

Diseño e implementación de un sistema de riego en un cultivo de cítricos

Design and implementation of an irrigation system in a citrus crop

Medina Pelayo, David Aureliol y Guarín Duarte, Deicy Marilyl
Fundación Universitaria de San Gil –UNISANGIL- Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Programa Ingeniería Agrícola
San Gil, Colombia

davidmedina89@hotmail.com
deicyguarin@unisangil.edu.co

Fecha de recepción: 22 de octubre de 2015
Fecha de aceptación: 24 de febrero de 2017

Resumen— Este artículo de investigación hace referencia al diseño e implementación de un sistema de riego en un cultivo de mandarina arrayana (*Citrus reticulata*); el cual se orienta a las diferentes láminas de agua que se le aplican a la planta para posteriormente generar biomasa foliar. El proyecto, desde su fase inicial se desarrolló en la finca Árbol Solo del municipio de San Gil, Santander en un cultivo de mandarina de variedad Arrayana, de 1 año de edad con una altura promedio de 1m, todas en las mismas condiciones de manejo de arvenses, fertilización, podas, brillo solar, densidad de suelo, manejo de plagas y enfermedades, entre otros aspectos; el diseño del sistema de riego se dividió en dos aspectos fundamentales: diseño agronómico y diseño hidráulico, los cuales requieren información específica, adquirida de análisis físicos y químicos de suelo y agua; posterior a la puesta en funcionamiento del sistema de riego se recogieron datos por un lapso de tiempo de 37 días en verano e inicio de la época de invierno, a estos resultados se les realizó un análisis de varianza utilizando el software InfoStat para tener más precisión al momento de la evaluación, el análisis arrojó resultados en los cuales no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave - Diseño, riego, suelo, biomasa foliar.

Abstract—This research paper refers to the design and implementation of an irrigation system in a crop of arrayana mandarin (*Citrus reticulata*); which refers to the different layers of water that are applied to the plant to subsequently generate foliar biomass, thus the project from its initial phase took place in Arbol Solo farm in the municipality of San Gil, Santander, in a crop of Arrayana tangerine mandarin, variety of 1 year old, with an average height of 1m, all under the same weed management conditions, fertilization, pruning, sunshine, soil density, pest and diseases, among others; the design of the irrigation system was divided into two fundamental aspects, which are, agronomic design and hydraulic design, that require specific information acquired from a physical and chemical analysis of soil and water; after the commissioning of the irrigation system data was collected for a period of time of 37 days in summer and the beginning of winter season, these results were conducted through an analysis of variance using InfoStat software in order to have more precision at

the time of evaluation, the analysis showed some results expressing that there were no significant differences between these treatments.

Keywords - Design, irrigation, soil, foliar biomass.

I. INTRODUCCIÓN

En este documento se plasma la información que recoge todos los datos biométricos adquiridos como son: diámetro del tallo, número de ramas (primarias, secundarias, terciarias, cuaternarias, quintas y sextas), número de hojas en la última rama, volumen de copa (ancho, largo y alto desde el primer tercio de abajo hacia arriba de la planta) durante un tiempo determinado y que han sido obtenidos en el transcurso de esta investigación por el método de bloques al azar, para posteriormente ser ingresados al software InfoStat que analiza la varianza de los mismos y de esta manera permite marcar las líneas directrices para posteriormente recomendar a quien solicite esta información con datos precisos.

El proyecto consta de exploraciones realizadas en otras especies como frijol, papaya, guayaba pera, con herramientas e implementos precisos como los planos, análisis físico y químico del suelo, análisis químico de agua para riego, cuadros y figuras analizadas; con ellos se realiza el diseño del sistema de riego, los parámetros medioambientales, análisis de datos obtenidos, puntos favorables y desfavorables de la investigación, y la evaluación de los resultados que se obtienen tras la puesta en funcionamiento y la recolección de información dentro de un periodo de 37 días continuos, siendo necesario este periodo de tiempo por tratarse de un cultivo perenne.

De esta forma, a través de los resultados obtenidos se plantea la propuesta de mejorar la producción por biomasa foliar, cosechada y/o poscosecha, a partir de una producción

¹ Ingeniero Agrícola, UNISANGIL

sistematizada de manera controlada respecto a los sistemas de producción tradicionales en esta región.

II. ASPECTOS IMPORTANTES DE LA MANDARINA ARRAYANA

Los cítricos se originaron hace unos 20 millones de años en el sudeste asiático. La expansión de los cítricos se debió fundamentalmente a los grandes movimientos migratorios: conquistas de Alejandro Magno, expansión del Islam, las Cruzadas y descubrimiento de América, etc. [6]

La mandarina arrayana tiene características especiales por su fisiología vegetal; en la tabla 1 se presenta su taxonomía y morfología.

TABLA 1. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA MANDARINA ARRAYANA [1]

Característica	Descripción
Familia	Rutaceae
Subfamilia	Aurantioidea
Género	Citrus
variedades	Existen numerosas especies: Citrus reticulata, C. unshiu, C. reshni (clementinas, satsumas y comunes).
Porte	Menor que el naranjo pero algo más redondo
Raíz	Sólida, blanca y bajo condiciones de cultivo posee gran cantidad de pelos radiculares.
Flores	Solitarias o en grupos de 3 ó 4.
Fruto	Llamado hesperidio. Existen variedades muy semilladas y otras partenocarpas.

A. Importancia económica y distribución geográfica

La mandarina arrayana ha alcanzado su máximo desarrollo en las áreas subtropicales (30-40° latitud N y S). En áreas semitropicales (23-24° a 30° latitud N y S) los frutos tienen unas características intermedias: son muy jugosos, con un elevado contenido en azúcares y pueden ser destinados tanto al consumo en fresco como a la elaboración de zumo. Actualmente los cítricos son los frutos de mayor producción en el mundo [1].

B. Requerimientos edafoclimáticos

El clima es un factor determinante para el desarrollo de las plantas; en este sentido, todos los elementos que influyen en la configuración del mismo afectan el desarrollo y cultivo de los cítricos. Así, los cítricos se desarrollan entre 40°N y 40°S de latitud. [2]

Entre los 23 y 34 grados centígrados se sitúa la temperatura óptima del cultivo; la humedad relativa afecta a la calidad del fruto, de esta forma, los cítricos pueden adaptarse a condiciones extremas de este factor. Las necesidades hídricas de los cítricos están muy estudiadas, y

se encuentran entre 7.500 y 12.000 m³/ha. La pluviometría de la zona de cultivo analizada es de 8 mm/día y se encuentra muy desigualmente distribuida, con períodos de lluvias torrenciales, seguidos de otros muy secos, lo que hace inevitable el aporte de agua de riego. [2]

C. Diseño de la plantación

Los marcos empleados son menores que en el naranjo, excepto en el caso de híbrido “Fortune”, con marcos de 6 x 6 m. Para los mandarinos más pequeños se aplican marcos de 4,5 x 4,5 m; pero no responde bien en seto. Para las variedades Oroval, Marisol y Satsuma, Owari se recomiendan marcos de 5.5 x 4 m. La densidad media de plantación es de unos 400-550 árboles/ha.

D. Poda

Los cítricos se deben podar para conformar un porte y diseño del árbol y así facilitar las labores del manejo del cultivo haciéndose en cada etapa del mismo; existen tipos de poda como son: poda de formación, podas de levante, podas de renovación, podas de entesaque, etc. [1]

E. Labores. control de arvenses

El laboreo del suelo está dirigido a la eliminación de las arvenses, a airear las capas superficiales del suelo, a incorporar fertilizantes o materia orgánica, a aumentar la capacidad de retención de agua y a preparar el riego cuando se realiza por inundación. El laboreo del suelo se efectúa varias veces al año (3-4), comprendidas entre los meses de marzo y septiembre con motocultores de pequeña potencia, o con tractores de tipo medio; manteniendo el suelo con cubierta vegetal el resto del año.

Otra práctica es efectuar el laboreo del suelo a capacidad de campo con el fin de incorporar fertilizantes, seguido de un tratamiento con herbicida de contacto no residual en el suelo, aplicándolo con fumigadoras y boquillas específicas para cada veneno, esto se hace cuando y donde sea preciso [1].

F. Plagas y enfermedades

En el cultivo de cítricos se presentan algunas plagas y enfermedades [1] más comunes como son:

Plagas

- Minador de los cítricos (*Phyllocnistiscitrella*)
- Mosca blanca (*Aleurothrixusfloccosus*)
- Mosca de la fruta (*Ceratitiscapitata*)
- Pulgones (*Aphispiraecola*, *A. gossypii*, *A. citricola*, *Toxopteraaurantii*, *Myzuspersicae*)
- Prays o polilla de los cítricos (Prayscitri)
- Cóccidos o cochinillas
- Trips

- Acaros (rojo, blanco, indu)
- Piojo blanco
- Arañas rojas (panonichus citri, tetranychus spp)
- Diaphorina citri
- Nematodo de los cítricos (Tylenchulussemipenetrans)

Enfermedades

- Gomosis, podredumbre de la base del tronco y cuello de la raíz y podredumbre de raíces absorbentes (Phytophthora)
- Alternaria alternatapy
- Fumagina
- Huanglongbing (HLB)
- Botrytis sp
- Mal Rosado (corticium salmonicolor berk & broome)

G. Recolección

Tiene lugar cuando el color (amarillo, anaranjado y/o rojo) cubre un 75% de la superficie de la fruta, y un cociente de sólidos solubles/acidez igual o mayor a 6.5.

