DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA DE FERTI-RIEGO IMPLEMENTADO EN LA FINCA FLORES DE TENJO PARA EL MANEJO DEL CULTIVO DE ROSA VAR. WHITE

HILARY DAHIANA LLANOS MEJIA

TRABAJO DE OPCIÓN DE GRADO

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
EXTENSIÓN FACATATIVÁ
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASANTÍA - II PA 2020

DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL SISTEMA DE FERTI-RIEGO IMPLEMENTADO EN LA FINCA FLORES DE TENJO PARA EL MANEJO DEL CULTIVO DE ROSA VAR. WHITE

DIEGO ALEXANDER HERNÁNDEZ CONTRERAS, MSc.

Tutor del trabajo de grado

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
EXTENSIÓN FACATATIVÁ
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASANTÍA
II PA 2020

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 5
ABSTRACT 6
INTRODUCCIÓN 7
OBJETIVOS 9
OBJETIVO GENERAL 9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9
MARCO TEÓRICO 10
Rosa sp – (Rosaceae) 10
Características Morfológicas 10
Fenología Del Cultivo 10
Requerimientos Del Cultivo de Rosa 10
Conductividad Eléctrica (dS m-1) 11
RIEGO 11
EFICIENCIA (η) 12
Relación de transpiración (RT) 12
Coeficiente de uniformidad del gotero (CU) 13
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV) 13
NECESIDAD DE AGUA 15
Lamina de riego 15
DISEÑO METODOLÓGICO 16
Sitio de estudio 16
Material vegetal 16
Riego 16
Investigación 16
Fechas analizadas 18
Variables a evaluar 18
Lámina a regar 18

Eficiencia de riego 19
Variabilidad de las propiedades químicas 20
ANÁLISIS DE RESULTADOS 21
LÁMINA DE RIEGO CALCULADA 21
COMPARACIÓN DE LÁMINA DE AGUA 22
EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO 22
Coeficiente de uniformidad 22
Coeficiente de variación (CV) 23
Eficiencia 24
COMPORTAMIENTO DE PH Y EC 25
Promedio y desviación estándar 25
CONCLUSIONES 27
RECOMENDACIONES 28
BIBLIOGRAFÍA 31

RESUMEN EJECUTIVO

El gremio floricultor es uno de los más importantes en Colombia, debido a que gestiona una actividad productiva dinámica que ha estado en constante crecimiento en las últimas décadas, generando grandes aportes a la economía nacional con la masiva generación de empleos. Por lo tanto, determinar el requerimiento de agua y el momento adecuado de riego en los cultivos de flores, es un factor fundamental para aumentar la productividad, disminuir pérdidas y lograr una distribución homogénea del recurso hídrico. El presente trabajo tiene como objetivo determinar la efectividad del sistema de ferti-riego implementado en la finca Flores de Tenjo para el manejo del cultivo de *Rosa* sp var. White, mediante el análisis de la lámina de riego, pH, conductividad eléctrica y aforos realizados durante el primer semestre de 2020. Con el cálculo de la lámina de riego para el cultivo se encontró que esta fluctúa según la etapa fenológica del mismo, mostrando que en la finca “Flores de Tenjo” aplican una lámina menor a la requerida en la etapa producción, siendo menor hasta 35,3 L de agua, además, se determinó que la eficiencia de uniformidad de las líneas de riego evaluadas se encuentra en 15.16%, valor muy por debajo de lo considerado para un sistema de riego por goteo que es de 90 a 95%. Se identificó que el promedio de la uniformidad de riego es de 16,8% valor clasificado como inaceptable, por último, se pudo determinar que el pH y EC no variaron en el primer semestre del año 2020 estando dentro de los rangos óptimos para el manejo agronómico del cultivo de rosa. Se concluye que es necesario realizar actividades correctivas en cuanto la presión de trabajo de las bombas de riego, mantenimiento de mangueras y aumento en la lámina de riego para garantizar la eficiencia del sistema.

Palabras claves: Fenología, lámina de riego, eficiencia, pH y EC.

ABSTRACT

The floricultural union is one of the most important in Colombia, because it is a dynamic activity that has been in constant growth in recent decades, generating great contributions to the national economy with the massive generation of jobs, therefore, to determine the suitable amount of water and the appropriate time of irrigation, is a fundamental factor to increase productivity, reduce losses and achieve a homogeneous distribution of the water resource in the cultivation of flowers, the present work aims to determine the effectiveness of the system of ferti-irrigation implemented in the Flores de Tenjo farm for the management of the *Rosa* sp var. White, through the analysis of the irrigation sheet, pH, electrical conductivity and gauges made during the first semester of 2020. With the calculation of the irrigation sheet for the crop it was found that it fluctuates according to the phenological stage of the same, showing that in the Flores de Tenjo farm a smaller sheet is applied than that is required in the production stage, with a difference of up to 35.3 L of water, in addition, it was determined that the efficiency of the irrigation system is 15.16%, a very low value of that considered for a drip irrigation system that is 90 to 95%, it was also known that the average irrigation uniformity is 16.8%, a value classified as unacceptable, finally, it was possible to know that the pH and EC did not vary in the first semester of the year, being within the optimal ranges for the agronomic management of the rose crop. It is concluded that it is necessary to carry out corrective activities in terms of the working pressure of the irrigation pumps, maintenance of hoses and increase in the irrigation sheet to guarantee the efficiency of the system.

Keywords: Phenology, drippers, irrigation sheet, efficiency, pH and EC.

INTRODUCCIÓN

El gremio floricultor es uno de los más importantes en la agroindustria de Colombia y posibilita una actividad productiva dinámica que ha estado en constante crecimiento en las últimas décadas, generando grandes aportes a la economía nacional lo que se ve reflejado en el PIB y en la masiva generación de empleos; como lo indica Valencia (2016) con aproximadamente 130.000 empleos en su mayoría mano de obra no calificada, se benefician numerosas familias principalmente a mujeres cabeza de hogar. La floricultura se concentra en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Risaralda y Córdoba, con 7500 hectáreas sembradas en todo el país según Cárdenas y Rodríguez (2011), además, ha logrado posicionarse en el mercado internacional, siendo Colombia el segundo país exportador a nivel mundial y las flores el primer producto colombiano de exportación (Manrique *et al.*, 2015)

Según Valencia (2016) el cultivo de rosas presenta la mayor área sembrada por especie de flores, con aproximadamente 2465 hectáreas, siendo la especie con mayor especialización y explotación del sector floricultor colombiano, ésta domina el mercado americano con una participación mayor del 60% estando por encima de Holanda y Ecuador, siendo comercializada con mayor volumen en fechas importantes como San Valentín y día de Madres.

Uno de los ítems más importantes en el manejo agronómico del cultivo de Rosa sp es el manejo integrado de riego y fertilización (MIRFE), debido a esto, es necesario evaluar la eficiencia del sistema de riego para mejorar la aplicación de la lámina de agua, permitiendo que el cultivo exprese su máximo potencial productivo, por lo tanto, es fundamental realizar los cálculos de la lámina de riego que permitan conocer la cantidad de agua requerida por el cultivo, además, se hace indispensable evaluar la descarga de los goteros del sistema de manera periódica, esto con el fin de garantizar la uniformidad de las aplicaciones en todo el cultivo, evitando condiciones poco favorables para la producción

Debido a la problemática de las fluentes hídricas como recurso natural no renovable, a su continua explotación según (Díaz, 2014) y la importancia del sector floricultor en la economía colombiana como lo menciona (Manrique et at 2015), es necesario optimizar la utilización en los recursos en los sistemas productivos con el fin de generar mayor rentabilidad del sistema como lo afirma (Arévalo *et al*., 2013). Por lo tanto, el requerimiento de agua y el momento adecuado de riego, es un factor fundamental para aumentar la productividad, disminuir pérdidas y lograr una distribución homogénea del recurso hídrico en el cultivo de flores (Valencia, 2016). Realizar una buena programación de riego es compensar la evapotranspiración y el déficit de humedad del suelo de forma eficiente reduciendo el suministro de agua sin afectar el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales, lo que se verá reflejado en la calidad y productividad del cultivo (Valencia, 2016). Dicha programación se logra cuando se estima con

exactitud la capacidad de campo y la lámina diaria evapotranspirada (Álvarez, 2011).

