



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 05 de Diciembre de 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

Los suscritos:

Francisco Javier Carvajal Andrade, con C.C. No. 1.075.227.506, y José Ricardo Mora Escobar, con C.C. No. 1.081.156.167, autores del trabajo de grado titulado: "Evaluación de la producción del cultivo de melón variedad Cantaloupe (*Cucumis melo L.*) bajo tres láminas de riego" presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola; Autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Francisco Javier Carvajal Andrade

Firma: Javier Carvajal Andrade.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: José Ricardo Mora Escobar

Firma: Jose Mora

Vigilada Mineducación



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Evaluación de la producción del cultivo de melón variedad Cantaloupe (*Cucumis melo L.*) bajo tres láminas de riego

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Carvajal Andrade	Francisco Javier
Mora Escobar	José Ricardo

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Reyes Morales	Cristian Ronney
Arévalo Hernández	John Jairo

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Agrícola

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Ingeniería Agrícola

**CIUDAD:** Neiva

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2018

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 67

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas\_\_\_ Fotografías\_\_\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general  Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_ Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Producción	Production	5. Eficiencia del agua	Water efficiency
2. Calidad	Quality	6. Potencial mátrico	Matrico potential
3. Melón	Melon	7. Diámetro	Diameter
4. Rendimiento	Yield	8. Evapotranspiración	Evapotranspiration

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la producción y calidad del cultivo de melón híbrido Araucano Variedad Cantaloupe (*Cucumis melo L.*) bajo la aplicación de tres láminas de riego que corresponden al 100, 80 y 60% de la evapotranspiración del cultivo (ETc100, ETc80 y ETc60) calculadas a partir del tanque evaporímetro clase A. El potencial mátrico del suelo ( $\Psi_m$ ) osciló entre 0 y -18 kPa, el rendimiento promedio para las tres láminas de riego fue de 8428, 5889 y 5997 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, la eficiencia en el uso del agua (EUA) fue de 16.9, 14.8 y 20.0 kg m<sup>-3</sup>, el promedio de número de frutos cosechados por planta fue de 1.3, 1.1 y 0.9, el peso promedio del fruto fue de 0.41, 0.35 y 0.41 kg, el diámetro ecuatorial (De) fue de 9.60, 8.53 y 8.87 cm, el diámetro polar (Dp) fue de 10.20, 8.43 y 8.97 cm, mientras que los sólidos solubles totales (SST) fueron de 5.37, 5.83 y 5.57 °Brix y el pH de la pulpa fue de 6.23, 6.53 y 6.40. Se encontró diferencias estadísticamente significativas para (Dp) y rendimiento, los tratamientos ETc80 y ETc60 presentaron una disminución del 30.1% y 28.8% de la producción en kg ha<sup>-1</sup> respecto al tratamiento ETc100. Resultados diferentes fueron los observados para número de frutos cosechados, peso, diámetro ecuatorial (De), °Brix y pH donde no se presentó diferencias estadísticamente significativas.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The main objective of this research was to evaluate the production and quality of the hybrid melon crop Araucano Variety Cantaloupe (*Cucumis melo* L.) under the application of three irrigation sheets corresponding to 100, 80 and 60% of crop evapotranspiration (ETc100, ETc80 and ETc60) calculated from the Evaporimeter tank class A. The matric potential of the soil ( $\Psi_m$ ) ranged between 0 and -18 kPa, the average yield for the three irrigation sheets was 8428, 5889 and 5997 kg ha<sup>-1</sup> respectively, the efficiency in the use of water (EUA) was 16.9, 14.8 and 20.0 kg m<sup>-3</sup>, the average number of fruits harvested per plant was 1.3, 1.1 and 0.9, the average weight of the fruit was 0.41, 0.35 and 0.41 kg, the equatorial diameter (De) was 9.60, 8.53 and 8.87 cm, the polar diameter (Dp) was 10.20, 8.43 and 8.97 cm, while the total soluble solids (SST) were 5.37, 5.83 and 5.57 °Brix and the pH of the pulp was 6.23, 6.53 and 6.40. Statistically significant differences were found for (Dp) and yield, ETc80 and ETc60 treatments showed a decrease of 30.1% and 28.8% of the production in kg ha<sup>-1</sup> with respect to the ETc100 treatment. Different results were observed for number of fruits harvested, weight, equatorial diameter (De), °Brix and pH where no statistically significant differences were presented.

#### APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Cristian Reyes Morales ; M.SC John Arévalo Hernández

Firma:

*Cristian Reyes M*  
DIRECTOR PROYECTO DE GRADO

Firma:

Codirector

Nombre Jurado: Jaime Izquierdo Bautista

Nombre Jurado: Marlio Bedoya

Firma:

Firma:

Vigilada mieducación

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MELÓN VARIEDAD  
CANTALOUPE (*Cucumis melo L.*) BAJO TRES LÁMINAS DE RIEGO**

FRANCISCO JAVIER CARVAJAL ANDRADE  
JOSÉ RICARDO MORA ESCOBAR

Universidad Surcolombiana  
Facultad De Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Agrícola  
Adecuación De Tierras  
Neiva  
2018

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MELÓN VARIEDAD  
CANTALOUPE (*Cucumis melo L.*) BAJO TRES LÁMINAS DE RIEGO**

FRANCISCO JAVIER CARVAJAL ANDRADE  
JOSÉ RICARDO MORA ESCOBAR

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Agrícola

Director:

**ING. CRISTIAN RONNEY REYES MORALES**  
Ingeniero Agrícola

Codirector:

**JOHN JAIRO ARÉVALO HERNÁNDEZ**  
Ingeniero Agrícola M.SC.

Universidad Surcolombiana  
Facultad De Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Agrícola  
Adecuación De Tierras  
Neiva  
2018

**Dedicado a.**

A Dios todo poderoso, que nos guio en esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros padres y hermanos por su apoyo.

## **Agradecimientos**

Al director I.A. Cristian Reyes Morales y codirector I.A. John Jairo Arévalo Hernández, por el tiempo, paciencia, dedicación, empeño y acompañamiento que tuvieron durante todo el desarrollo de la investigación.

Al señor Héctor Valencia y su familia, por permitir el desarrollo del experimento dentro de su granja y siempre estar atento a colaborarnos.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para la realización de este proyecto de investigación.

## EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MELÓN VARIEDAD CANTALOUPE (*Cucumis melo L.*) BAJO TRES LÁMINAS DE RIEGO

### Resumen

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la producción y calidad del cultivo de melón híbrido Araucano Variedad Cantaloupe (*Cucumis melo L.*) bajo la aplicación de tres láminas de riego que corresponden al 100, 80 y 60% de la evapotranspiración del cultivo (ETc100, ETc80 y ETc60) calculadas a partir del tanque evaporímetro clase A. El potencial mátrico del suelo ( $\Psi_m$ ) osciló entre 0 y -18 kPa, el rendimiento promedio para las tres láminas de riego fue de 8428, 5889 y 5997 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, la eficiencia en el uso del agua (EUA) fue de 16.9, 14.8 y 20.0 kg m<sup>-3</sup>, el número de frutos cosechados por planta fue de 1.3, 1.1 y 0.9, el peso promedio del fruto fue de 0.41, 0.35 y 0.41 kg, el diámetro ecuatorial (De) fue de 9.60, 8.53 y 8.87 cm, el diámetro polar (Dp) fue de 10.20, 8.43 y 8.97 cm, mientras que los sólidos solubles totales (SST) fueron de 5.37, 5.83 y 5.57 °Brix y el pH de la pulpa fue de 6.23, 6.53 y 6.40. Se encontró diferencias estadísticamente significativas para (Dp) y rendimiento, los tratamientos ETc80 y ETc60 presentaron una disminución del 30.1% y 28.8% de la producción en kg ha<sup>-1</sup> respecto al tratamiento ETc100. Resultados diferentes fueron los observados para número de frutos cosechados, peso, diámetro ecuatorial (De), °Brix y pH donde no se presentó diferencias estadísticamente significativas.

**Palabras claves:** producción, calidad, melón, rendimiento, eficiencia del agua, potencial mátrico, diámetro, evapotranspiración.

## **EVALUATION OF MELON CROP PRODUCTION CANTALOUPE VARIETY (*Cucumis melo L.*) UNDER THREE IRRIGATION SHEETS**

### **ABSTRAC**

The main objective of this research was to evaluate the production and quality of hybrid Araucanian Cantaloupe Variety (*Cucumis melo L.*) under the application of three irrigation sheets corresponding to 100, 80 and 60% of crop evapotranspiration (ETc100, ETc80 and ETc60) calculated from the evaporimeter tank class A. The matric potential of the soil ( $\Psi_m$ ) ranged between 0 and -18 kPa, the average yield for the three irrigation sheets was 8428, 5889 and 5997 kg ha<sup>-1</sup> respectively, the efficiency in the use of water (EUA) was 16.9, 14.8 and 20.0 kg m<sup>-3</sup>, the number of fruits harvested per plant was 1.3, 1.1 and 0.9, the average weight of the fruit was 0.41, 0.35 and 0.41 kg, the equatorial diameter (De) was 9.60, 8.53 and 8.87 cm, the polar diameter (Dp) was 10.20, 8.43, 8.97 cm, while the total soluble solids (SST) were 5.37, 5.83 and 5.57 ° Brix and the pH of the pulp of 6.23, 6.53 and 6.40. Statistically significant differences were found for (Dp) and yield, the treatments ETc80 and ETc60 presented a decrease of 30.1% and 28.8% of the production in kg ha<sup>-1</sup> for the ETc100 treatment. Different results for the numbers harvested, weight, equatorial diameter (De), °Brix and pH where there are no statistically significant differences.

**Keywords:** production, quality, melon, yield, water efficiency, matric potential, diameter, evapotranspiration.

# Contenido

<b>Resumen</b>	<b>5</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>10</b>
<b>Lista de ecuaciones</b>	<b>11</b>
<b>Lista de tablas</b>	<b>12</b>
<b>Lista de símbolos y abreviaturas</b>	<b>13</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>15</b>
<b>2. Objetivo general</b>	<b>17</b>
2.1. Objetivos específicos	17
<b>3. Marco conceptual</b>	<b>18</b>
3.1. El agua	18
3.2. Características generales del cultivo.	18
3.2.1. Origen del melón.	18
3.2.2. Descripción taxonómica del melón	19
3.2.3. Descripción botánica del melón	19
3.2.4. Requerimientos climáticos del melón	22
3.2.5. Exigencias edáficas del melón	23
3.2.6. Plagas y enfermedades que afectan al cultivo de melón	24
3.3. Estándares de calidad en el melón	25
3.4. Manejo del riego	26
3.5. Eficiencia en el uso del agua (EUA)	29
3.6. Necesidades hídricas del cultivo	30
3.6.1. Evapotranspiración	31
3.6.2. Coeficiente del cultivo (Kc)	32
<b>4. Materiales y métodos</b>	<b>33</b>
4.1. Descripción de la zona de estudio	33

4.1.1.	Parcela experimental	34
4.1.2.	Material vegetal	35
4.1.3.	Clima	35
4.1.4.	Suelo	35
4.1.5.	Riego	36
<b>4.2.</b>	<b>Diseño experimental</b>	<b>37</b>
4.2.1.	Tratamientos	37
4.2.2.	Manejo del riego	38
<b>4.3.</b>	<b>Métodos y técnicas utilizadas</b>	<b>39</b>
4.3.1.	Datos climáticos	39
4.3.2.	Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ) y evapotranspiración de cultivo (ET <sub>c</sub> )	39
4.3.3.	Precipitación	40
4.3.4.	Volumen de agua aplicada	41
4.3.5.	Potencial matricial de agua en el suelo ( $\Psi_m$ )	42
4.3.6.	Número de frutos cosechados	42
4.3.7.	Diámetro ecuatorial y polar de los frutos	43
4.3.8.	Peso	43
4.3.9.	Sólidos solubles totales (SST)	44
4.3.10.	pH	44
4.3.11.	Eficiencia en el uso del agua (EUA)	45
4.3.12.	Prácticas culturales	45
<b>4.4.</b>	<b>Análisis estadístico</b>	<b>46</b>
<b>5.</b>	<b>Resultados y discusión</b>	<b>47</b>
5.1.	Análisis físico del suelo	47
5.2.	Evaluación sistema de riego	48
5.3.	Evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> ) y de cultivo (ET <sub>c</sub> )	49
5.4.	Volumen de agua aplicada	50
5.5.	Potencial matricial	51
5.6.	Número de frutos cosechados	52
5.7.	Diámetro polar y ecuatorial	53

5.8.	Peso	55
5.9.	Sólidos solubles totales	56
5.10.	pH	57
5.11.	Rendimiento	58
5.12.	Eficiencia en el uso del agua (EUA)	59
6.	<i>Conclusiones</i>	60
7.	<i>Anexos</i>	61
A.	<i>Anexo. Resultados de la prueba de infiltración</i>	61
B.	<i>Anexo. Evaluación de uniformidad del sistema de riego</i>	61
8.	<i>Bibliografía</i>	62

## Lista de figuras

<i>Figura 4-1. Ubicación geográfica finca villa victoria en rivera (Huila)</i>	33
<i>Figura 4-2. Adecuación de la parcela experimental.</i>	34
<i>Figura 4-3. Parcela experimental con acolchado plástico.</i>	34
<i>Figura 4-4. Olla de presión para la determinación de la curva de retención de humedad</i>	36
<i>Figura 4-5. Sistema de riego por goteo en la parcela experimental.</i>	37
<i>Figura 4-6. Esquema de la parcela experimental con sus respectivos tratamientos</i>	38
<i>Figura 4-7. Tanque evaporímetro clase A.</i>	39
<i>Figura 4-8. Pluviómetro</i>	41
<i>Figura 4-9. Tensiómetro Irrrometer</i>	42
<i>Figura 4-10. Frutos con su respectivo rótulo.</i>	42
<i>Figura 4-11. Medición del diámetro en los frutos con calibrador pie de rey.</i>	43
<i>Figura 4-12. Balanza digital AND EK – 2000G ± 0,1 g.</i>	43
<i>Figura 4-13. Refractómetro digital ATAGO Pocket PAL-1.</i>	44
<i>Figura 4-14. Potenciómetro Thermo Scientific™ Orion™ 3-Star Benchtop pH Meter.</i>	44
<i>Figura 5-1. Curva de retención de humedad.</i>	48
<i>Figura 5-2. Esquema de la evaluación del sistema de riego por goteo</i>	49
<i>Figura 5-3. Comportamiento de la evapotranspiración durante los días después de la siembra.</i>	49
<i>Figura 5-4. Balance hídrico presentado durante los días después de la siembra</i>	50
<i>Figura 5-5. Comportamiento del riego en m<sup>3</sup> para cada tratamiento.</i>	50
<i>Figura 5-6. Lámina de riego acumulado m<sup>3</sup> por tratamiento.</i>	51
<i>Figura 5-7. Comportamiento diario del potencial matricial del suelo <math>\Psi_s</math>, en KPa, para los tres tratamientos.</i>	52
<i>Figura 5-8. Valores promedio de <math>F_{cose}</math> por planta para cada tratamiento.</i>	52
<i>Figura 5-9. Valores promedio de <math>D_p</math> para cada tratamiento.</i>	53
<i>Figura 5-10. Valores promedio de <math>D_e</math> para cada tratamiento.</i>	54
<i>Figura 5-11. Valores promedio de peso por fruto para cada tratamiento.</i>	55
<i>Figura 5-12. Valores promedio de °Brix para cada tratamiento.</i>	56
<i>Figura 5-13. Valores promedio de pH para cada tratamiento.</i>	57
<i>Figura 5-14. Valores promedio de rendimiento en cada tratamiento.</i>	58
<i>Figura A-1. Grafica de infiltración acumulada con sus respectivos resultados.</i>	61

## Lista de ecuaciones

<i>Ecuación 3-1 Ecuación de Brook y Corey</i>	28
<i>Ecuación 3-2 Ecuación de Van Genuchten</i>	28
<i>Ecuación 3-3 Velocidad de infiltración</i>	28
<i>Ecuación 3-4 Infiltración acumulada</i>	29
<i>Ecuación 3-5 Infiltración básica</i>	29
<i>Ecuación 3-6 Tiempo básico</i>	29
<i>Ecuación 4-1 Evapotranspiración de referencia</i>	39
<i>Ecuación 4-2 Coeficiente del tanque evaporímetro</i>	40
<i>Ecuación 4-3 Evapotranspiración del cultivo</i>	40
<i>Ecuación 4-4 Lámina de riego</i>	41
<i>Ecuación 4-5 Volumen de agua a aplicar</i>	41
<i>Ecuación 4-6 Tiempo de riego</i>	41
<i>Ecuación 4-7 Uso eficiente del agua</i>	45

## Lista de tablas

<i>Tabla 3-1. Composición del fruto de melón</i>	21
<i>Tabla 3-2. Principales plagas que afectan al cultivo de melón.</i>	24
<i>Tabla 3-3. Principales enfermedades que afectan al cultivo de melón.</i>	25
<i>Tabla 4-1. Datos históricos promedio obtenidos en la granja piloto Villa Victoria</i>	33
<i>Tabla 4-2. Valores de Kc</i>	40
<i>Tabla 4-3. Fertilizantes utilizados durante el experimento</i>	45
<i>Tabla 4-4. Plaguicidas utilizados durante el experimento</i>	46
<i>Tabla 5-1. Resumen de los resultados del análisis físico del suelo</i>	47
<i>Tabla 5-2. Valores de humedad volumétrica y gravimétrica a diferentes presiones de succión.</i>	48
<i>Tabla 5-3. Lámina de agua aplicado y tensión mátrico del suelo (<math>\Psi_m</math>) antes de regar.</i>	51
<i>Tabla 5-4. Tabla ANOVA para Fcose por planta por tratamientos</i>	53
<i>Tabla 5-5. Resultados de la comparación múltiple de Dp por el método de Duncan. El * indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre ese par de tratamientos.</i>	54
<i>Tabla 5-6. Tabla ANOVA para De por tratamientos</i>	55
<i>Tabla 5-7. Tabla ANOVA para peso por tratamientos</i>	56
<i>Tabla 5-8. Tabla ANOVA para °Brix por tratamientos</i>	56
<i>Tabla 5-9. Tabla ANOVA para pH por tratamientos</i>	57
<i>Tabla 5-10. Resultados de la comparación múltiple de rendimiento por el método de Duncan. El * indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre ese par de tratamientos.</i>	58
<i>Tabla 5-11. Eficiencia en el uso del agua (EUA) para cada tratamiento.</i>	59
<i>Tabla B-1. Resultados de la evaluación del sistema de riego.</i>	61

## Lista de símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidades SI
CE	Conductividad Eléctrica	dS m <sup>-1</sup>
HR <sub>media</sub>	Humedad relativa media diaria	[%]
U <sub>2</sub>	Velocidad promedio diaria del viento	(m s <sup>-1</sup> )
T	Temperatura	°C
h	Presión de succión del suelo	cm agua
n	Constante empírica de Van Genuchten	
m	Constante empírica de Van Genuchten	
I	Velocidad de infiltración	cm h <sup>-1</sup>
i	Infiltración acumulada	
I <sub>b</sub>	Infiltración básica	cm
t <sub>b</sub>	Tiempo básico	min

### Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidades SI
(Ψ <sub>m</sub> )	Potencial matricial de agua en el suelo	KPa-cbar
θ <sub>g</sub>	Humedad gravimétrica del suelo	%
θ <sub>v</sub>	Humedad volumétrica del suelo	%
α	Parámetro empírico de Van Genuchten	L <sup>-1</sup>

### Abreviaturas

Abreviatura	Término
CC	Capacidad de campo
PMP	Punto de marchitez permanente
NAP	Nivel de agotamiento permisible
CRH	Curva de retención de humedad
ET <sub>o</sub>	Evapotranspiración del cultivo de referencia

## Abreviaturas

---

Abreviatura	Término
ETc	Evapotranspiración del cultivo
Kc	Coefficiente del cultivo
EUA	Uso eficiente de agua de riego
Fcose	Frutos cosechados
Dp	Diámetro polar
De	Diámetro ecuatorial
SST	Sólidos solubles totales

## 1. Introducción

Gran parte de la producción actual de frutas y hortalizas en Colombia se desarrolla en pequeñas áreas agrícolas bajo sistemas de producción muy tradicionales carentes de aplicación tecnológica siendo característica la siembra de una gran variedad de cultivos de comercio limitado, que refleja un mercado agrícola desorganizado y poco rentable con altos costos sobre los recursos naturales, además, el uso indiscriminado de agroquímicos puede afectar el crecimiento de algunos cultivos y disminuir la fertilidad del suelo, causando de igual manera un aumento del uso de fertilizantes que desencadena en una producción agrícola insostenible (Muñoz, 2015).

El cultivo de Melón en Colombia, es sembrado a pequeña escala por los campesinos, presentando problemas como la deficiente aplicación de tecnología, falta de asistencia técnica, además de prácticas culturales antiguas. El principal productor del fruto se encuentra en la Costa Atlántica, los departamentos de Atlántico y Magdalena. Durante la última década, la variedad de melón criolla ha venido creciendo, dado a su ciclo vegetativo corto y la creciente demanda por parte de los turistas que visitan Barranquilla y sus alrededores (CCI, 2017).

El melón Cantaloupe, es la variedad más sembrada en el país, presenta un reticulado en alto relieve, peso aproximado de 1 a 2 kilogramos y °Brix entre 9 y 12. Se produce durante todo el año, aunque puede presentar periodos cortos de desabastecimiento. Para el eficiente desarrollo del cultivo, se debe sembrar en suelos francos bien drenados, con humedad relativa del 75% y temperatura media de 26°C. su rendimiento se encuentra entre 10 y 25 ton ha<sup>-1</sup> con un ciclo productivo de tres meses. El invierno limita la cosecha, ya que es un cultivo muy sensible a plagas y a la humedad (Angelfire, 2002).

La cantidad de riego aplicado, determina el rendimiento y la calidad del fruto. El exceso de agua disminuye la concentración de sólidos solubles totales (SST), el parámetro de calidad más importante para los consumidores, mientras que la falta de la misma, produce frutos de menor tamaño y rendimiento bajo (Fabeiro et al., 2002; Sensoy et al., 2007) citado por (Cuevas, y otros, 2011).

En un estudio realizado por De Medeiros y otros en el 2007, en el cual se aplicó el 100%, 84% y 67% de la lámina de riego, se evaluó el número, la masa y la productividad de los frutos comercializables (mercados interiores y externo), encontrando que la producción disminuyó con la reducción de la lámina de riego. Por otro lado, De Figueiredo en el 2014 estudió la aplicación de tres láminas de riego correspondientes al 50%, 75% y 100% de la ETo, con el objetivo de evaluar la eficiencia del uso del agua (EUA), productividad total (PT), productividad comercial (PC), diámetro transversal (DT) Longitudinal de los frutos (DL) e índice de sólidos solubles (°Brix), encontrando que las láminas aplicadas equivalentes al 75% y 100% de la Eto propiciaron los mejores resultados en relación a la productividad total, productividad comercial, diámetro transversal y longitudinal de los frutos e índice de sólidos solubles (°Brix).

El objetivo principal de esta investigación, es evaluar la producción y algunos indicadores de calidad en el melón híbrido Araucano var. Cantaloupe (*Cucumis melo L.*) bajo la aplicación de tres (3) láminas de riego. Las variables a evaluar serán el rendimiento, la eficiencia en el uso del agua (EUA), número de frutos por planta, peso, diámetro ecuatorial, diámetro polar, SST y pH.

El uso eficiente del agua se está convirtiendo en una necesidad, debido a que este recurso indispensable para el sector agrícola se está agotando y su disponibilidad es menor. Por ende, este trabajo pretende realizar una evaluación experimental que permita buscar un máximo rendimiento del cultivo, con fines de adaptación al cambio climático y uso eficiente del agua en la agricultura, sin afectar la calidad del mismo.

## **2. Objetivo general**

Evaluar la producción y algunos indicadores de calidad en el cultivo de melón híbrido araucano var. Cantaloupe (*Cucumis melo L.*), bajo la aplicación de tres láminas de riego (100%, 80% y 60% de la evapotranspiración del cultivo).

### **2.1. Objetivos específicos**

1. Evaluar la producción del cultivo de melón.
2. Evaluar algunas propiedades e indicadores de la calidad del fruto.
3. Determinar la eficiencia en el uso del agua (EUA).
4. Evaluar la relación suelo-atmosfera para tres láminas de riego.

### **3. Marco conceptual**

#### **3.1. El agua**

La gran demanda de agua que requieren sectores como los de la agricultura con un 70% del total de las extracciones, la industria, y las zonas urbanas están agotando los recursos hídricos (FAO, 2017).

En el sector agrícola, el desarrollo de estas actividades se ve limitado por el agua, y tanto la falta como el exceso de la misma afectan el crecimiento, la sanidad y la producción de las plantas. La irrigación es una práctica agrícola cuyo propósito es mantener adecuado el estado hídrico de las plantas para asegurar el desarrollo, la productividad y rentabilidad económica (Pires et al., 2001).

El uso eficiente del agua se está convirtiendo cada vez más en una necesidad en virtud de su escasez (Barros et al., 2003) por lo que uno de los grandes retos para la investigación agrícola es buscar obtener el máximo rendimiento posible de un cultivo utilizando la menor cantidad de agua sin comprometer su productividad. En este aspecto, Da Silva y otros en el 2005 afirmaron que implementando el riego localizado se puede obtener un incremento en la productividad y en el nivel de calidad de los frutos del melón y así obtener mayor rentabilidad.

#### **3.2. Características generales del cultivo.**

##### **3.2.1. Origen del melón.**

Se tejen dos teorías respecto al origen del melón. Una primera donde se menciona que la zona tropical y subtropical de África es el principal centro de origen de la especie (*Cucumis melo L.*). Una segunda donde su origen se encuentra en la región que comprende Irán (Persia), el sur de Rusia, India y el Este de China. la documentación más antigua de la presencia del melón se remonta a los egipcios, 2,400 años A.C. le siguen los griegos con escritos del siglo III A.C. En el siglo I D.C., el turno fue para los romanos, quienes describen el cultivo y los tipos de melón que consumían. El cultivo de melón se dispersó hacia el Oeste por la región del mediterráneo, llegando

a España para el siglo XV D.C. Luego fue traído al nuevo mundo por Cristóbal Colón en su segundo viaje, diseminándose posteriormente por todas las Américas (Fornaris, 2001).

La palabra melón procede del francés cuyo origen fue del vocablo latino *melopepo*, que significa “fruta con forma de manzana”, donde se refieren a los primeros melones silvestres, muy pequeños y parecidos a esta fruta (Martin, 2010).

### **3.2.2. Descripción taxonómica del melón**

Cano y Espinoza en 2002 mencionan que el melón (*Cucumis melo L*) pertenece a la familia de las cucurbitáceas, la cual abarca un cierto número de especies cultivadas como son los pepinos, calabazas y sandias. Según (CABI, 2010), este fruto está comprendido dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Cucumis

Especie: (*Cucumis melo L.*)

### **3.2.3. Descripción botánica del melón**

Es una planta anual, herbácea de porte rastrero o trepador; se cultiva en diferentes zonas del mundo, entre los 50° de latitud norte y los 30° de latitud sur, especialmente en climas cálidos y no demasiados fríos. Por la amplia gama de altitudes en que esta especie se cultiva tanto en los continentes americanos como en el viejo mundo, se obtiene una gran diversidad morfológica de semillas y frutos, colores y formas, grosores y la durabilidad de la cascara de fruto. En general el ciclo fenológico desde la siembra hasta la fructificación, varía de 90 a 110 días (Espinoza et al., 2003).

### **3.2.3.1. Raíz**

Presenta raíces abundantes y rastreras que pueden llegar a descender hasta un metro de profundidad o aún más (Marco, 1969; Hecht, 1977). La profundidad efectiva se sitúa en los primeros 0,3 a 0,5 m de la superficie del suelo (Silva, 2000).

La raíz adulta es pivotante, con un sistema radicular secundario extenso que puede alcanzar hasta 1,5 metros de profundidad, aunque superficial en cultivos enarenados (Reche, 2000).

### **3.2.3.2. Tallo**

Es trepador y está cubierto de vellos blancos, las ramificaciones son más cortas que las de la sandía y miden 1.5 m aproximadamente (Guenko, 1990). Los tallos principales están recubiertos de formaciones pilosas, y presentan nudos en los que se desarrollan hojas, zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas (SAG, 2005). Este empieza a ramificarse después de que se han formado 5 o 6 hojas (Leñado, 1978).

### **3.2.3.3. Hojas**

Las hojas son de limbo orbicular aovado, reniforme o pentagonal, y se divide en 3-7 lóbulos con los márgenes dentados y vellosas por el envés (SAG, 2005). El peciolo mide de 10 a 15 cm aproximadamente (Reche, 2000).

### **3.2.3.4. Flor**

Se pueden presentar tres tipos de flores: estaminadas (macho), pistiladas (hembras) y hermafroditas (flores que presentan al mismo tiempo los órganos masculinos y femeninos). De acuerdo a la presencia de estas flores, pueden ser monoicas (presenta flores estaminadas y pistiladas) y andromonoicas (presenta flores estaminadas y hermafroditas). Las flores machos aparecen antes que las hermafroditas y en grupos de tres a cinco flores en los nudos de las guías primarias y nunca donde se encuentra una femenina o flor hermafrodita. Las flores pistiladas se diferencian de las estaminadas en el abultamiento en su base, que es donde se encuentra el ovario. Las plantas de melón producen más flores estaminadas que hermafroditas (Cano, 1994).

Las flores permanecen abiertas un solo día. Abren con la salida del sol, o un par de horas después, aunque las temperaturas bajas, alta humedad o nubosidad suelen retrasar el suceso (Di Trani, 2007).

En una planta existe una relación de 512 flores masculinas por 43 hermafroditas, es decir 12:1 puede variar dependiendo de la actividad de los polinizadores y el amarre de fruto, si no existen polinizadores y no hay amarre de frutos, la relación puede transformarse a una hermafrodita por cuatro masculinas, es decir 4:1 (Reyes & Cano, 2004).

### 3.2.3.5. Fruto

Científicamente se dice que es una baya, con abundante semilla, su forma puede ser redonda, agrandada u ovalada, aplanada por los polos y con dimensiones muy variables (Cano & Espinoza, 2002). Recibe el nombre botánico de pepónide y es una infrutescencia carnosa unilocular, constituida por mesocarpio, endocarpio y tejido placentario, recubierto por una corteza o epicarpio soldada al mesocarpio. El color de la corteza varía entre verde, amarillo, anaranjado o blanquecino, puede ser lisa, reticulada o estriada; su diámetro varía entre 15 y 60 cm (Maroto, 2002). En la tabla 3-1 se puede observar la composición del fruto.

**Tabla 3-1.** Composición del fruto de melón

Elementos	%
Agua	89.87
Sustancias albuminoides	0.96
Grasas	0.28
Azúcar	0.57
Sustancias extractivas	0.57
Fibras leñosas	1.05
Cenizas	0.70

Fuente: (Tamaro, 1998)

### **3.2.3.6. Semillas**

Son fusiformes, aplastadas y de color blanco o amarillento, de 3 a 6 mm de largo. Pueden existir entre 200 y 600 semillas en un fruto. La capacidad germinativa media suele ser de unos cinco años, si se conservan en buenas condiciones (Maroto, 2002).

### **3.2.3.7. Variedades**

El desarrollo de cultivares en varios continentes del mundo, ha favorecido la aparición de gran diversidad de variedades e híbridos, los cuales presentan diferentes características, tales como forma, tamaño, color y textura de la cascara y de la pulpa. La calidad y madurez del fruto está asociada a la concentración de azúcares (°Brix), textura y aroma. Dentro de estas variedades está el Amarillo, Verde Español, Cantaloupe, HoneyDew, y el Galia (López P, 2014).

La variedad Cantaloupe presenta frutos precoces (85-95 días), esféricos, ligeramente aplastados, de costillas poco marcadas, piel fina y pulpa de color naranja, dulce (11–15 °Brix) y de aroma característico. Se debe tener en cuenta que cuando el fruto se encuentre entre 12 y 14 °Brix, es momento ideal para ser recolectado, ya que por encima de 15 °Brix la conservación es bastante corta (Vallejo & Estrada, 2004). La característica principal, es que presenta un reticulado grueso en toda la superficie y un peso que está comprendido entre los 0,6 y 1,2 kg (IICA, 2008).

Dentro de esta variedad se encuentra el melón híbrido Araucano, una planta muy vigorosa y con buena cobertura, tolerante al Fusarium wilt raza 2, Powdery Mildew raza 1 y 2. El ciclo vegetativo tiene una duración de 80-85 días. Los frutos son redondos de gran calibre con un peso promedio de 2 a 2.5 kg, con reticulado denso, color de piel anaranjado intenso, cavidad seminal pequeña, pulpa crujiente y °Brix promedio de 14 (Semini, s.f.).

### **3.2.4. Requerimientos climáticos del melón**

El rango de altitud óptimo para el desarrollo del cultivo se encuentra desde los cero, hasta los mil metros sobre el nivel del mar (Marco, 1969). La temperatura ideal para la germinación esta entre 28 y 32 °C, para la floración entre 20 y 23 °C, y para el desarrollo entre 25 y 30 °C. Las

temperaturas inferiores a 13 °C producen estancamiento en el desarrollo vegetativo y a 1 °C la planta se hiela (Yoldi, 2000).

Al inicio de su desarrollo, la humedad relativa debe ser de 65-75%, en floración del 60-70% y en fructificación del 55-65%. Los requerimientos hídricos son altos en el periodo de crecimiento y durante la maduración de los frutos, para lograr buenos resultados en el rendimiento y calidad (Guerrero, 2003). Para obtener buenos rendimientos, el suelo debe estar húmedo, evitando el exceso de agua, pues este dificulta la germinación y en plantas nacidas produce asfixia radicular, frutos sin sabor y poco dulces (Reche, 2000).

Las horas de luminosidad en relación a la temperatura, influye de cierto modo en el crecimiento de la planta, en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de elementos nutritivos. En largos días y elevadas temperaturas, se favorece la formación de las flores masculinas, mientras que en días cortos y bajas temperaturas inducen al desarrollo de flores con ovarios (Ordoñez, 2011).

### **3.2.5. Exigencias edáficas del melón**

Es un cultivo que se adapta a diferentes tipos de suelos, especialmente a los francos, con buena fertilidad y buen drenaje por cuanto son muy sensibles al encharcamiento (Monardes, 2009). Se obtienen mejores resultados cuando el suelo es rico, profundo, mullido, bien aireado, bien drenado, consistente y no muy ácido, tolerando suelos ligeramente calcáreos (Horticom, 2009). Los suelos de textura media y ligeros son perfectos, porque permiten obtener frutos con alto contenido de azúcares (Batres , 1990).

El melón es tolerante a la salinidad presente tanto en el suelo ( $CE\ 2.2\ ds.\ M^{-1}$ ) como en el agua de riego ( $CE\ 1.5\ ds.\ M^{-1}$ ), aunque un aumento en una unidad sobre conductividad del suelo, puede reducir un 7.5% la producción (Guerrero, 2003). El pH del suelo ideal debe estar comprendido entre 6 y 7, es sensible a suelos ácidos y se ha mostrado algo tolerante a suelos salinos (Zapata, 2004).

### 3.2.6. Plagas y enfermedades que afectan al cultivo de melón

Las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo se pueden observar en la Tabla 3-1 y 3-2

**Tabla 3-2.** Principales plagas que afectan al cultivo de melón.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	EFEECTO EN LA PLANTA
Melera o pulgón del melón	<i>Aphis Frangulae</i> Kalt.	Abarquillamiento de las hojas, amarilleamientos, debilitamientos
Gusanos grises	<i>Agrotis</i> sp	Devorando el tallo e incluso las hojas, Las larvas devoran la base del tallo y las plantas quedan marchitas.
Vacanita del melonar	<i>Ephilachna chysomelina</i> F.	Coleóptero parecido a la mariquita que roe el envés de las hojas.
Galeruca del melonar	<i>Raphidopala foveicollis</i> Luc	Ataca a las hojas en su fase adulta, dejándolas totalmente cribadas. Cuando es larva puede atacar a hojas y raíces.
Gusanos de alambre	<i>Agriotes</i> ssp	Ataca principalmente a las raíces
gusanos comedores de hojas	<i>Plusia gamma</i> L	Distintas especies de lepidópteros que atacan a las hojas
Tisanópteros	<i>Frankliniella accidentalis</i> Pergande, <i>Thrips tabaci</i> Lind.	Producen picaduras y debilitamiento de las plantas. También puede deformar los frutos.
Araña roja	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> Boisd.	Puede atacar al melón de manera que puede reducir muy drásticamente la producción.
Mosca de los sembrados	<i>Phorbia platura</i> Meigen	Es una mosca que puede afectar la germinación del melón produciendo un gran número de marras.
Dípteros minadores de hojas	<i>Liriomyza</i> ssp	Producen pequeñas galerías en las hojas.
Nematodos	<i>Heterodera marioni</i> Cornu, <i>Meloidogyne</i> ssp. <i>Ditylenchus Dipsaci</i> Kuehn	Se observan quistes o ramificaciones anormales en las raíces. Las plantas se observan achaparradas, amarillentas, etc.
Mosca Blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> , <i>Bemisia tabaci</i>	Aparición de un melazo que rápidamente es colonizado por fumagina dándoles un aspecto negruzco.

Fuente: (AgroEs.es, s.f.)

**Tabla 3-3.** Principales enfermedades que afectan al cultivo de melón.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	EFEECTO EN LA PLANTA
Fusariosis	<i>(Fusarium oxysporum</i> Schl., <i>F. melonis</i> Sydner et Hansen).	Se observa marchitamiento y amarilleamiento, exudaciones gomosas y necrosis de las partes atacadas.
Verticilosis	<i>(Verticillium ssp).</i>	Produce una traqueomicosis igual que <i>fusarium</i> . Se diferencia en que no hay gomosis, marchitez nervial, ni olor característico.
Raíces leñosas	<i>(Pyrenochaeta lycopersici</i> Shneider-Gerlach).	Hongo que se manifiesta por necrosis de las raicillas y un aspecto engrosado y lignificado de las principales.
Van Kesteren	<i>(Phomopsis sclerotioides).</i>	Aparecen líneas negras irregulares en las raíces. Acaban totalmente con el sistema radicular.
Atracnosis del melón	<i>(Colletotrichum oligochaetum</i> Cav.).	Aparecen manchas redondas de color pardo-negruczas en tallos, hojas y frutos.
Oidios	<i>(Erysiphe ssp.).</i>	Las hojas se recubren de hojas pulverulentas que posteriormente se unen unas con otras cubriendo toda la planta.
Mildiu de las cucurbitáceas	<i>(Pseudoperonospora cubensis</i> (Berk Curt.) Ros.)).	Produce manchas angulosas en los márgenes foliares. Las hojas se decoloran y necrosan.
<i>Alternaria cucumerina</i>	(Ell. Et Ev) Elliot).	En las hojas aparecen manchas redondeadas de color negruzco rodeadas por un halo amarillo.

Fuente: (AgroEs.es, s.f.)

### 3.3. Estándares de calidad en el melón

Las frutas y hortalizas son seleccionadas de acuerdo a unas características particulares, como un determinado calibre, unas propiedades organolépticas específicas, y además la condición de buena

calidad, que en estos productos perecederos debe entenderse como la que tienen en el momento de su recolección o empaquetamiento (Linares, 1996).

Para evaluar la calidad de un fruto se debe tener en cuenta la combinación de todas sus propiedades físico-químicas, dentro de las cuales se encuentran las físicas (biomasa, consistencia, grosor, y textura del mesocarpio, tamaño de la cavidad donde se alojan las semillas), químicas (contenido de azúcares, relación azúcar/acidez) y sensoriales (sabor, color y olor) (Burger et al., 2003; Valdenegro et al., 2006).

Para determinar la calidad de los frutos, se encuentran los métodos subjetivos y objetivos. Los subjetivos involucran los sentidos de percepción, métodos sensoriales, analizando características como el aroma, color, textura o tacto basado en la opinión de investigadores. Los objetivos, consisten en la observación, pero excluyendo las aptitudes del investigador y se dividen en métodos físicos, donde miden atributos tales como tamaño, textura, color, consistencia, imperfecciones, o procesos variables como peso seco o pulpa y métodos de medidas químicas como las enzimas, vitaminas o acidez y métodos microscópicos (Wilbur & Gould, 1983).

### **3.4. Manejo del riego**

Monitorear la humedad del suelo facilita la toma de decisiones en la programación del riego, al determinar la cantidad y frecuencia de agua a aplicar, evitar pérdidas de agua por percolación profunda o por escurrimientos, reducir el consumo de energía, el movimiento de fertilizantes por debajo de la zona radicular, la erosión y el transporte de suelo a los canales de drenaje (Enciso et al., 2007) citado por (Arevalo, 2011).

Los métodos de determinación de humedad posibilitan la estimación de agua a ser aplicada por medio del producto entre el agua disponible útil y la profundidad efectiva del sistema radicular del cultivo en cuestión (Folegatti, 2004). El agua disponible en el perfil es dada por la diferencia de humedad en la capacidad de campo, en volumen, con humedad actual del suelo (Carvalho J. A., 2012).

El método gravimétrico, es un método directo y habitualmente de referencia para determinar el contenido de humedad del suelo (Molina , 2014). Los sensores de humedad de suelo, miden el potencial mátrico del mismo (tensiómetros, sondas de resistencia) o humedad volumétrica (sondas de capacitancia, sistemas TDR, sondas de neutrones). Los avances de la electrónica y las tecnologías de la información han permitido el desarrollo de nuevos sensores como los sistemas TDR (Dalton, 1992) y FDR también denominados sondas de capacitancia (Paltineau & Starr, 1997).

El tensiómetro consiste en un tubo de plástico lleno de agua y cerrado herméticamente, con un manómetro de vacío en la parte superior y una cápsula de cerámica porosa en la parte inferior (Enciso et al., 2007). La columna de agua en su interior forma un continuo con el agua de la solución del suelo en el espacio circundante a través de la cápsula porosa (Arenas, 2011). Este instrumento mide el esfuerzo que las raíces deben realizar para extraer la humedad del suelo (Irrometer, 2000). El suelo ejerce un potencial matricial ( $\Psi_m$ ) sobre la columna de agua a través de la cápsula porosa, los valores que se obtienen reflejan la tensión del suelo, con valores negativos, y su intervalo de funcionamiento es de 0.0 a -80 kPa (Arenas, 2011) citado por (Arevalo, 2011). El  $\Psi_m$  del suelo es el mejor criterio para observar la disponibilidad de agua para el cultivo, más que la humedad volumétrica o gravimétrica, no obstante, factores como la variedad, el tipo de suelo y las condiciones meteorológicas pueden influir en el potencial matricial como criterio óptimo para la programación del riego por goteo (Feng & Yaohu, 2007) citado por (Arevalo, 2011).

La relación entre  $\Psi_m$  y contenido de humedad en la zona radicular, se puede determinar conociendo la Curva Característica de Retención de humedad (CRH). La relación no es lineal y varía con el tipo de suelo. En un suelo saturado la tensión está muy cerca de cero y a medida que el suelo se seca, la tensión se incrementa (Enciso et al., 2007) citado por (Arevalo, 2011).

Van Genuchten y otros en 1991, desarrollaron el software RETC para analizar la retención de agua del suelo y funciones de conductividad hidráulica de suelos insaturados. Esta aplicación usa los modelos empíricos paramétricos de Brooks-Corey y Van Genuchten para graficar la CRH del suelo y modelos teóricos de distribución del tamaño del poro de Mualem y Burdine, para predecir la función de conductividad hidráulica no saturada.

La ecuación 3-1 de Brook y Corey, y la ecuación 3-2 de Van Genuchten describen la CRH

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) (Se) \quad \text{Ecuación 3-1}$$

Donde,

$\theta$ = contenido de humedad en base volumétrica

$\theta_r$ = contenido de humedad residual

$\theta_s$ = contenido de humedad de saturación

$Se$ = grado efectivo de saturación.

$$Se = \frac{1}{[1 + (\alpha h)^n]^m} \quad \text{Ecuación 3-2}$$

Donde,

$\alpha$  = parámetro empírico [ $L^{-1}$ ]

$h$  = presión de succión del suelo [cm agua]

$n$  y  $m$  son constantes empíricas que afectan a la forma de la curva de retención

Conocer las condiciones hidrodinámicas del suelo es importante para diseñar un sistema de riego eficiente; la infiltración, mide la velocidad con la cual el agua penetra el suelo. Por lo general se mide con base en la profundidad (mm) de lámina de agua que penetra el suelo en una hora. El agua se infiltra con rapidez en suelos secos; esta velocidad se conoce como la velocidad de infiltración inicial, a medida que el agua sustituye al aire que se encuentra en los poros, el agua de la superficie se infiltra a una velocidad menor y finalmente, cuando el suelo se satura de agua, alcanza una velocidad constante, que es la velocidad de infiltración básica (Brouwer et al., 1988) referenciado por (CIMMYT, 2013).

Kostiakov desarrollo un modelo para calcular la velocidad de infiltración (Ecuación 3-3), Infiltración acumulada (Ecuación 3-4) e infiltración básica (Ecuación 3-5 y 3-6).

$$I = c x t^n \quad \text{Ecuación 3-3}$$

Donde,

I= velocidad de infiltración en cm/h.

c= velocidad de infiltración en el primer minuto.

t= tiempo en minutos.

n= pendiente de la curva.

$$i = 60 \times c \times t^{(m-1)} \quad \text{Ecuación 3-4}$$

Donde,

i= infiltración acumulada.

60= constante de transformación.

c= velocidad de infiltración en el primer minuto.

t= tiempo en minutos.

m= pendiente de la curva.

$$Ib = c \times t^m \quad \text{Ecuación 3-5}$$

$$tb = (-600) - (m - 1) \quad \text{Ecuación 3-6}$$

Donde,

Ib= infiltración básica en cm.

c= constante que depende del suelo.

tb= tiempo básico dado en minutos.

m= pendiente de la curva.

### **3.5. Eficiencia en el uso del agua (EUA)**

Las necesidades hídricas del cultivo es el parámetro más importante para conseguir el uso eficiente del agua de riego y depende fundamentalmente de factores como el clima, las características del cultivo, las condiciones del suelo, las prácticas culturales y el sistema de riego (Faci et al., 1997).

La EUA dependerá principalmente de dos tipos de factores: Las características propias de la especie y de las condiciones del ambiente en el que crece y se desarrolle la planta (Medrano, 2001).

La EUA se puede evaluar de 4 formas: I) EUA fotosintética, es la tasa de asimilación neta de la hoja [ $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ] y la tasa de transpiración [ $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ], II) EUA de la biomasa, es la relación entre el peso de la materia seca del cultivo [g] y la evapotranspiración acumulada [ETc] para el cultivo, III) EUA rendimiento, es la producción de materia seca (g) y la ETc, IV) efectividad del EUA rendimiento del peso seco de la biomasa por la cantidad (g) de agua aplicada (precipitación + riego) (Kg) (Raviv & Blom, 2001).

### **3.6. Necesidades hídricas del cultivo**

Las necesidades hídricas de los cultivos determinan la cantidad de agua que se debe aplicar para compensar el déficit de humedad del suelo durante su periodo vegetativo. Las plantas absorben agua desde el suelo mediante las raíces. Ambos, suelo y planta, están sometidos a los efectos de la lluvia, el sol y viento, que generan un mayor o menor grado de evaporación desde el suelo y transpiración de las plantas. Este proceso se conoce como evapotranspiración (Rocio, 2014).

Cuando el riego es la única aportación de agua disponible, la necesidad de agua será al menos igual a las necesidades hídricas del cultivo, siendo mayor cuando existen pérdidas como escorrentía, percolación, falta de uniformidad en la distribución, etc. Será menor cuando la planta puede satisfacer sus necesidades hídricas a partir de otros recursos, lluvia, reservas de agua en el suelo, etc (Infoagro, 2017).

El melón se cultiva en climas áridos, por lo que el único aporte hídrico se realiza a través de sistemas de riego (Barrón, 2006). El riego por goteo es uno de ellos y ofrece muchas ventajas sobre el tradicional, obteniendo: Mayor productividad total, mejor calidad, menor gasto de agua, mejor distribución del agua a través del ciclo de crecimiento del cultivo y se puede utilizar caudales pequeños de agua (Mendoza et al., 2000).

El estrés hídrico en cualquiera de las fases fenológicas, disminuye la producción, siendo la etapa de floración la de mayor cuidado, por lo que debe evitarse deficiencias de humedad (Morales, 2013).

### **3.6.1. Evapotranspiración**

La evapotranspiración es la suma de dos procesos que ocurren por separado: uno mide la cantidad de agua que pierde la superficie del suelo por evaporación, y el otro mide la cantidad de agua que pierde la planta a través de la transpiración (Allen et al., 1998).

La cantidad de agua evaporada de una superficie depende, del suministro de energía para vaporizarla, del gradiente de concentración de vapor de agua y de la resistencia al transporte. La radiación solar proporciona la energía necesaria para la evaporación (Molina , 2014). Casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales. La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. (Allen et al., 1998, p.3)

Existen tres tipos de evapotranspiración: evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>), evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (ET<sub>c</sub>), y evapotranspiración del cultivo bajo condiciones no estándar (ET<sub>c aj</sub>). ET<sub>o</sub> está relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. ET<sub>c</sub> se refiere a la evapotranspiración en condiciones óptimas presentes en parcelas con un excelente manejo y adecuado aporte de agua, que logra la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas. Este requiere generalmente de un factor de corrección (k<sub>c</sub>), el cual depende del tipo de cultivo, variedad, edad y manejo agronómico (Allen et al., 1998).

Para el cálculo de la evapotranspiración existen diversos métodos: los de balance de energía y microclimáticos, balance de agua, lisímetros, la ecuación de FAO Penman-Monteith que trabaja con datos meteorológicos y el tanque evaporímetro clase A (Allen et al., 1998).

### **3.6.2. Coeficiente del cultivo ( $K_c$ )**

El coeficiente del cultivo  $k_c$ , es la relación entre la evapotranspiración del cultivo,  $E_{Tc}$  y la evapotranspiración del cultivo de referencia,  $E_{To}$ , (Allen et al., 1998) citado por (Arevalo, 2011). El  $K_c$ , depende de las características propias de cada cultivo, de su estado de desarrollo y de sus etapas fenológicas, por lo que varían a lo largo del tiempo. Dependen también de las características del suelo y su humedad (Ortega et al., 1998).

El valor de  $K_c$  expresa los cambios en la vegetación y en el grado de cobertura del suelo para cada una de las 4 etapas. La inicial, desarrollo, media y final. Esta variación del  $K_c$  a lo largo del crecimiento, se representa con la curva del coeficiente del cultivo. Para describir y construir la curva del  $K_c$  se utilizan tres valores: los correspondientes a la etapa inicial ( $K_c$  ini), la etapa de mediados de temporada ( $K_c$  med) y la etapa final ( $K_c$  fin) (Allen et al., 1998).

Los valores de  $K_c$  aumentan a medida que lo hace el índice de área foliar, alcanzando sus valores máximos cuando la cobertura del suelo es del 60 – 80%. A medida que avanza la senescencia del cultivo, los valores de  $K_c$  irán descendiendo progresivamente (De Santa & Valero, 1993).

## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Descripción de la zona de estudio

El trabajo experimental se llevó a cabo entre agosto y diciembre del 2017, en la vereda Arenoso, municipio de Rivera (Huila), en la granja piloto Villa Victoria, propiedad privada del señor Héctor Valencia. El Área utilizada fue de 63.50 m<sup>2</sup>, localizada geográficamente en las coordenadas 2°50'4.02"N, 75°15'58.60"W a 513 m.s.n.m. como se observa en la Figura 4-1.



**Figura 4-1.** Ubicación geográfica finca villa victoria en rivera (Huila)

Esta granja piloto se encuentra en funcionamiento hace aproximadamente 1 año, donde se han obtenido 3 producciones de melón híbrido araucano, sembradas en un área de 5000 m<sup>2</sup>, bajo prácticas culturales establecidas por un ingeniero agrónomo. Estas mismas prácticas fueron implementadas en el experimento con el fin de medir y comparar la incidencia de la lámina de riego sobre las variables de respuesta. En la tabla 4-1 se puede observar el promedio de los registros históricos para número de frutos por planta (F cose), peso promedio por fruto, Rendimiento, diámetro polar (Dp), diámetro ecuatorial (De), Sólidos solubles totales (SST), pH, Volumen de agua aplicado por planta y la eficiencia en el uso del agua (EUA). El riego se hace a diario durante un tiempo de 1.5 horas, donde se aplica más del 100% de la ETc.

**Tabla 4-1.** