevens, A.1998. Field grown cut flowers. Avatar's World. Wisconsin Department of Agriculture. United States. 392 p

Villalobos, R. 1999. Efecto de la frecuencia de riego por goteo en la producción y calidad de pompón, *Dendranthema grandiflora*, Bajo invernadero en la sabana de Bogotá. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia. 54 p

7. ANEXOS

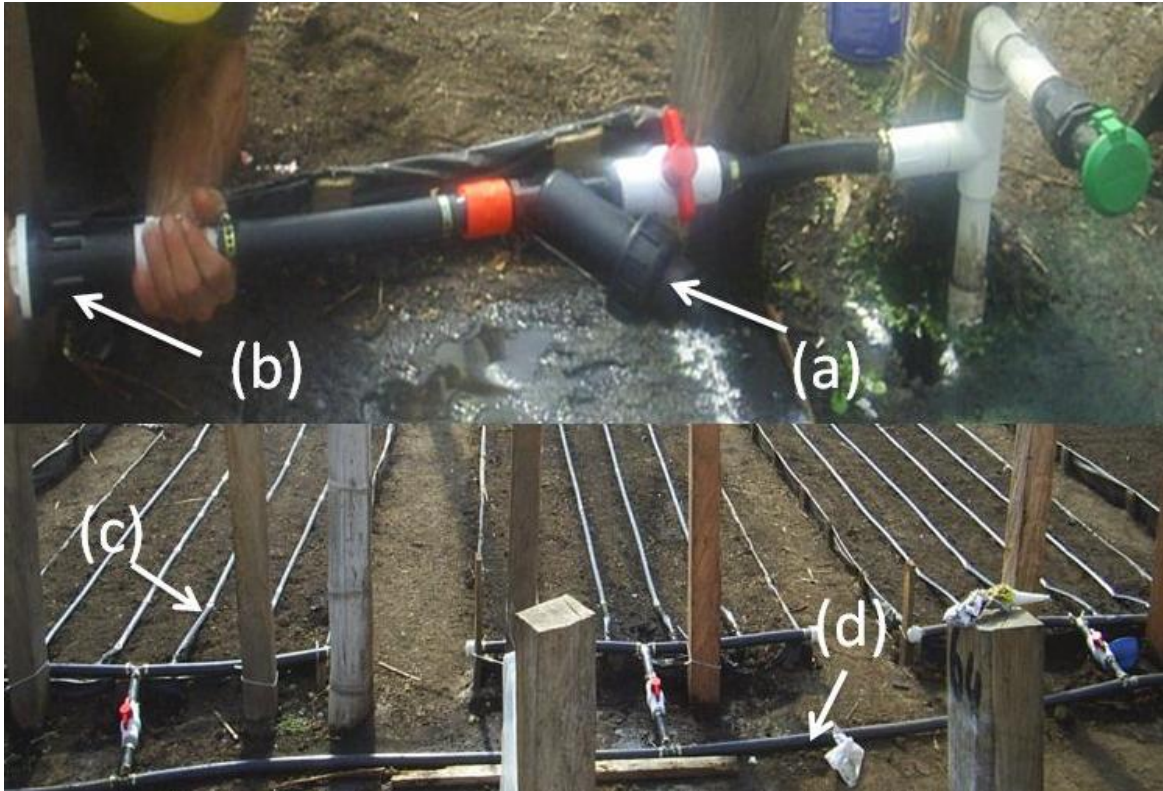
Anexo 1. Sistema de riego por poma en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.



Anexo 2. Sistema de riego por codo (sistema convencional) en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.

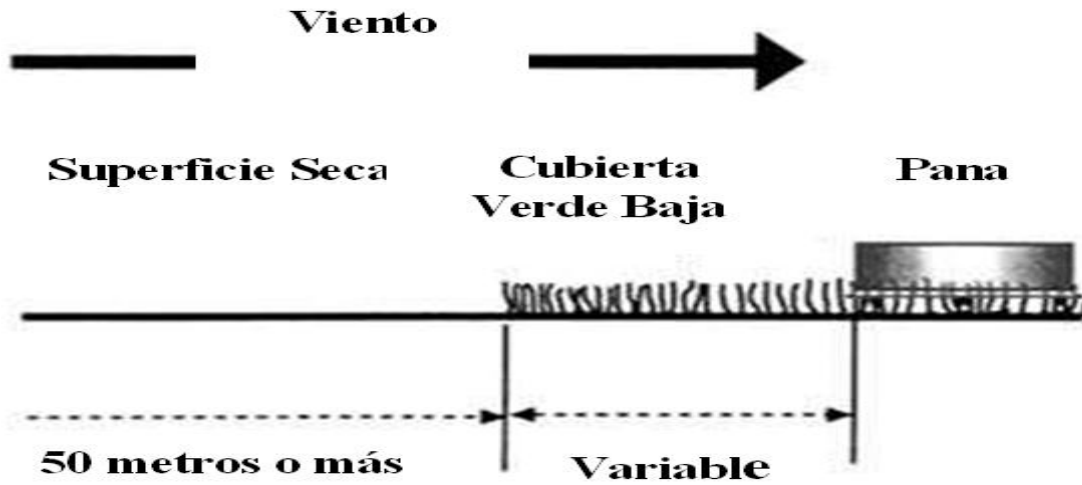


Anexo 3. Componentes del sistema de riego por goteo en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia.



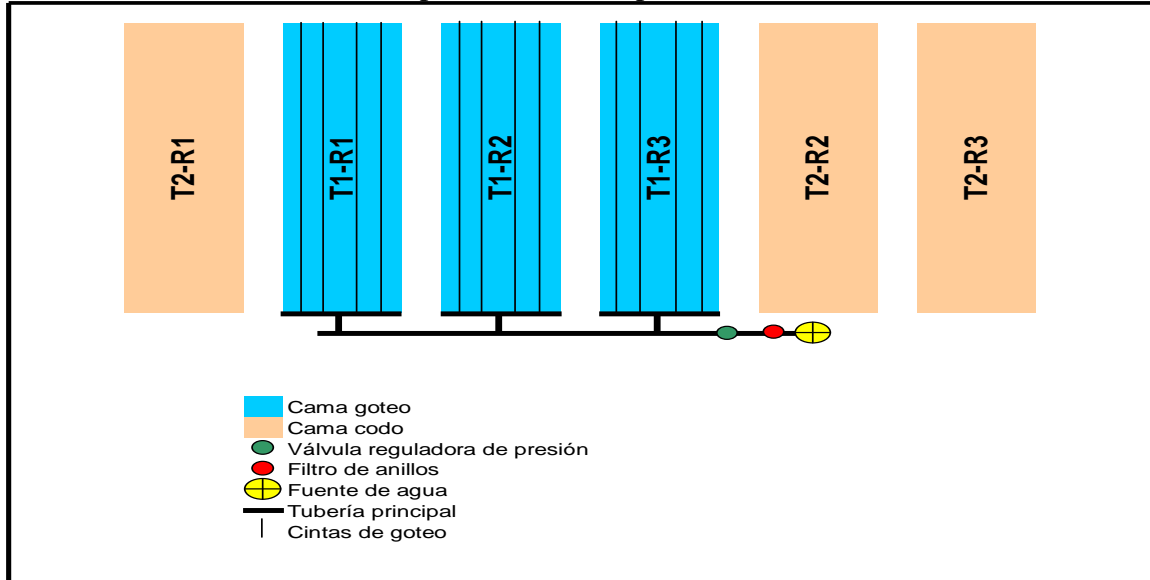
3(a): Filtro de anillos; 3(b): válvula reguladora de presión a 10 PSI; 3(c): cintas de goteo; 3(d): tubería de polipropileno de 2.54 cm de diámetro.

Anexo 4. Coeficiente de la pana (Kp) para la pana de superficie verde baja (Método de la FAO, 2006)



Velocidad del viento (km/día)	Distancia a barlovento de la cubierta verde baja (m)	Coeficiente de la pana (Kp)			
		HR Baja < 40%	HR Media 40 - 70%	HR Alta > 70%	
Débiles	< 175	1	0.55	0.65	0.75
		10	0.65	0.75	0.85
		100	0.70	0.80	0.85
		1000	0.75	0.85	0.85
Moderados	175 - 425	1	0.50	0.60	0.65
		10	0.60	0.70	0.75
		100	0.65	0.75	0.80
		1000	0.70	0.80	0.80
Fuertes	425 - 700	1	0.45	0.50	0.60
		10	0.55	0.60	0.65
		100	0.60	0.65	0.70
		1000	0.65	0.70	0.75
Muy fuertes	> 700	1	0.40	0.45	0.50
		10	0.45	0.55	0.60
		100	0.50	0.60	0.65
		1000	0.55	0.60	0.65

Anexo 5. Distribución de camas para el diseño experimental



Anexo 6. Flujo de caja incremental sin incluir costo del agua, para la implementación de un sistema de riego por goteo en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha).

Diferencia en cuentas	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	-10,000					
Variación en ingresos		-5,792	-6,082	-6,386	-6,705	-7,040
Ahorro en electricidad por bombeo		1,075	1,129	1,185	1,244	1,307
Ahorro en mano de obra por riego		19,500	20,475	21,499	22,574	23,702
Variación por depreciación		-2,000	-2,000	-2,000	-2,000	-2,000
Reposición de cintas		-8,029	-8,430	-8,852	-9,294	
Utilidades antes de impuestos		4,754	5,092	5,447	5,819	15,969
Impuestos 15%		713	764	817	873	2,395
Utilidad neta después de impuestos		4,041	4,328	4,630	4,946	13,573
Variación por depreciación		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Flujo neto de efectivo	-10,000	6,041	6,328	6,630	6,946	15,573
VAN (15%)		16,111				

Anexo 7. Flujo de caja incremental incluyendo costo del agua, para la implementación de un sistema de riego por goteo en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha).

Diferencia en cuentas	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	-10,000					
Variación en ingresos		-5,792	-6,082	-6,386	-6,705	-7,040
Ahorro en electricidad por bombeo		1,075	1,129	1,185	1,244	1,307
Ahorro en mano de obra por riego		19,500	20,475	21,499	22,574	23,702
Ahorro en consumo de agua		8,448	8,448	8,448	8,448	8,448
Variación por depreciación		-2,000	-2,000	-2,000	-2,000	-2,000
Reposición de cintas		-8,029	-8,430	-8,852	-9,294	
Utilidades antes de impuestos		13,202	13,540	13,894	14,267	24,417
Impuestos 15%		1,980	2,031	2,084	2,140	3,662
Utilidad neta después de impuestos		11,222	11,509	11,810	12,127	20,754
Variación por depreciación		2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Flujo neto de efectivo	-10,000	13,222	13,509	13,810	14,127	22,754
VAN (15%)		40,182				

Anexo 8. Flujo de caja comparativo de la implementación de un sistema de riego por goteo sin incluir costo del agua en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha).

Ingresos (0 a 5 años)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	-262,690					
Capital de trabajo	-282,940					
Número de ramos cosechados		1140,048	1140,048	1140,048	1140,048	1140,048
Precio por ramo al productor		0.98	1.01	1.06	1.10	1.16
Ingresos por venta		1117,247	1151,448	1208,451	1254,053	1322,456
Ingresos por rescate de mangueras		1,529	1,606	1,686	1,770	1,859
Ahorro en electricidad por bombeo		1,075	1,129	1,185	1,244	1,307
Ahorro en mano de obra por riego		29,250	30,713	32,248	33,861	35,554
Total ingresos		1149,101	1184,895	1243,570	1290,928	1361,175
Egresos						
Materia prima y suministros		780,000	800,000	817,000	822,000	835,000
Gastos administrativos		25,000	27,000	28,000	30,000	33,000
Mano de obra		58,500	61,425	64,497	67,000	72,000
Reposición de cintas		8,029	8,430	8,852	9,294	
Gastos de venta		33,199	35,125	40,506	43,196	48,221
Imprevistos		6,454	7,217	7,875	8,592	12,374
Gastos en reposición de materiales		100,000	103,000	106,000	107,000	110,000
Depreciación		52,538	52,538	52,538	52,538	52,538
Total Egresos		1063,720	1094,735	1125,268	1139,620	1163,133
Utilidad antes de impuestos		85,382	90,160	118,303	151,308	198,042
Impuesto sobre la renta al 15%		12,807	13,524	17,745	22,696	29,706
Utilidad Neta		72,574	76,636	100,557	128,612	168,335
Más subsidio del gobierno	169,948					
Depreciación (+)		52,538	52,538	52,538	52,538	52,538
Capital de trabajo (+)						282,940
Valor de rescate						11,000
Total egresos		-1063,720	-1094,735	-1125,268	-1139,620	-1163,133
Flujo anual	-375,682	125,112	129,174	153,095	181,150	503,813
VAN (15%)	285,505					
TIR	37%					
PRI	2.05					
Beneficio/costo	2.52					

Anexo 9. Flujo de caja comparativo de la implementación de un sistema de riego por goteo incluyendo costo del agua en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha).

Ingresos (0 a 5 años)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	-262,690					
Capital de trabajo	-284,656					
Número de ramos cosechados		1140,048	1140,048	1140,048	1140,048	1140,048
Precio por ramo al productor		0.98	1.01	1.06	1.10	1.16
Ingresos por venta		1117,247	1151,448	1208,451	1254,053	1322,456
Ingresos por rescate de mangueras		1,529	1,606	1,686	1,770	1,859
Ahorro en electricidad por bombeo		1,075	1,129	1,185	1,244	1,307
Ahorro en mano de obra por riego		29,250	30,713	32,248	33,861	35,554
Total ingresos		1149,101	1184,895	1243,570	1290,928	1361,175
Egresos						
Materia prima y suministros		780,000	800,000	817,000	822,000	835,000
Gastos administrativos		25,000	27,000	28,000	30,000	33,000
Gasto por utilización del recurso agua		5,949.21	5,949.21	5,949.21	5,949.21	5,949.21
Mano de obra		58,500	61,425	64,497	67,000	72,000
Reposición de cintas		8,029	8,430	8,852	9,294	
Gastos de venta		33,199	35,125	40,506	43,196	48,221
Imprevistos		6,454	7,217	7,875	8,592	12,374
Gastos en reposición de materiales		100,000	103,000	106,000	107,000	110,000
Depreciación		52,538	52,538	52,538	52,538	52,538
Total Egresos		1069,669	1100,684	1131,217	1145,569	1169,082
Utilidad antes de impuestos		79,432	84,211	112,353	145,359	192,093
Impuesto sobre la renta al 15%		11,915	12,632	16,853	21,804	28,814
Utilidad Neta		67,518	71,579	95,500	123,555	163,279
Más subsidio del gobierno	169,948					
Depreciación (+)		52,538	52,538	52,538	52,538	52,538
Capital de trabajo (+)						284,656
Valor de rescate						11,000
Total egresos		-1069,669	-1100,684	-1131,217	-1145,569	-1169,082
Flujo anual	-377,398	120,055	124,117	148,038	176,093	500,472
VAN (15%)						
TIR	267,691					
PRI	36%					
Beneficio/costo	2.1					
	2.46					

Anexo 10. Flujo de caja comparativo de la implementación de un sistema de riego por codo sin incluir costo del agua en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha).

Ingresos (0 a 5 años)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	-252,690					
Capital de trabajo	-289,371					
Número de ramos cosechados		1147,518	1147,518	1147,518	1147,518	1147,518
Precio por ramo al productor		0.98	1.01	1.06	1.10	1.16
Ingresos por venta		1124,568	1158,993	1216,369	1262,270	1331,121
Total ingresos		1124,568	1158,993	1216,369	1262,270	1331,121
Egresos						
Materia prima y suministros		780,000	800,000	817,000	822,000	835,000
Gastos administrativos		25,000	27,000	28,000	30,000	33,000
Mano de obra		58,500	61,425	64,497	67,000	72,000
Gastos de venta		33,199	35,125	40,506	43,196	48,221
Imprevistos		6,454	7,217	7,875	8,592	12,374
Gastos en reposición de materiales		100,000	103,000	106,000	107,000	110,000
Depreciación		50,538	50,538	50,538	50,538	50,538
Total Egresos		1053,691	1084,305	1114,416	1128,326	1161,133
Utilidad antes de impuestos		70,877	74,688	101,953	133,944	169,988
Impuesto sobre la renta al 15%		10,631	11,203	15,293	20,092	25,498
Utilidad Neta		60,245	63,485	86,660	113,852	144,490
Más subsidio del gobierno	164,249					
Depreciación (+)		50,538	50,538	50,538	50,538	50,538
Capital de trabajo (+)						289,371
Valor de rescate						10,000
Total egresos		-1053,691	-1084,305	-1114,416	-1128,326	-1161,133
Flujo anual	-377,812	110,783	114,023	137,198	164,390	494,399
Indicadores						
VAN (15%)	234,743					
TIR	33%					
PRI	2.2					
Beneficio/costo	1.62					

Anexo 11. Flujo de caja comparativo de la implementación de un sistema de riego por codo incluyendo costo del agua en la finca Los Silos, Antioquia, Colombia (US\$/3ha).

Ingresos (0 a 5 años)	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	-252,690					
Capital de trabajo	-293,524					
Número de ramos cosechados		1147,518	1147,518	1147,518	1147,518	1147,518
Precio por ramo al productor		0.98	1.01	1.06	1.10	1.16
Ingresos por venta		1124,568	1158,993	1216,369	1262,270	1331,121
Total ingresos		1124,568	1158,993	1216,369	1262,270	1331,121
Egresos						
Materia prima y suministros		780,000	800,000	817,000	822,000	835,000
Gasto por utilización del recurso agua		14,397	14,397	14,397	14,397	14,397
Gastos administrativos		25,000	27,000	28,000	30,000	33,000
Mano de obra		58,500	61,425	64,497	67,000	72,000
Gastos de venta		33,199	35,125	40,506	43,196	48,221
Imprevistos		6,454	7,217	7,875	8,592	12,374
Gastos en reposición de materiales		100,000	103,000	106,000	107,000	110,000
Depreciación		50,538	50,538	50,538	50,538	50,538
Total Egresos		1068,088	1098,702	1128,813	1142,723	1175,530
Utilidad antes de impuestos		56,480	60,291	87,556	119,547	155,591
Impuesto sobre la renta 15%		8,472	9,044	13,133	17,932	23,339
Utilidad Neta		48,008	51,248	74,423	101,615	132,252
Más subsidio del gobierno	164,249					
Depreciación (+)		50,538	50,538	50,538	50,538	50,538
Capital de trabajo (+)						293,524
Valor de rescate						10,000
Total egresos		-1068,088	-1098,702	-1128,813	-1142,723	-1175,530
Flujo anual	-381,965	98,546	101,786	124,961	152,153	486,314
VAN (15%)						
	191,633					
TIR	29%					
PRI	2.42					
Beneficio/costo	1.50					