Contextualizado, tal como lo indica Luna *et al*., (2012) al existir déficit hídrico se retrasa el desarrollo y productividad de las plantas generando marchitez, cierre de estomas, exceso de transpiración, disminución de la actividad fotosintética y perdida de turgencia en los tejidos. Por otra parte, según (Álvarez, 2011) en cuanto al crecimiento se presenta reducción en el área foliar, altura, tallo, sistema radicular, peso foliar específico y biomasa de la planta debido a la ausencia de agua y a que se limita la absorción de los nutrientes sin importar su disponibilidad en el suelo, lo que puede ocasionar hasta la muerte de la planta, por ello, el suministro del recurso hídrico juega un papel significativo. Sin embargo, según Cruz et al., (2012) el exceso de agua en el suelo también llega a ser perjudicial, ya que se reduce la aireación y se genera un desarrollo vegetativo anormal, destacándose caída de las hojas, senescencia y pudrición de raíces

En la producción masiva de flores es posible encontrar algunos productores que no tienen en cuenta la relación suelo-planta-clima tal como lo indica Esmeral (2011) debido a que le dan prioridad a los problemas fitosanitarios y labores culturales, descuidando la importancia del suministro óptimo de agua, de acuerdo el estado fenológico de las plantas para generar una respuesta positiva en cuanto a la absorción de nutrientes. Arévalo (2011) menciona que se pueden encontrar sistemas productivos no acordes a los parámetros técnicos ideales, puesto que, se realizan aplicaciones de láminas sin tener en cuenta, las condiciones de clima, el estado de humedad del suelo y estado fenológico del cultivo, lo que conlleva a pérdidas de agua, lavado de nutrientes y contaminación de niveles freáticos, particularmente cuando el riego es fertilizado. Así mismo Cabrera *et al.,* (2017) catalogan el cultivo de rosas como el sistema agrícola más productivo, gracias a su funcionamiento fisiológico que permite programaciones de acuerdo a la demanda del mercado y responde fácilmente a los cambios de nutrición, pero a la vez, es un sistema proactivo potencialmente contaminante del ecosistema por su alto requerimiento de recurso hídrico y nutrientes, baja eficiencia de uso de los minerales y alta residualita como lixiviado de N, P y otros minerales que terminan en las aguas superficiales y subterráneas.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se puede inferir que algunos sistemas productores de rosas realizan la programación de riego de forma convencional, por lo tanto, no garantizan aplicación óptima y oportuna; por ello se pretende determinar la efectividad del sistema de ferti-riego implementado en la finca Flores de Tenjo para el manejo del cultivo de *Rosa* sp var. White.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar la efectividad del sistema de ferti-riego implementado en la finca Flores de Tenjo para el manejo del cultivo de rosa var. White.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar la lámina de riego teórica requerida por el cultivo de rosa var. White durante el primer semestre del año 2020 con base a la etapa fenológica y el clima.

- Comparar la lámina de riego calculada con respecto a la lámina de agua suministrada en la finca Flores de Tenjo durante los primeros seis meses del año 2020.

- Validar la eficiencia de uniformidad de la manguera de goteo instalada, mediante el análisis de la ficha técnica y aforos realizados durante el primer semestre del año.

- Caracterizar el comportamiento de los parámetros químicos (pH y conductividad electrónica) del ferti-riego en los primeros 6 meses del año 2020.

MARCO TEÓRICO

Rosa sp – (Rosaceae)

- ✓ **Características Morfológicas**

Las rosas son plantas arbustivas y leñosas, depende de la especie y variedad pueden ser caducas o perennes (wu, 2016). Posee tallo circular, verde y con abundantes espinas de color marrón cuando son jóvenes, mientras que con pocas espinas cuando son ramas viejas o maduras (Lanchimba, 2013). Presenta hojas pinnadas, compuestas por un número impar de foliolos, normalmente 5, anchos ovalados y dentados, con las nervaduras sobresalientes en el envés (Tomljenović & Pejić, 2018). Los brotes son de color morado o rojizas que poco a poco se tornan de color verdes y con brillo (Yong, 2004)

Arzate et al (2014) indica que sus flores son grandes y vistosas, comúnmente solitarias o agrupadas en inflorescencias terminales, dependiendo de la variedad. generalmente aromáticas, completas y hermafroditas (androceo y gineceo juntos).

- ✓ **Fenología Del Cultivo**

El ciclo de vida de un tallo de rosa oscila entre 10 a 11 semanas (Cañar, 2016); según Reyes (2016) la mitad de este periodo es de crecimiento vegetativo y la otra mitad, reproductivo; el periodo vegetativo se compone de inducción del brote y desarrollo del tallo floral, mientras, el periodo reproductivo inicia con la inducción del botón floral coincidiendo con una variación del color de las hojas y del tallo. El punto de corte, es aquel en que la flor llega a un punto de apertura comercial, más no fisiológica (Taco, 2018)

- ✓ **Requerimientos Del Cultivo de Rosa**

Reyes (2016) menciona que las plantas de rosa requieren humedad relativa de 80 a 90% durante el periodo de brotación de yemas y crecimiento de los brotes, con el fin de estimular el crecimiento de las estructuras, luego, es necesario rangos entre 70 y 75%, valores menores a 69% ocasionan deformación de brotes, disminución del área foliar, retraso de crecimiento de las hojas y tallos, entre otros problemas morfo-fisiológicos.

Cañar (2016) indica que el pH óptimo para un buen desarrollo y crecimiento de las plantas de rosa es de 5,5 a 6, mientras que la temperatura requerida oscila entre 17 a 25° C; temperaturas por debajo del rango mencionado provoca deformidad de pétalos, chatos y atraso del crecimiento, por el contrario, temperaturas altas genera colores más claros y menos pétalos según lo expresado por Corazo (2015). Por otra parte, Valencia (2016) indica que para un buen desarrollo de rosales es necesario un aporte medio de 800 Litros (L) de agua por cama/ semana.

- ✓ **Conductividad Eléctrica (dS m-1)**

Cabrera (2017) indica que la conductividad eléctrica (CE) del agua de riego está definida principalmente por los cationes calcio, magnesio, potasio y sodio, y por los aniones sulfato, bicarbonato y cloruro; el valor de dicho parámetro debe ser aproximadamente igual a la suma de la concentración de cationes o aniones (en meq L-1) dividida entre 10. Específicamente para el cultivo de rosa se debe garantizar rangos estables entre 1,5 a 2,0 mmhos/cm (Valencia, 2016)

RIEGO

El suministro de agua en los sistemas de producción agrícola es de vital importancia debido a que un bajo porcentaje de humedad en suelo afecta negativamente el rendimiento de las plantaciones (Vernaza, 2014); de tal manera que se hace indispensable el aporte o reposición mediante el riego siendo distintos los métodos implementados los cuales pueden ser: aspersión, goteo o localizado, micro aspersión, infiltración, inundación, drenaje entre otros. De acuerdo con Demin (2012) se clasifican en: riego por superficie y riego presurizado, además, también menciona que la elección del sistema dependerá de cada situación particular buscando que el riego sea lo más eficiente posible para garantizar la disponibilidad de agua en el suelo.

La selección del modo de riego más apropiado se realiza con el propósito de conseguir que la producción de los cultivos alcance los máximos beneficios, sin causar daños al medio ambiente, según (FAO, 2014) los criterios de selección son los siguientes: Topografía, tipo de suelo, tipo de cultivo, disponibilidad de agua y el costo económico de la implementación del método de riego. Por otra parte, tal como lo indica (Lamo, 2015) en el método por surcos el agua avanza por canales o surcos dentro del área sembrada, por melga el agua avanza por una superficie de suelo que se encuentra enmarcada por bordos, las anteriores técnicas descritas utilizan mayor cantidad de agua que los método clasificados en el riego presurizado, donde el flujo de agua es conducido por líneas o mangueras llegando directamente a la planta; el riego por aspersión requiere de mayor presión y abarca una superficie mayor comparada con el riego por goteo (Lamo, 2015), siendo este último localizado por planta que permite alcanzar eficiencia teórica de 90 y 95% de aplicación, que no se alcanza con otro sistema de riego (Minagri, 2015)

Demin (2012) menciona la importancia de reducir las pérdidas de agua para que el sistema sea más eficiente, es decir, a mayor cantidad de agua disponible en suelo después del riego con relación al total de lámina que se programa es más eficiente el método aplicado, por lo tanto, el mismo autor resalta que conocer la topografía e infiltración del terreno permite minimizar las pérdidas, logrando un riego donde se aproveche al máximo el agua con una cobertura homogénea en el lote.

En una evaluación son muchos los componentes que pueden ser analizados, pero de una manera generalizada, la evaluación consiste en la toma de muestras de presión y caudal para estimar la variabilidad de las láminas entregadas por un gotero, y así calcular el coeficiente de variación (CV), coeficiente de uniformidad (CU) (%) y relación de transpiración con el fin de determinar la eficiencia (η) de uniformidad de (Apaza, 2017).

EFICIENCIA DE UNIFORMIDAD (η):

No toda el agua aplicada a un cultivo es aprovechada por sí misma, una parte se pierde en las conducciones y otra en el terreno por evaporación, escorrentía o percolación profunda. Pero, además existe otro volumen que no se aprovecha, como consecuencia de la mala distribución sobre el cultivo (Franco, 2018). La eficiencia es la porción aprovechada del agua total que se aplica al terreno, que mayoría de estas pérdidas se reducen considerablemente hasta el punto de que la eficiencia pasa a depender solamente de la uniformidad de aplicación del agua y de la relación de transpiración, la evaluación tiene como objetivo conocer la eficacia de uniformidad, identificar problemas y aplicar las medidas necesarias para su solución (Rodríguez, 2018)

Ecuación de Eficiencia de uniformidad (García, 2015)

$$\eta = CU * RT$$

En donde:

η : Eficiencia.
CU: Coeficiente de uniformidad.
RT: Relación de transpiración.

- ✓ **Relación de transpiración (RT):**

Se designa por RT y es la relación entre el agua transpirada y el agua aplicada a la planta. Esta diferencia se debe fundamentalmente a las pérdidas que se presentan por el fenómeno de la evaporación, que se puede explicar cómo el proceso por el cual el agua en estado líquido se convierte en vapor de agua y es retirada de la superficie del suelo, la vegetación mojada, etc. Por otro lado, la transpiración consiste en la vaporización del agua en estado líquida contenida al interior de los tejidos celulares en la planta que postreramente se remueve hacia la atmósfera. Estos dos fenómenos ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. En conclusión, la relación de transpiración se asume como la perdida de agua total que se debe reponer mediante el riego. (Medina, 1981).

Los valores normales de RT según el mismo autor están comprendidos entre 0.8 y 0.9. La evaluación de RT en el campo es especialmente difícil, ya que en el bulbo

húmedo las variaciones de la tensión de humedad son muy reducidas para poder detectar la percolación profunda. El único método consiste en realizar sondeos, ayudando también la utilización de tensiómetros. Medina (1981) afirma que como cifra aproximada de pérdidas por percolación profunda puede considerarse un 10%.

- ✓ **Coeficiente de uniformidad del gotero (CU):**

El cálculo del coeficiente de uniformidad (CU), permite conocer que tan uniforme se está comportando el caudal de los goteros con respecto a una media poblacional del caudal (Apaza *et al.,* 2017), Keller y Karmeli (1980), propusieron una fórmula para la uniformidad, que es universalmente aceptada en la actualidad.

$$CU = 100\left(1 - 1.27\frac{CV}{\sqrt{e}}\right)\frac{q_{min}}{q_m}$$

En donde:

CV: Coeficiente de variación.
e: Número de emisores por planta.
q_{min}: Caudal que da el emisor que funciona más desfavorablemente.
qm: Caudal medio de funcionamiento del emisor.

Según Vargas (2008) referenciado por (Franco, 2018), las categorías de eficiencia de uniformidad (CU) para sistemas de riego presurizado es:

Categoría	Rango
Excelente	90 – 100%
Buena	80 – 90%
Aceptable	70 – 80%
Inaceptable	<70%

Tabla 1: Categorías de interpretación del porcentaje de coeficiente de uniformidad del gotero (Franco, 2018)

COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)

La determinación del coeficiente de variación (CV), es un parámetro estadístico que determina la calidad de fabricación de un gotero en particular. Para calcularlo se toma una muestra importante de goteros (a nivel estadístico alrededor de 100 goteros) y se mide el volumen aportado por cada goteo para la presión de operación recomendada por el fabricante (entre 10 y 15 metros de columna de agua) y posteriormente en función del tiempo de la prueba se obtiene los caudales para una presión establecida. (García y Briones, 1997)

En consecuencia:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{q}}$$

Donde:

CV: Coeficiente de variación.

σ : Desviación estándar.

$\bar{q}$: Media de los caudales de la muestra.

La clasificación del gotero en función del coeficiente de variación CV se interpreta en la Tabla 2, en la cual se evalúa el proceso de fabricación de los goteros y determina la confiabilidad de las características de funcionamiento en lo que respecta a los caudales aplicados (Gonzales, 2018).

TIPO DE EMISOR	RANGO DE CV	CALIFICACIÓN
Entre Línea	<0.05	Excelente
	0.05 a 0.07	Mediano
	0.07 a 0.11	Discreto
	0.11 a 0.15	Pobre
	>0.15	Inaceptable
Sobre Línea	<0.10	Bueno
	0.10 a 0.20	Mediano
	>0.20	Inaceptable

Tabla 2. Clasificación del gotero en función del coeficiente de variación. Norma ASAE EP 405.1 Dec93 mencionado por Gonzales (2018)

Según Infoagro (2006), cuanto más alto es el CV, menos uniformes son los emisores, de modo que según éste pueden dividirse en tres categorías:

Categoría A	CV < 0,05
Categoría B	0,05 < CV < 0,10
Sin categoría	CV > 0,10

Tabla 3. Categorías del coeficiente de uniformidad. Infoagro (2006)

Por otro lado, el diámetro mínimo, que es la dimensión del paso más estrecho que se encuentra el agua en su recorrido dentro del emisor. Cuanto menor sea el diámetro, mayor será la sensibilidad a las obturaciones (Infoagro, 2006), de forma que surge la siguiente clasificación:

Diámetro mínimo (mm)	Sensibilidad de la obturación
< 0,7	Alta
0,7-1,5	Media
> 1,5	Baja

Tabla 4: Sensibilidad a las obturaciones de los emisores. Infoagro (2006)

NECESIDAD DE AGUA: Los requerimientos hídricos de un cultivo hacen referencia a la cantidad de agua y al instante en que se aplica, buscando compensar el déficit de humedad del suelo o sustrato, y la demanda evaporativa que tiene lugar durante el periodo vegetativo (Arévalo, 2011). En la mayoría de cultivos las necesidades varían conforme al estado de desarrollo de los mismos, en función del crecimiento radicular, expansión del área foliar y aparición de estructuras diferenciales, como las flores y los frutos (Arévalo, 2011).

- ✓ **Lamina de riego:** Volumen de agua a aplicar, calculado a través de la siguiente ecuación (García y Briones, 1997)

$$Ln: \frac{ETo\ x\ Kc\ x\ \%A}{\eta}\ x\ FCD$$

Donde:

Ln1= lámina neta (mm día-1)
Et0= evapotranspiración del cultivo de referencia (mm día-1)
kc= coeficiente de cultivo
%A= porcentaje de área cubierta por la planta
η= eficiencia del sistema de riego
FCD= factor de corrección del porcentaje de drenaje

Para la determinación de los requerimientos de agua del cultivo se debe contar con Kc y porcentaje de área cubierta por la planta, según (Allen, *et al*., 1989) es pertinente emplear un valor de coeficiente de cultivo (kc) de 0.7 para la etapa fenológica (vegetativa o desarrollo del cultivo) la cual presenta una cobertura del 40 al 60%, mientras que para la etapa de mediados de temporada o producción (inicio de floración) un valor fijo de 1,15 con una cobertura mayor al 80% recomendado (Arévalo *et al,* 2013).

DISEÑO METODOLÓGICO

Sitio de estudio*:* El análisis del sistema de fertirriego se llevó a cabo en la finca Flores de Tenjo del grupo Esmeralda, ubicada en el municipio Tenjo – Cundinamarca.

Figura 1. Ubicación del municipio de Tenjo en el departamento de Cundinamarca. Juntos Tenjo (2010)

Material vegetal*:* El cultivo de estudio fue *Rosa sp* variedad White sembrada en suelo, dentro de un esquema de producción continua, en dos estados fenológicos.

Riego: El equipo de riego por goteo está compuesto por:

- Dos (2) bombas eléctricas de 12 HP
- Controlador de riego Galileo WEX.
- Cinco (5) filtros de anillas
- Tres (3) tanques para fertilización de 1000 litros, 200 L corrección hp
- Tres (3) Inyectores Venturi, 1” y 3/4 “
- Tres (3) Medidores de fertilizante
- Válvulas volumétricas o macro medidor
- Tuberías en pvc de 3” principal, secundaria 2”
- Electroválvulas con apertura automática
- Manguera Hydrogol 12 mm
- Goteros interlineales no autocompesados

Investigación: Para el presente estudio se determinó la eficiencia del sistema de ferti-riego implementado por la finca Flores de Tenjo S.A.S en el manejo del cultivo de rosa var. White, realizando las siguientes actividades:

1. Se comparó la lámina de agua suministrada empíricamente (volumen de agua constante sin calcular la lámina de riego requerida por el cultivo) durante el primer semestre del año 2020 versus la lámina de riego técnica (volumen de agua calculado para el cultivo de rosa).
2. Se validó la eficiencia de uniformidad la manguera de goteo mediante el análisis de la ficha técnica y aforos realizados por la empresa en los primeros seis meses del año en curso, aplicando formula de eficiencia de uniformidad mencionada por García (2015).

- **Características del sistema de riego:**

Manguera		
Marca: Hydrogol	Diámetro: 12 mm	Calibre: 35000
Goteros		
Caudal nominal: 1,1 – 1,2 L/h	Distancia entre goteros: 15 cm	No autocompensados e interlínea.

Tabla 5. Características de goteros y manguera implementada por la finca Flores de Tenjo.

3. Se analizó el comportamiento de los parámetros químicos (pH y conductividad eléctrica) de la fertirrigación con Agrofeed realizada en los primeros 6 meses del año 2020.

Formula Agrofeed: Proveedor Brenntag Colombia S.A.S
Componentes: N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Cu, Fe, B, Mo.
*No se revela cantidad de los elementos o documento de la carta control por privacidad de la información.

Para el cumplimiento de las actividades se dispuso de la información recopilada de las siguientes variables: pH, conductividad eléctrica, volumen de aforos y lectura de atmómetro tomados por el monitor de riego (operario) durante el primer semestre del presente año. Se resalta que se evaluó las válvulas 1, 14, 28, 42 y 56 de los, bloques 1, 4, 7, 10 y 13 respectivamente, donde se encontraba la variedad White de rosa estándar en diferentes etapas fenológicas para el periodo del año mencionado, estando las plantas del bloque 1, 4, 10 y 13 en producción y las plantas del bloque 7 en estado vegetativo, se tiene en cuenta que cada válvula presenta un total 40 camas y cada cama un área de 31,5 m^2.

Se aclara que se evaluó la información del primer semestre del año con el fin de realizar ajustes al sistema de riego implementado por de la empresa Flores de Tenjo en cuanto el volumen de la lámina de riego, pulsos o frecuencias y mantenimiento de las mangueras de goteo; ajustes que se podrían implementar finalizando el año 2020 o al iniciar el 2021.

Fechas analizadas: Para el cálculo y comparación de la lámina de riego aplicada se estudió las siguientes fechas: el 29 de enero, 25 de febrero, 30 de marzo, 30 de abril, 21 de mayo, y 27 de junio del año 2020, abarcando el primer semestre. Para cada fecha se tuvo en cuenta las etapas fenológicas de la variedad White anteriormente mencionadas y la variación en evaporación medida registrada con el atmómetro (mm/día)

Para la eficiencia de uniformidad de las líneas (manguera) de goteo y el comportamiento de las características químicas del goteo se analizará las siguientes fechas:

Fechas evaluadas	
Válvulas	**1, 14, 28, 42 y 56**
Fecha	28 de enero
	4 de marzo
	12 de marzo
	8 de abril
	30 de abril
	15 de mayo
	11 de junio
	2 de julio
	21 de julio
	8 de Agosto
	23 de agosto

Tabla 6. Fechas estimadas para estudiar los parámetros pH, CE y aforos.

Variables a evaluar: lámina de riego aplicada en los seis primeros meses del año, eficiencia de líneas de goteo mediante los aforos realizados y características químicas del fluido regado durante las fechas propuestas.

Lámina a regar: Se tuvo en cuenta que la finca Flores de Tenjo realiza una aplicación de 50 L de agua/ cama/ día, es decir, 2000 L de agua (2 m^3) por cada válvula al día, durante 4 y/o 5 minutos por pulso de riego para todo el cultivo, recomendaciones realizadas por un ingeniero agrónomo, para dicha actividad tienen en cuenta solo la apariencia superficial del suelo de las camas y la lectura diaria de tensiómetros. La evaporación medida en el tanque o atmómetro (mm/día) fue determinada diariamente, con lecturas directas, mediante un atmómetro de 1 mm de precisión, por el monitor de riego persona encargada de dicha labor, realizando la lectura entre las 6:00 -7:00 a.m,

Para determinar la lámina neta (Ln_2) se realizó a través del método establecido por García y Briones (1997), además, se usó los valores de Kc y porcentaje de cobertura descritos por Allen *et al*., (2008) y Arévalo *et al*., (2013)

Fenología	Kc	% A
Vegetativa o desarrollo del cultivo	0,7	40 – 60 %
Mediados de temporada o producción	1,15	80 %

Tabla 7. Kc y %A utilizados para determinar Ln_2

Como factor de corrección del porcentaje de drenaje (%FCD) se tomó un valor teórico puesto que no fue posible obtener el dato en campo, implementando el porcentaje hallado por Valencia (2016) en un suelo de la misma textura (FrL) que se encuentra en la finca Flores de Tenjo, por lo tanto, según Valencia (2016) el %FCD es de 1,2. Para finalizar, ET_0 se determinó multiplicando la evaporación medida con el atmómetro por 0,75, así en cada una de las fechas evaluadas.

- ✓ **Eficiencia de uniformidad**: Para determinar la eficiencia de uniformidad de aplicación se analizó la información recopilada por el monitor y supervisor del área (MIRFE), se decidió analizar las válvulas 1, 14, 28, 42 y 56 debido a que se encuentra la variedad White en dichas válvulas; en las fechas relacionadas en la tabla 6 los operarios realizaban un pulso de riego con las características descritas (Tabla 8) para cada válvula, con el fin de registrar el volumen de agua entregada por los goteros mediante aforos. Se aclara que todo el sistema de riego presenta el mismo tipo de goteros y manguera.

Valvula	v1	v14	v28	v42	v56
Presión de operación (PSI)	**45,0**	**50,0**	**55,0**	**60,0**	**65,0**
Tiempo del aforo (s)	300	300	240	240	240

Tabla 8. Presiones y duración de pulso para cada ensayo

Para determinara el coeficiente de variación se analizó el caudal entregado por diez (10) goteros de cada línea por válvula, dicha actividad realizada en el tiempo o fechas mencionadas, esto al azar y evitando el efecto borde, es decir, se estudió el 40 % de las muestras de goteros recomendado por la teoría según Rodríguez y Puing (2012), el CV se determinó mediante la ecuación propuesta por Keller y Karmeli (1980), además, se determinó el caudal máximo, mínimo y promedio de los mismos goteros y mediante dicho información se determinó el coeficiente de uniformidad para cada línea. A continuación, se expresa los aforos realizados.

	Datos Aforos				
	Vol 1 (ml)	**Vol 2 (ml)**	**Vol 3 (ml)**	**Vol 4 (ml)**	**Vol 5 (ml)**
28 de enero	100	100	80	170	180
4 de marzo	110	140	160	160	160
12 de marzo	185	135	120	100	225
8 de abril	140	120	80	180	205
30 de abril	80	160	80	100	170
15 de mayo	160	115	80	100	160
11 de junio	130	135	130	160	100
2 de julio	150	180	90	160	180
21 de julio	80	100	120	130	100
8 de agosto	80	120	90	150	100
23 de agosto	80	145	80	140	160

Tabla 9: Aforos realizados

- ✓ **Variabilidad de las propiedades químicas**: Como indicadores, se implementó los valores de pH y conductividad eléctrica arrojados en las muestras de aforos de los goteros de riego leídos mediante un medidor de pH y conductividad eléctrica. Mediante la determinación de desviación estándar se pudo conocer que tan lejos se encuentran los datos del promedio, además, a través del promedio si los parámetros se encuentran dentro de lo óptimo para el desarrollo y fertilización del cultivo de rosa.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

LÁMINA DE RIEGO CALCULADA:

Al analizar la información recopilada en referencia a la evaporación media (Ev) con el atmómetro fue posible encontrar variaciones del parámetro entre 1 a 2 mm/día, lo que generó fluctuación en el volumen o lámina de riego calculada (L/cama/día) en las fechas a estudiar, en la tabla 10 se expresa la lámina de riego calculada para los estados fenológicos mencionados:

		Lámina de reigo calculada (L/cama/día)	
FECHA	**Evaporación (mm/día)**	**Vegetativo**	**Producción**
29 de Enero	2	36.5	85
25 de Febrero	1,8	32,9	76,5
30 de Marzo	1,3	23,7	55,3
30 de Abril	1	18,3	42,5
21 de Mayo	1	18,3	42,5
27 de Junio	1,4	25,6	59,5

Tabla 10: Resultados de lámina de riego calculado para el cultivo de *Rosa* sp var. White en dos estados fenológicos.

En la tabla 11 se representa cómo se calculó la lámina neta (Ln_2) para la fecha 29 de enero con una evaporación 2 mm/día y etapa fenológica (mediados de temporada o producción). Así se determinó la lámina neta para cada fecha en cuestión ver anexo 1.

Volumen de agua aplicada	
Lamina neta (Ln) 1 (mm día-1) = (ET0*Kc*A%/Eficiencia)*FCD	2,0
Et0 (mm día-1) = ETP*0,75	1,5
Coeficiente de cultivo Kc	1,15
porcentaje de área cubierta por la planta (%A)	85
eficiencia del sistema de riego (%n)	90
Factor de corrección del porcentaje de drenaje (%FCD)	1,2
Lamina neta (Ln) 2 (litros cama-1 día-1)= Ln*10000/230	**85,0**

Tabla 11. Lámina neta calculada para plantas en etapa fenológica “mediados de temporada o producción”

La necesidad hídrica o lámina de riego calculada fluctuó en el tiempo y en las etapas fenológicas del cultivo de rosa var. White, así como lo afirmó (Arévalo, 2011) al mencionar que el volumen de agua requerida varía con el estado de desarrollo en el que se encuentre el cultivo, puesto que en la medida en que las raíces crecen habrá incremento del área foliar y formación de nuevas estructuras

que requieren de mayor aporte de agua. Al observar los resultados arrojados encontramos que el requerimiento hídrico (L/cama/día) aumenta cuando la evaporación media es mayor, por lo tanto, se genera la necesidad de compensar la pérdida de agua causada por la transpiración y absorción de las plantas, lo que ocurrió el 20 de enero, 25 de febrero y 27 de junio, al requerir volúmenes de 85.3, 76.7 y 59,7 L de agua/cama/día respectivamente para la fase de producción o mediados de producción.

COMPARACIÓN DE LÁMINA DE AGUA:

Al realizar comparativo entre la lámina neta calculada y la lámina de riego aplicada durante el primer semestre del año, teniendo en cuenta que era un valor constante de 50 L agua/cama/ día es notorio observar la diferencia de litros suministrada para el día 20 de enero, pues, según los cálculos realizados hubo una disminución de 35,3 litros del recurso hídrico lo que pudo ocasionar en su momento cierre de estomas, marchitez, retraso de productividad y exceso de transpiración en las plantas como lo indica Luna *et al.,* (2012) ocasionado por el estrés hídrico, si bien se puede atribuir el aumento de la evaporación media de las fechas en cuestión debido al exceso de transpiración que existió en el momento dado por la falta de riego. Además, fue posible observar que para el 30 de abril y 21 de mayo hubo un exceso en la lámina de riego aplicada de 8 litros de más.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO

- ✓ **Coeficiente de uniformidad:**

El objetivo del cálculo de dicho parámetro es detectar si existe deficiencia de uniformidad en el sistema de goteo y así evitar que haya zonas del cultivo sin el suministro adecuado u optimo del recurso hídrico, teniendo en cuenta la información citada con anterioridad y basándonos en los resultados obtenido en cuanto el coeficiente de uniformidad (CU) para cada una de las válvulas estudiadas (Tabla 12). El sistema de riego por goteo implementado en la finca Flores de Tenjo S.A.S es **Inaceptable** puesto que los porcentajes se encuentran por debajo del 70%, tal como lo expone (Franco, 2018) en la tabla de categorías de interpretación del porcentaje de coeficiente de uniformidad (tabla 13). Por lo tanto, es probable que exista zonas del cultivo de *Rosa* sp con baja humedad en el suelo debido a la falta o poco riego. (Ver anexo 2)

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Valvula	1	14	28	42	56
Coeficiente de variación (CV)	0,32	0,19	0,27	0,21	0,27
Coeficiente de uniformidad (CU) (%)	1,5	32,7	13,3	25,4	0,3
Eficiencia del sistema (%)	15,16				
Promedio CU	16,8				

Tabla 12: Resultados presentados para el coeficiente variación(CV), coeficiente de uniformidad (CU) y la eficiencia del sistema (η)

CATEGORÍA	RANGO
Excelente	90 – 100%
Buena	80 – 90%
Aceptable	70 – 80%
Inaceptable	<70%

Tabla 13: Categorías de interpretación del porcentaje de coeficiente de uniformidad del gotero (Franco, 2018)

- ✓ **Coeficiente de variación (CV):**

El Coeficiente de Variación (CV), se determinó utilizando la ecuación propuesta por García y Briones (1997), a partir de la relación de desviación estándar sobre el valor del promedio del caudal. La figura 2 muestra los resultados de las evaluaciones realizadas en las válvulas 1, 14,28,42 y 56 de riego.

El CV es directamente proporcional CU, es decir si el CV es alto (0,32%, válvula 1) este se reflejará en la distribución del recurso hídrico hacia las plantas, influyendo en el coeficiente de uniformidad de la misma. El incremento del coeficiente de variación en todas las válvulas estudiadas, se puede atribuir al aumento de caudal, puesto que todos los datos obtenidos de caudal experimental o calculado fueron por encima del caudal nominal de 1,1 a 1,2 L/, ver tabla 14.

Válvulas estudiadas	Presión (PSI)	Experimental	Teórico
		Q (L/h)	Q (L/h)
1	45,0	1,41	1,1 - 1,2
14	50,0	1,58	
28	55,0	1,51	
42	60,0	2,11	
56	65,0	2,37	

Tabla 14. Caudales experimentales (L/h) vs caudal teórico o especificado por fabricante.

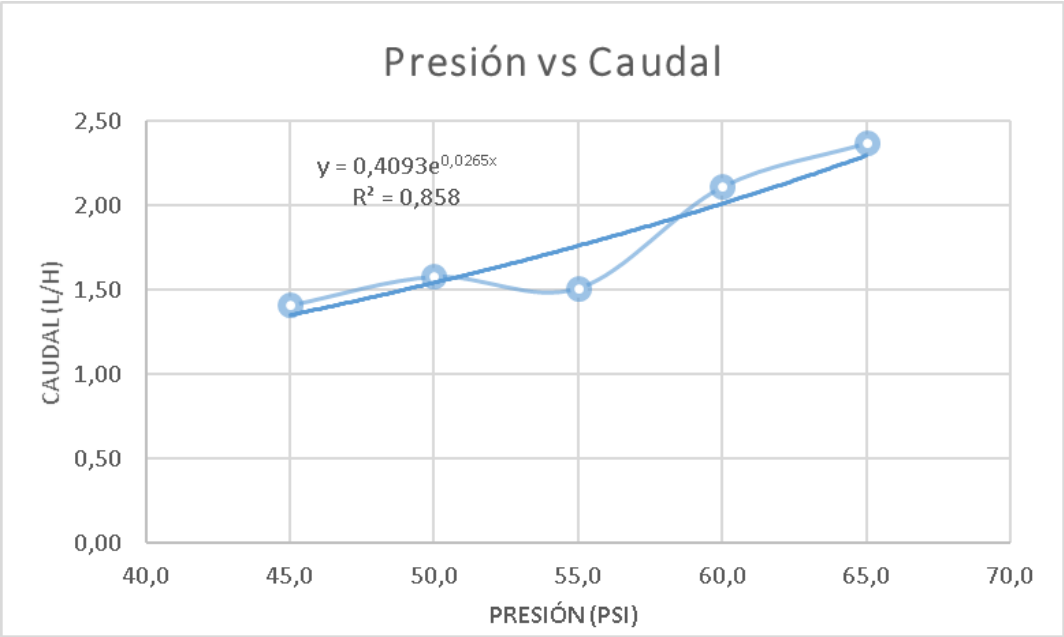


Gráfico 1. Reprentación gráfica de la presión vs caudales experimentales

Para finalizar, según la norma ASAE 405 mencionada por Gonzales (2018) los coeficientes de variación hallados se clasifican entre la categoría **Inaceptable,** es decir el sistema de riego opera con una clasificación inaceptable debido a que son valores mayores al 0,15.

TIPO DE EMISOR	RANGO DE CV	CALIFICACIÓN
Entre Línea	<0.05 0.05 a 0.07 0.07 a 0.11 0.11 a 0.15 >0.15	Excelente Mediano Discreto Pobre Inaceptable
Sobre Línea	<0.10 0.10 a 0.20 >0.20	Bueno Mediano Inaceptable

Tabla 15: Clasificación del gotero en función del coeficiente de variación. Fuente. Norma ASAE EP 405.1 Dec93 mencionado por Gonzales (2018).

Al calcular la desviación estándar en el coeficiente de variación se observa que está alrededor de 0,05, lo cual indica que los datos guardan una buena relación, por lo tanto, se puede concluir que es posible que el sistema de bombeo no esté trabajando a la presión indicada, dado que todos los datos guardan relación entre ellos

Eficiencia: Teniendo en cuenta que el porcentaje de eficiencia de aplicación de riego obtenido fue de 15,16% y el valor estimado para un sistema de riego por

goteo según (Antúnez *et al.,* 2010) debe ser mínimo del 90% (Figura 2) es válido mencionar que el sistema de riego implementado en la finca Flores de Tenjo es **Ineficiente**, lo que ratifica los demás datos expuestos en la evolución del sistema de riego.

Método de riego	Eficiencia de riego (%)
Tendido	30
Surcos	45
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Microaspersión	85
Goteo	90

Figura 2. Eficiencia de aplicación según el modod de riego. Fuente (Antúnez et al., 2010)

COMPORTAMIENTO DE PH Y CE

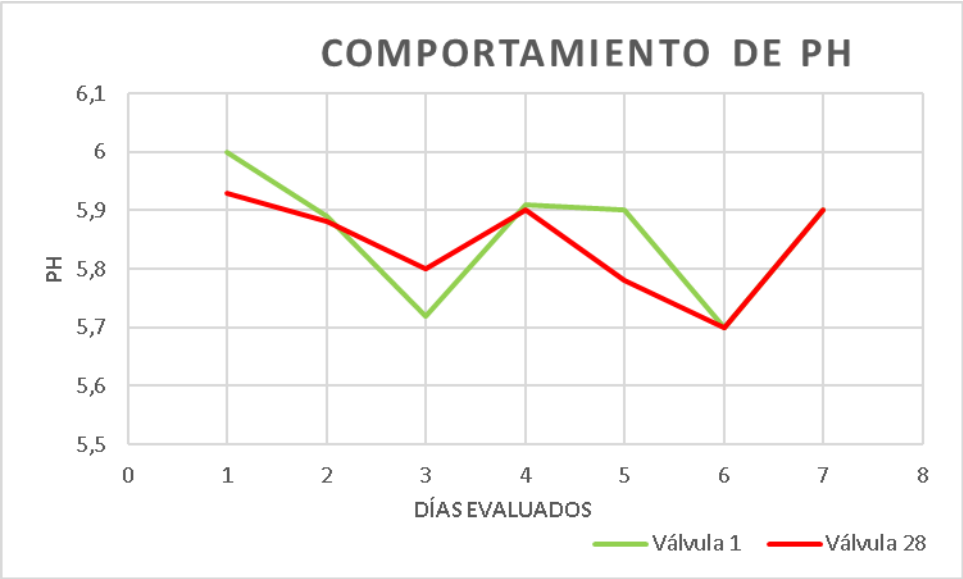
- ✓ **Promedio y desviación estándar:** Para el análisis del comportamiento de los parámetros pH y EC se halló el promedio de los datos y posteriormente se calculó la desviación estándar con el fin de conocer que tan lejos se encuentran los datos de la media de estos, en la tabla 16 se representan los resultados obtenidos para cada parámetro de las dos válvulas evaluadas (1 y 28). Ver anexo 3.

Válvula	Operación	pH	CE (ms/cm)
1	Promedio	5,9	1,1
	Desviación	0,1	0,1
28	Promedio	5,8	1,0
	Desviación	0,1	0,1

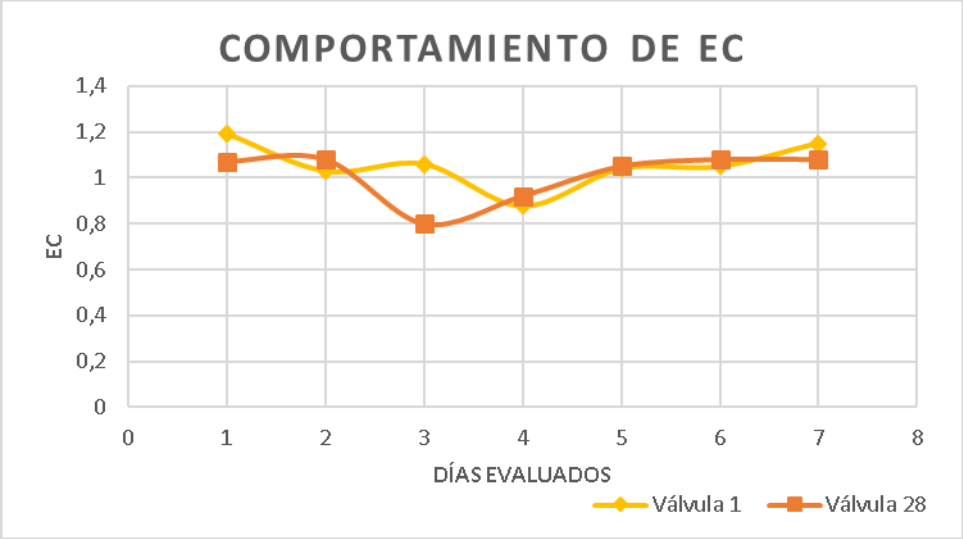
Tabla 16. Promedio y desviación estándar de pH y CE de las válvulas 1 y 28

En las gráficas 2 y 3 se compara el comportamiento de pH y EC tomado en cada válvula notando una leve diferencia, sin embargo, al analizar los promedios calculados para cada parámetro encontramos que se comportan similar en las dos válvulas (ver tabla 10), es decir, los datos de dichos parámetros no presentan fluctuación a medida que pasa el tiempo, lo que es importante puesto que variaciones bruscas pueden afectar el cultivo. Por otra parte, los valores de pH y conductividad eléctrica se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo de las plantas según Cañar (2016) y Valencia (2016) quienes afirman que valores de pH entre 5,5 - 6 y conductividad eléctrica de 1,5 a 2 permiten buen desarrollo y crecimiento del cultivo de *Rosa* sp.

En cuanto la desviación estándar los datos están bien agrupados puesto que el valor de dicho calculo fue de 0,1 en las dos válvulas, es decir los datos son parejos, por lo tanto, hay confiabilidad en las muestras realizadas.



Gráfica 2. Comportamiento de pH en las válvulas 1 y 28.



Gráfica 2. Comportamiento de EC en las válvulas 1 y 28.

CONCLUSIONES

- ✓ Se calculó la lámina de riego requerida para el cultivo de rosa según dos estados fenológicos encontrando que ésta varía para cada etapa, lo que permitió confirmar que la lámina aplicada durante el primer semestre del año está por debajo de la lámina agua requerida, siendo hasta 35,3 L/cama faltante lo que puede causar estrés hídrico en las plantas.
- ✓ El sistema de riego por goteo tiene un promedio de coeficiente de uniformidad para las cinco líneas evaluadas de 0,25 al compararlo con el coeficiente de variación de la Tabla 1 se observa que es mayor a 0,15, por lo cual se puede concluir que el sistema de riego opera con una calificación de inaceptable.
- ✓ El promedio de coeficiente de uniformidad en las cinco líneas evaluadas, siendo de 16,85% y se halló que es inferior al 90 %, lo cual significa que en las líneas de goteo puede existir un número importante de emisores que estén obstruidos o no estén descargando el caudal óptimo.
- ✓ Se verificó la eficiencia actual de las líneas del sistema de riego y se encontró que es del 15,16%, al compararlo con la eficiencia usada en el cálculo de la lámina de riego que es del 90%, se puede evidenciar que es menor entonces se puede afirmar que el sistema es ineficiente.
- ✓ Se comparó el comportamiento del pH y EC mediante el promedio y la desviación estándar hallando que los parámetros se encuentran dentro del rango óptima para el cultivo de rosa, además, que no varían en el tiempo lo que significa que no hay alteraciones en las plantas.

RECOMENDACIONES

- ✓ Replantear la lámina de riego suministrada en Flores de Tenjo aumentando el caudal o tiempo de riego para garantizar absorción de nutrientes, rendimiento y expresión del potencial genético del cultivo.
- ✓ Realizar riego largo pero fraccionado en varios pulsos permitiendo el drenaje adecuado en el surco o cama sin generar pérdidas del recurso por una lenta filtración.
- ✓ Revisar si los goteros se encuentran con taponamiento o están trabajando a una presión de operación por fuera de la óptima, así, garantizar que los emisores trabajen según su coeficiente de fabricación.
- ✓ Proceder a la limpieza y/o mantenimiento del sistema y realizar nuevamente la evaluación para corroborar si se corrigió el problema. Además, revisar la vida útil de las mangueras empleadas con el fin de descartar y reemplazar las que ya no cumplen con los requisitos. También revisar las formula de fertilizantes que puedan estar generando precipitados químicos que contribuyan al taponamiento de los goteros. Además, la determinación del CU se debe programar al menos una vez al año, haciendo aforos en campo para hacer correcciones necesarias
- ✓ Evaluar si el sistema de riego se encuentra trabajando con una presión elevada la cual no corresponde a los parámetros de diseño, y si es el caso ajustar la presión.

ANEXOS

Anexo 1: Cálculos para determinar lámina neta

ETP = 0.75 EV	
EV : Evaporación medida en el atmómetro, mm/día	2
Evapotranspiración potencial (ETP=ET0) mm/día	1,5

Volumen de agua aplicada	
Lamina neta (Ln) 1 (mm día-1) = (ET0*Kc*A%/Eficiencia)*FCD	2,0
Et0 (mm día-1) = ETP*0,75	1,5
Coeficiente de cultivo Kc	1,15
porcentaje de área cubierta por la planta (%A)	85
eficiencia del sistema de riego (%n)	90
Factor de corrección del porcentaje de drenaje (%FCD)	1,2
Lamina neta (Ln) 2 (litros cama-1 día-1)= Ln*10000/230	**85,0**

		Lámina de reigo calculada (L/cama/día)	
FECHA	**Evaporación (mm/día)**	**Vegetativo**	**Producción**
29 de Enero	2	36.5	85
25 de Febrero	1,8	32,9	76,5
30 de Marzo	1,3	23,7	55,3
30 de Abril	1	18,3	42,5
21 de Mayo	1	18,3	42,5
27 de Junio	1,4	25,6	59,5

Volumen de agua aplicada	
Lamina neta (Ln) 1 (mm día-1) = (ET0*Kc*A%/Eficiencia)*FCD	0,8
Et0 (mm día-1) = ETP*0,75	1,5
Coeficiente de cultivo Kc	0,7
porcentaje de área cubierta por la planta (%A)	60
eficiencia del sistema de riego (%n)	90
Factor de corrección del porcentaje de drenaje (%FCD)	1,2
Lamina neta (Ln) 2 (litros cama-1 día-1)= Ln*10000/230	**36,5**

Anexo 2: Calculo de caudales, caudales máximos y mínimos, CV, CU y Eficiencia de uniformidad

Valvula	**v1**	**v14**	**v28**	**v42**	**v56**
Presión de operación (PSI)	**45,0**	**50,0**	**55,0**	**60,0**	**65,0**
Tiempo del aforo (s)	300	300	240	240	240

	Datos Aforos					Calculo de caudales				
	Vol 1 (ml)	**Vol 2 (ml)**	**Vol 3 (ml)**	**Vol 4 (ml)**	**Vol 5 (ml)**	**Q1 (ml/s)**	**Q2 (ml/s)**	**Q3 (ml/s)**	**Q4 (ml/s)**	**Q5 (ml/s)**
28 de enero	100	100	80	170	180	0,33	0,33	0,33	0,71	0,75
4 de marzo	110	140	160	160	160	0,37	0,47	0,67	0,67	0,67
12 de marzo	185	135	120	100	225	0,62	0,45	0,50	0,42	0,94
8 de abril	140	120	80	180	205	0,47	0,40	0,33	0,75	0,85
30 de abril	80	160	80	100	170	0,27	0,53	0,33	0,42	0,71
15 de mayo	160	115	80	100	160	0,53	0,38	0,33	0,42	0,67
11 de junio	130	135	130	160	100	0,43	0,45	0,54	0,67	0,42
2 de julio	150	180	90	160	180	0,50	0,60	0,38	0,67	0,75
21 de julio	80	100	120	130	100	0,27	0,33	0,50	0,54	0,42
8 de agosto	80	120	90	150	100	0,27	0,40	0,38	0,63	0,42
23 de agosto	80	145	80	140	160	0,27	0,48	0,33	0,58	0,67
Promedio	**117,7**	**131,8**	**100,9**	**140,9**	**158,2**	**0,39**	**0,44**	**0,42**	**0,59**	**0,66**
Desviación	**37,5**	**24,4**	**27,4**	**29,5**	**42,3**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,1**	**0,2**

Mínimo	80,0	100,0	80,0	100,0	100,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
Máximo	185,0	180,0	160,0	180,0	225,0	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9
Promedio	117,7	131,8	100,9	140,9	158,2	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7

Exponente de descarga (x)	1,4101					
Constante de descarga del gotero (K)	0,0018	0,0018	0,0015	0,0018	0,0018	**0,0017**
Coeficiente de variación (CV)	0,32	0,19	0,27	0,21	0,27	0,25
Coeficiente de uniformidad (CU) (%)	1,5	32,7	13,3	25,4	11,3	16,8
oeficiente de Uniformidad Absoluta (CUa) (%	28,1	49,7	36,5	46,6	34,7	

Relación de transpiración	0,9
Eficiencia (%)	15,16

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Valvula	**1**	**14**	**28**	**42**	**56**
Coeficiente de variación (CV)	0,32	0,19	0,27	0,21	0,27
Coeficiente de uniformidad (CU) (%)	1,5	32,7	13,3	25,4	0,3
Eficiencia del sistema (%)	**15,16**				

Válvulas estudiadas	**Presión (PSI)**	**Experimental**	**Teórico**
		Q (L/h)	**Q (L/h)**
1	45,0	1,41	1,1 - 1,2
14	50,0	1,58	
28	55,0	1,51	
42	60,0	2,11	
56	65,0	2,37	

Anexo 3: Desviación estándar y promedio de pH y conductividad eléctrica

Válvula	**1**	**VALOR VOLUMEN**	**Ph**	**CE (ms/cm)**
Fecha	28 de enero	100	6	1,19
	4 de marzo	110	5,89	1,03
	12 de marzo	185	5,72	1,06
	8 de abril	140	5,91	0,88
	30 de abril	80	5,9	1,04
	15 de mayo	160	5,7	1,05
	11 de junio	130	5,9	1,15
Válvula	**28**			
Fecha	22 de enero	80	5,93	1,072
	3 de marzo	160	5,88	1,08
	28 de marzo	120	5,8	0,8
	15 de abril	80	5,9	0,92
	24 de abril	80	5,78	1,05
	22 de mayo	80	5,7	1,08
	1 de junio	130	5,9	1,08

Válvula	**Operación**	**pH**	**CE (ms/cm)**
1	Promedio	5,9	1,1
	Desviación	0,1	0,1
28	Promedio	5,8	1,0
	Desviación	0,1	0,1

BIBLIOGRAFÍA

Allen, R.G. y Gichuki, F.N. 1989. Effects of Projected CO2-induced Climatic Changes on Irrigation Water Requirements in the Great Plains States (Texas, Oklahoma, Kansas, and Nebraska). *The Potential Effects of Global Climate Change on the United States*: Appendix C - Agriculture. Vol. 1. EPA-230-05-89-053 (J.B. Smith y D.A. Tirpak, Eds.), U.S. Agencia de Proteccion Ambiental, Office of Policy, Planning and Evaluation, Washington, D.C., (6):1-42.

Álvarez Martín, S. (2011). Riego deficitario en distintas etapas del desarrollo de plantas ornamentales cultivadas en macetas. Universidad Politécnica de Cartagena.

Álvarez Herrera, J., López, J., Balaguera, W., Merchán, J., & Veloza, J. (2011). Láminas de riego y calidad de agua en la solución de problemas de salinidad en tomate (Solanum lycopersicum L.). Colombiana De Ciencias Hortícolas, 57 - 68.

Amaury Martín, A.-F., Bautista-Puga, M., Piña-Escutia, J., & Reyes-Díaz, J. (2014). Técnicas tradicionales y biotecnológicas en el mejoramiento genético del rosal (Rosa spp.). México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Antúnez B, A., Mora L, D., & Felmer E, S. (2010). Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano. inia tierra adentro, 40 - 43.

Apaza, G., & López Blanco, C. (2017). Evaluación de uniformidad del sistema presurizado de riego por goteo. Bolivia: Carrera de Ingeniería Agronómica - UMSA.

Arévalo Hernández, J. (2011). evaluación del efecto de la aplicación de diferentes láminas de riego en el cultivo de rosa (rosa sp) cv. freedom, bajo invernadero en la sabana de Bogotá. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Arévalo, J., Vélez, J., & Camacho, J. (2013). Uso eficiente del agua para el cultivo de rosa cv. Freedom bajo invernadero. Engenharia Agrícola e Ambiental, 811- 817.

Cabrera, R.I., A.R. Solís-Pérez y C.A. Gómez G. 2017. Aplicaciones de nutrición vegetal en cultivos de flor de corte. En: Flórez R., V.J. (Ed.). Consideraciones sobre producción, manejo y poscosecha de flores de corte con énfasis en rosa y clavel. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia. pp. 33-47

Cárdenas Poveda, L., & Rodríguez Espejo, M. (2011). Estudio de la agroindustria de las flores en Colombia y la creación de una empresa de flores. Bogotá, Colombia.: Universidad de la Sabana.

Cañar Solano, Y. (2016). Determinación del ciclo fenológico en cinco variedades de rosa (Rosa sp.) para un cultivo en producción abierta en el sector La Esperanza provincia del Carchi. Tulcán, Ecuador: Universidad Politécnica Estatal Del Carchi.

Corazo Gómez, N. (2015). Oxifertirrigación en cultivo sin suelo de rosa para flor cortada (Rosa sp.) y pimiento (Capsicum annuum L.): efectos en desarrollo y producción.

De la Cruz Jiménez, J., Moreno, L., & Magnitskiy, S. (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Demin, P. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. Valle viejo, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Díaz-Arriaga, F. (2014). Mercurio en la minería de oro: impactos en las fuentes hídricas destinadas para el consumo humano. salud pública. 16 (6): 947-957.

ESMERAL VARGAS, Y. (2011). Análisis de la evapotranspiración real en el cultivo de rosa. Bogotá, Colombia: Universidad de Colombia.

FAO. (2014). Manual de Riego Parcelario: Capítulo 2. Criterios de selección del método de riego. FAO.

Franco Ortega, V. (2018). Evaluación de la eficiencia del método de riego por goteo. Cevallos, Ecuador: universidad técnica de Ambato facultad de ciencias agropecuarias.

García Casillas, I., & Briones Sánchez, G. (1997). Sistemas de riego por aspersión y goteo. Trillas.

GARCÍA PETILLO, M. (2015). Eficiencia del riego. Universidad De La Repíblica, Uruguay.

González González, E. (2018). Evaluación de un sistema de riego por goteo bajo condiciones de hidroponía en el cultivo de pimiento morrón "Capsicum annuum". Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Nariño.

Infoagro. (2006). Tecnología de riegos Apartados del 1.2. al II. 2020, octubre 30, de canales.hoy.es Recuperado de http://canales.hoy.es/canalagro/datos/riegos/tecnologias_riego2.htm.

Keller, J., & Bliesner, R. (1990). Sprinkle and Trichle Irrigatión. New York, USA: Van Nostrand.

Lamo Jiménez, J. (2015). Manual: Métodos de riego. México.

Lanchimba, J. (2013). Respuesta de seis variedades de rosa (rosa sp.) a tres relaciones nutricionales de Ca, Mg Y K. CAYAMBE, Pichincha. Quito, Ecuador: Universidad Central Del Ecuador.

Luna Flores, W., Estrada Medina, H., Jiménez Osornio, J., & inzón López, L. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. México: Universidad Autónoma de Yucatán.

Manrique Ramírez, L., Zuleta Zea, D., Agudelo Ochoa, A., Burgos Zuleta, S., Jerez Cano, D., Mejía Tabares, J., Palacio Trujillo, V. (2015). Floricultura Colombiana En Contexto: Experiencias Y Oportunidades En Asia Pacífico. Revista Mundo: Asia Pacífico, 52 - 79.

Medina, S., & J, A. (1981). Riego Por Goteo. Madrid, España: Mundi-Prensa.

Minagri. (2015). Manual del cálculo de eficiencia para sistemás de riego. Lima, Perú: Ministerio De Agricultura y Riego.

Reyes Lozano. H. (2016). Evaluación De Inductores Externos De La Activacion Del Sistema Inmunologico En El Cultivo De Rosa (Rosa sp.). Ambato, Cuador: Universidad Técnica De Ambato.

Rodríguez Bejarano, E. (2018). Instalación Y Evaluación De Sistemas De Riego Por Goteo Para El Cultivo De Hortalizas En Casa Sombra Para La Región Chorotega Y Brunca Bajo El Marco Del Proyecto “Mesoamérica Sin Hambre” De La Representación De Fao En Costa Rica. Cartago: Instituto Tecnológico De Costa.

Taco Sangoquiza, J. (2018). Determinación de la acumulación de grados día desarrollo en sies estados fenológicos de cinco variedades de rosa sp. Sangolqui: Universidad de las fuerzas armadas.

TOMLJENOVIĆ, N., & PEJIĆ, I. (2018). Taxonomic Review of the Genus Rosa. Agriculturae Conspectus Scientifi cus ASC, 139 - 147.

Valencia Méndez, J. (2012). Programación Del Riego En Rosa (Rosa sp) Variedad Vendela En Sustrato, Por Evapotranspiración Y Porcentaje De Drenaje, En La Sabana De Bogotá. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Vernaza Espinoza, E. (2014). La Huella Hídrica y el Agua Virtual de las Rosas: como el uso, consumo y aprovechamiento del agua tiene impacto dentro de la cadena de suministro de la industria florícola. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.

Wu, X. (2016). Heritability Of Plant Architecture In Diploid Roses (Rosa spp.). Texas: Texas A&M University.

Yong, A. (2004). El Cultivo Del Rosal Y Su Propagación. La Habana: Instituto Nacional De Ciencias.