Los envases empleados en la recolección son capazos o cajas de plástico con capacidad para 18-20 Kg, siendo deseable protecciones de goma espuma y volcado cuidadoso [1].

H. Poscosecha

La poscosecha es un factor determinante para el manejo del producto, en la tabla 2 se presenta las variables más destacadas que intervienen en esta etapa. En la tabla 3 se presentan las temperaturas óptimas para almacenamiento.

TABLA 2. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA POSCOSECHA [1]

Variable	Rango y descripción
Calidad	Intensidad y uniformidad de color; tamaño; forma; firmeza; ausencia de pudriciones; y ausencia de defectos, incluyendo el daño por congelamiento y por frío, daño de insectos y cicatrices.
Temperatura óptima	5-8°C durante 2 a 6 semanas, dependiendo del cultivar, estado de madurez en la cosecha, y del uso de tratamientos para el control de pudriciones.
Humedad relativa óptima	90-95%.
Tasa de respiración	Los valores óptimos de temperatura para el almacenamiento la fruta se presenta en la tabla 3.

TABLA 3. TEMPERATURAS ÓPTIMAS PARA ALMACENAMIENTO. [1]

temperatura	5° c	10° c	15° c	20° c
mLCO2/kg*h	2,0 - 4	3,0 - 5	6,0 - 10	10,0 - 15

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Las prácticas mejoradas a nivel de campo se relacionan con cambios en el manejo de los cultivos, el suelo y el agua, incluyendo la selección de especies y cultivares apropiados, los métodos de siembra (por ejemplo, en parcelas elevadas), la labranza mínima, el riego sincronizado para la aplicación del agua en los períodos más sensitivos del crecimiento, el manejo de los nutrientes, el riego por goteo y el mejoramiento del drenaje para el control de la capa freática [5].

Para desarrollar el proyecto se tuvieron en cuenta factores determinantes para el diseño del sistema de riego y la recolección de datos.

A. Población y muestra

En una parcela de la finca Árbol solo a una altura de 1180 m.s.n.m, con un área 26000 m² del municipio de San Gil del departamento de Santander, Colombia se instalaron 1600 plantas de cítricos, específicamente la variedad de mandarina arrayana, sembradas a una distancia de 5 m de largo por 5 m de ancho y un método de siembra en triangulo o también denominado tres bolillos; de la cual se tomaron como muestra 450 plantas para aplicarles los diferentes regímenes de riego y 100 plantas más como testigo para el desarrollo del proyecto.

B. Análisis físico de suelo

Para el análisis físico se realizó una calicata representativa del lote del terreno de 1 m³ de donde se tomaron las diferentes muestras en el área del cultivo para determinar las siguientes características:

- Horizonte A₀: 0,5 cm de materia orgánica
- Horizonte A: 36 cm suelo pobre de materia orgánica
- Horizonte B: 50 cm no hay materia orgánica
- Horizonte C: 14 cm no hay materia orgánica

En la figura 1. Se muestra la textura de suelo adquirido de la calicata.

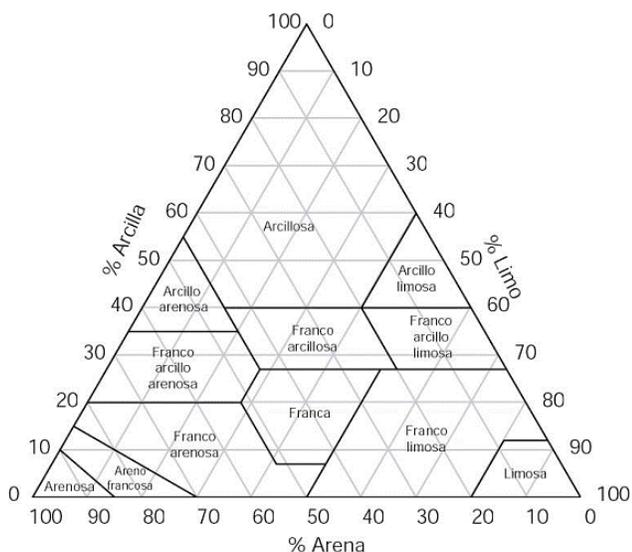


Fig. 1 Propiedades físicas del suelo [7].

▪ Método de la parafina para calcular densidad del suelo

Para ello se selecciona un pequeño terrón que refleje la condición original de la estructura de suelo en campo, se extrae la humedad del terrón sometiéndolo a estufa a 105°C durante 48 horas, se pesa el terrón una vez haya perdido su humedad, se amarra el terrón a un hilo delgado y se cubre con una capa delgada de parafina, se introduce el terrón en una probeta que contiene un volumen de agua conocido y se establece la cantidad de agua desplazada por el peso del terrón parafinado, y se aplica la ecuación (1).

▪ Ecuaciones específicas y datos para el diseño agronómico.

Densidad real

$$Dr = \frac{\text{Peso suelo seco en la estufa a } 110\text{ }^\circ\text{C (g)}}{\text{Volumen de agua desalojado por el suelo (cm3)}} \quad (1)$$

Densidad aparente

$$Da = \frac{\text{Peso del terrón de suelo seco a la estufa a } 105\text{ }^\circ\text{C (en g)}}{\text{Volumen de agua desplazado por el terrón parafinado (en cm3)}} \quad (2)$$

Porcentaje de Humedad gravimétrica

$$HG\% = \frac{(\text{Peso muestra húmeda en g}) - (\text{Peso muestra seca en g a } 105\text{ }^\circ\text{C})}{(\text{Peso muestra seca en g a } 105\text{ }^\circ\text{C})} \quad (3)$$

Humedad volumétrica

$$HV = (\% \text{Humedad Gravimétrica}) \times (\text{Densidad aparente}) \quad (4)$$

Peso capa arable

$$Pca (\text{Volumen del suelo a mecanizar}) \times (\text{Densidad aparente}) \quad (5)$$

Porosidad total del suelo

$$\text{Porosidad}\% = (1 - \text{Densidad aparente} / \text{Densidad real}) \times 100 \quad (6)$$

Macro poros = % de porosidad -

$$\% \text{ de humedad volumétrica con capacidad de campo} \quad (7)$$

Porcentaje de agua aprovechable

$$\% \text{ Agua aprovechable} = \% \text{ Humedad Volumétrica}_{\text{capacidad campo}} - \% \text{ Humedad Volumétrica}_{\text{Punto de Marchitez Permanente}} \quad (8)$$

C. Análisis químico

Para la realización del análisis químico se tomaron muestras de suelos en forma de zigzag en el lote del cultivo plantado y posteriormente enviadas al laboratorio de la Universidad Jorge Tadeo lozano, centro de biosistemas [4], en donde se determinaron los niveles de nutrientes del suelo así como PH, conductividad eléctrica, del mismo. Con este resultado se puede determinar la necesidad del suelo en fertilizantes para suplir los requerimientos del cultivo de cítricos. Ver tabla 4.

TABLA 4. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS DE SUELO [4]

ENMIENDAS			
	Materia orgánica	Cal agrícola	Oxido de magnesio
	Gramos/Árbol		
CÍTRICOS	3900	-	1000
Requerimiento de fertilizante del cultivo			
Producto			g/planta/año
Sulfato de potasio (0-050-18)			875
Sulfato de amonio (21-24)			875
Fosfato diamónico DAP (18-46-0)			650
Materia orgánica			3927
Oxido de magnesio (85%)			1021
Elementos menores			
Sulfato de magnesio (30)			250
Sulfato de cobre (28)			15
Sulfato de zinc (25)			75
Bórax técnico (13)			22,5

D. Análisis de aguas para riego

Para realizar el análisis de agua para riego se tomó una muestra de un litro de agua de la fuente, posteriormente enviada al laboratorio de la Universidad Jorge Tadeo lozano, centro de biosistemas, en donde se determinaron los niveles de elementos de esta; siendo la calidad indicada como resultado ya que no se encuentran problemas de salinidad o niveles de sodio perjudiciales que puedan afectar el suelo.

Clasificación del agua según los resultados del análisis.

C1: Agua de salinidad baja: puede usarse para irrigación en la mayoría de los suelos y cultivos con bajo riesgo de generar problemas de salinidad en el suelo.

S1: Agua baja en sodio: puede utilizarse para irrigación, sin riesgo de que se produzcan problemas niveles perjudiciales de sodio intercambiable.

Dureza (mg/litro de CaCO₃): 6.0 [4]

E. Diseño del sistema de riego

Este diseño ha sido realizado bajo parámetros precisos de los autores del proyecto.

El diseño de un sistema de riego consiste básicamente en la forma en que se dispondrá dicho riego, y este va a estar en función de varios factores que deben ser considerados, por ejemplo, el tipo de riego, el cultivo, la pendiente del terreno como las curvas de nivel (ver figura 2), la textura del terreno, entre otras.

Cabe mencionar que el diseño se divide en dos partes: el diseño propiamente de riego, y el diseño hidráulico, este último para determinar los requerimientos en cuanto a caudales y potencial descrito gráficamente en la figura 3.

En cuanto al diseño agrícola, se basó en aspectos del cultivo como la evapotranspiración, la temperatura del área, el tipo de suelo, entre otros. [3]



Fig. 2 Sistema de riego parcela demostrativa.

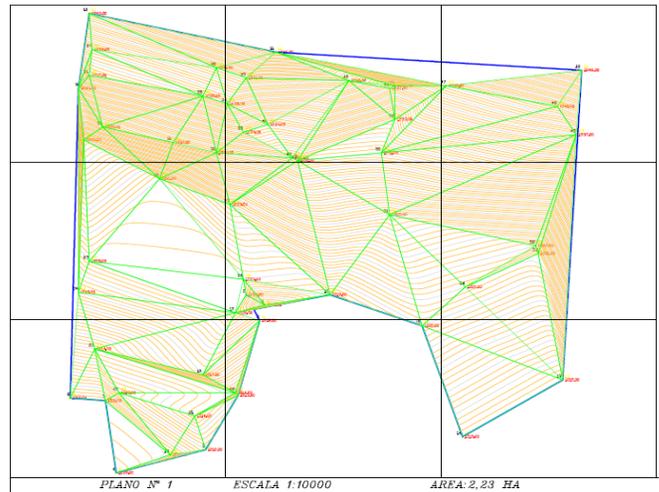


Fig. 3 Plano con curvas de nivel.

F) Fórmulas diseño agronómico

Para este diseño se aplicaron las fórmulas específicas de un diseño agronómico, como son:

$$ETc = ET_o \times Kc \tag{9}$$

Donde:

- ETc: evapotranspiración de cultivo
- Kc: Medio (con datos recolectados en este mismo estudio)
- PE: precipitación efectiva (mm/día)
- ETo: evapotranspiración referencia (mm/mes), con datos recolectados en este mismo estudio.
- Kc: factor específico para cada cultivo

$$Ln = LA \times Ca \tag{10}$$

Donde:

- Ln: Lámina neta (mm)
- Ca: coeficiente de agotamiento, 20 – 30% para frutales y palma

$$LA = 10(Cc - Pmp) \rho_a \times Pr \tag{11}$$

Donde:

- LA: lámina de agua aprovechable (mm)
- Cc: capacidad de campo
- Pmp: punto de marchitez permanente
- ρ_a : densidad aparente del suelo
- Pr: profundidad radicular efectiva

$$FR = Ln/ETC \tag{12}$$

Donde:

- Ln: lámina neta

$$Ln_{ajust} = FR \times ETC \quad (13)$$

Donde:

FR: frecuencia de riego o intervalo de riego (días)

Ln_{ajust} : lámina neta ajustada

$$Lb = Ln_{ajust}/Ea \quad (14)$$

Donde:

Ea: Eficiencia de aplicación

Riego localizado: 90-85%

Lb: Lámina bruta de riego (mm)

$$Amd = AT/FR \quad (15)$$

Donde:

AT: área total

Amd: Área mínima de riego diario (m^2)

$$NTd = TO/TA \quad (16)$$

Donde:

NTd: número de turnos de riego diario

TO: tiempo de operación \rightarrow depende de la mano de obra (horas)

Ta: tiempo de aplicación de riego (horas)

Volumen de agua diaria por planta

$$Vap = Ln_{ajus} \times \%As \quad (17)$$

$\%As$: área sombreada = 1,3

Caudal por planta ($l/hora$)

$$Qp = \frac{Vap}{Ta} \quad (18)$$

Número gotero planta

$$Qg = 4 \text{ l/hora}$$

$$Ngp = \frac{Qp}{Qg} \quad (19)$$

Donde:

Ngp: Número gotero planta

Qg: caudal del gotero

El diseño agronómico fue realizado con datos específicos para obtener la evaporación diaria, como son la evaporación registrada en el tanque evaporímetro, precipitación en el pluviómetro, velocidad del viento y la humedad relativa históricos, distancia de barbecho al tanque evaporímetro el cual es de 100 m; posteriormente de ser tabulados y analizados por el coeficiente del tanque especificados por la FAO (por sus siglas en inglés Food and Agriculture Organization of United Nations, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), además el coeficiente del cultivo, densidad de suelo, etc.

G) Formulas del diseño hidráulico

Para determinar las pérdidas en el sistema de riego por el método de tanteo se aplica la ecuación 20.

Cálculo diámetro y pérdidas redes

$$D = \left\{ \frac{3157 Q^{1,852} L}{C^{1,852} hf} \right\}^{1/4,869} \quad (20)$$

$$hf = \frac{3157 Q^{1,852} L}{C^{1,852} D^{4,869}}$$

Cálculo diámetro y pérdidas en laterales

$$F = 0.35 + \frac{1}{2n} + \frac{0.154}{n^2} \quad (21)$$

H) Método de bloques al azar

Se utilizó este diseño de bloques completos al azar para evaluar la parcela experimental, ya que es el más adecuado para la selección de plantas. Se dividió en tres tratamientos (T1, T2, T3) o módulos de donde se tomaron los dos últimos surcos y se escogieron a azar los bloques (B1, B2, B3) o repeticiones (R1, R2, R3) de cada módulo para hacer la aplicación de los diferentes tratamientos (ver figura 4). Teniendo en cuenta la pendiente y la cantidad de árboles, se tomó un surco para testigo, al cual se le suspendió la línea de riego, se procedió a irrigar, luego se empezaron a tomar los siguientes parámetros biométricos: diámetro de tallo, número de ramas (primarias, secundarias, terciarias, cuaternarias, quintas y sextas), número de hojas en la última rama y volumen de copa (ancho, largo, alto de primer tercio hacia arriba de la planta).

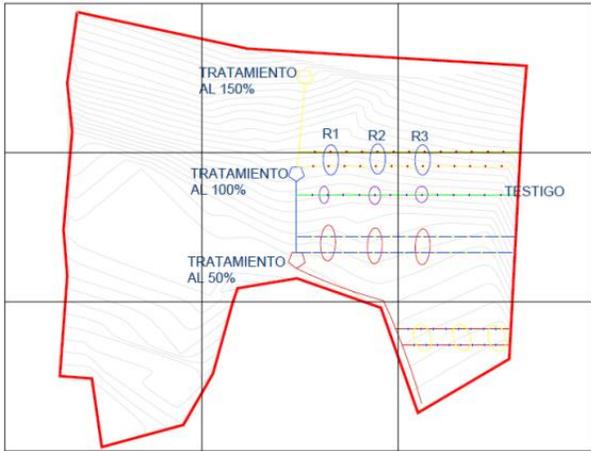


Fig. 4 Diseño del método de bloques al azar.

IV. RESULTADOS

A) Diseño agronómico

En la aplicación de las ecuaciones para el diseño agronómico arroja los siguientes resultados:

Aplicación ecuación (9).

$$ETc = 2,1 \text{ mm/día}$$

Aplicación ecuación (10)

$$Ln = 331,7 \times 25\% \\ Ln = 82,93 \text{ mm}$$

Aplicación ecuación (11) Con datos obtenidos por el método de la parafina

$$LA = 10(29\% - 10\%) \times 1,8 \times 0,97 \\ LA = 331,7 \text{ mm}$$

Aplicación ecuación (12)

$$FR = \frac{82,93}{2,1} = 39,49 \text{ día}$$

Si se ajusta la frecuencia de riego hay que ajustar la lámina neta

Aplicación ecuación (13)

$$Ln_{ajust} = 39 \times 2,1 = 81,9 \text{ mm}$$

Aplicación ecuación (14)

$$Lb = \frac{81,9}{90\%} = 91 \text{ mm}$$

Aplicación ecuación (15)

$$Amd = \frac{13.000}{39} = 333,3 \text{ m}^2$$

Cuando el área total es de 1,3 ha.

Aplicación ecuación (16)

$$NTd = \frac{8h}{40,9min} = \frac{480min}{40,9min} = 11,73$$

Aplicación ecuación (17)

$$\%As: \text{área sombreada} = 1,3 \\ Vap = 81,9 \times 1,3 = 106,47 \text{ mm/planta durante los 37 días} \\ Vap = 106,47 \div 39 \text{ días} = 2,73 \text{ mm/planta * día}$$

Aplicación ecuación (18)

$$Qp = \frac{2,73}{40,9} = 0,0667 \text{ l/hora * planta}$$

Aplicación ecuación (19)

Número gotero planta

$$N_{gp} = \frac{Qp}{Qg} = \frac{0,0667}{4} = 0,0166 = 1 \text{ gotero por planta el cual fue aforado y su caudal es de 3 L/h.}$$

B) Diseño hidráulico

Para calcular las pérdidas por fricción en las redes hidráulicas

Cálculo diámetro y pérdidas

$$D = \left\{ \frac{3157 Q^{1,852} L}{C^{1,852} hf} \right\}^{1/4,869}$$

Aplicación la ecuación (20)

Cálculo de tubería principal desde electrobomba al punto de descarga.

-Pérdidas principal tramo

$$Hf = 16,58 \text{ m} \\ D \text{ principal} = 55,4 \text{ mm}$$

-Tramo descarga-filtro

$$Hf = 0,04 \text{ m} \\ D = 55,6 \text{ mm}$$

-Tramo filtro-reducción

$$H_f=0,04 \text{ m}$$

$$D= 55,6 \text{ mm}$$

-Tramo reducción-final

$$H_f=2,11 \text{ m}$$

$$D= 55,6 \text{ mm}$$

-Laterales se aplica la ecuación (21)

$$H_f=11,59 \text{ m}$$

$$D=15,72 \text{ mm}$$

C) Densidad real

Aplicación ecuación (1), en la tabla 5 se presentan el peso de los tres terrones.

TABLA 5. PESO DE LOS TRES TERRONES [7]

A	38,7 g
B	27,5 g
C	25,7 g
PESO PROMEDIO	30,63 g

Volumen de agua desalojado =137,5 cm³

Densidad real= 2,5 g/cm³

Es el peso y espacio ocupado por las partículas sólidas del suelo y el volumen, la densidad normal esta entre 2,6 g/cm³ y 2,75 g/cm³; cuando el suelo es muy prensado la densidad real puede llegar a 2,4 g/cm³ lo que indica que tiene materia orgánica. También se encuentran suelos de 1,4 g/cm³ los que son muy orgánicos y con mucha fibra.

D) Densidad aparente

Aplicación ecuación (2)

Volumen de agua desalojado por el terrón =16,66 cm³

Densidad aparente=1,8 g/cm³

Es el peso del suelo, aire en estado natural sin prensar, puede oscilar entre 1 g/cm³ muy orgánicos y 1,8 g/cm³ inorgánicos.

E) Humedad gravimétrica

Aplicación ecuación (3), ver tabla 6.

TABLA 6. HUMEDAD GRAVIMÉTRICA [7]

MUESTRA	PESO HÚMEDO SIN BANDEJA (g)	PESO SECA SIN BANDEJA (g)
1	421,6	379,1
2	428,6	426,6
3	430,8	381,2
4	463,6	392,4
5	476,2	433,3
Total	2220,8	2012,6

Peso de la bandeja: 7.6 g

%HG= 10,3448276

Es donde se reconoce la diferencia de masa de un suelo húmedo y seco dejando solo relaciones con la masa del agua contenida en el suelo.

F) Humedad volumétrica

Aplicación ecuación (4)

%HV= 18,6%

Expresa el volumen que puede ocupar el agua en el suelo y su fórmula relaciona la densidad aparente.

G) Peso capa arable

Aplicación ecuación (5)

Suponiéndose que se haya mecanizado las 3½ ha con arado de cincel y que este profundizara 30 cm

Pca=19391.4 Ton

A mayor densidad aparente mayor peso de la capa arable.

H) Porosidad

Aplicación ecuación (6)

P= 28%

Macro poros= % de porosidad - % de humedad volumétrica con capacidad de campo

Pt= 1%+29%=30%

I) Porcentaje de agua aprovechable

Aplicación ecuación (7)

% Aa=19%

La porosidad total demostrada como 28% indica que el suelo es compactado, con muy poca capacidad de retención de agua y aire ya que sus macroporos, mesoporos y microporos se encuentran deficientes y sobre todo en épocas secas.

J) Análisis de datos

Los datos obtenidos se ingresaron al software InfoStat donde se hizo un análisis de varianza por medio del método de comparación LSD Fisher, el cual realizó la interpretación de datos precisos obtenidos en diseños experimentales en campo.

En el análisis de varianza de tallos, para el inicio es significativamente diferente en el tratamiento del 50% ya que en los otros dos tratamientos y en el testigo son más comunes las medias, para los bloques son comunes todas las medias, no hay significativamente diferencia con p-valor ($p > 0,05$), es menor al 5% y para el final de la toma de datos se observó una diferencia en el tratamiento del 150% y el 50%, por lo cual es más significativo el del 50%, pues tiene mayor rendimiento de desarrollo, ya que se debe a las diferentes condiciones de pendientes del terreno y del suelo; el tratamiento del 150% tiene un régimen mayor de aplicación de agua, pero tiene una media muy inferior a la del 50% pues su pendiente es mayor y debido a las condiciones climáticas la aplicación de riego fue muy mínima, se realizó solo durante cuatro días seguidos; la precipitación aumentó, por tanto no hubo la necesidad de aplicación de alguna lámina de riego. El análisis se realizó con los datos recolectados durante un lazo de 37 días.

En cuanto al número de ramas, se puede observar una varianza en el inicio entre los tratamientos entre 0% y 150% respecto a los de 100% y 50% ya que estos tienen un significativo número de ramas respecto a los dos anteriores y la media más significativa es la del 50%; en cuanto a los bloques, el B2 se mantiene intermedio respecto al B1 y B3 pues menor al B3 y mayor B1; en cuanto a los datos finales, sigue siendo significativo el del 50% con una media de 27,55 ya que el de 0% su media es de 17,55 manteniéndose el del

100% dentro de las variables del 0% y el 50% , pues el del 150% su media está más cerca del 0% que del 50% y en los bloques no son significativamente diferentes ya que se mantienen dentro del rango de ($p > 0,05$) p-valor del 5%.

En el análisis de hojas se observa que todos los tratamientos tienen unas medias significativamente iguales ya que están dentro de una sola variable tanto para el inicio de la investigación como para el final, al igual que las medias de los bloques pues todos están definidos con la misma letra en común, no son significativamente diferentes a ($p > 0,05$) p-valor del 5%.

En el análisis de varianza del volumen de copa se encuentra una diferencia en el inicio de la investigación entre el tratamiento 0% y el 50% en sus respectivas medias puesto que es mayor la media del 50%, y entre los 100% y 150% hay una media en común, lo cual demuestra que no hay variabilidad significativa dentro de estos dos tratamientos; respecto a los bloques, tienen una media con una letra en común y no son significativamente diferentes a ($p > 0,05$). Ya para el final de la investigación, se encontraron medias muy comunes entre todos los tratamientos y bloques, puesto que todas las plantas recibieron la misma cantidad de agua, debido a esto mantuvieron un buen volumen de copa y las que tenían diferentes medias en el inicio, lograron igualar a las plantas con mayor volumen y estar todas dentro de una misma media.

Estos resultados se obtuvieron debido al cronograma establecido durante la formulación y ejecución del proyecto y de acuerdo con el tiempo establecido para la toma de datos, por lo que en el análisis general de todas las interpretaciones y gráficas se observó que no hubo diferencias significativas en la biomasa vegetal y en los tratamientos, debido a que en el desarrollo de la investigación se contó con una buena precipitación, al no realizarse en época seca no se pudo observar cambios significativos de las tres láminas de riegos en los tratamientos.

V. CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó el sistema de riego en la parcela experimental, permitiendo que se tomaran datos de acuerdo a los tres diferentes tratamientos y se realizaron estudios de laboratorio con los cuales se identificaron las necesidades y excesos que tiene el suelo por lo que se llevaron a cabo una serie de correcciones con fertilizantes químicos (granulares) y orgánicos (ver tabla 4).

En general, el suelo plantado con esta especie de mandarina contiene altos niveles de hierro y calcio, que se fue mejorando con fertilizantes sulfatados, fosfatados, materia orgánica como enmienda principal, etc; con lo cual se contribuye a mejorar la capacidad de intercambio cationico y a su vez, aumentar la capacidad de retención de agua proporcionando características óptimas para riego.

Se realizó el diseño, montaje, puesta en operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo para cultivo de cítricos, con lo cual se aplicó una de las especialidades que tiene el perfil del ingeniero agrícola, propiciando alternativas tecnológicas que apoyen directamente los sistemas productivos de la región.

Luego de analizar la información recolectada y verificar los resultados estadísticos del modelo experimental, se pudo concluir que no se generaron cambios significativos en la generación de biomasa foliar debido muy posiblemente al aumento de la pluviometría que se dio durante el período de evaluación y que afectó notoriamente los diferentes tratamientos propuestos.

REFERENCIAS

- [1] La mandarina. (s f). Cultivo y manejo de la mandarina, Recuperado de: <http://www.infoagro.com/citricos/mandarina.htm>
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2014)., climáticas y sistema agroecológico características edáficas, Recuperado: 10 de noviembre de 2014, disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/ac117s/ac117s.htm>
- [3] Gonzales, B. (2013). Diseño de un sistema de riegos. Recuperado: 15 de noviembre de 2014, disponible en: http://fausac.usac.edu.gt/GPublica/index.php/Dise%C3%B1o_de_un_sistema_de_riegos_revista.
- [4] Gacheta, S. (2015). Laboratorio de suelos, centro de Biosistemas Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- [5] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2002). Por qué la productividad del agua es importante para el desafío global del agua, capítulo 3. Recuperado: 10 de noviembre de 2014, disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/y4525s/y4525s06.htm>
- [6] Traxco, (2010). Historia ancestral del riego agrícola, recuperado noviembre de 2014, disponible en: <http://www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/historia-ancestral-del-riego>
- [7] Cómo medir la textura del suelo (s f). Recuperado de: <https://www.agromaticas.es/textura-del-suelo/>
- [8] Fundación Universitaria de San Gil, (UNISANGIL) (2014). Laboratorio suelos.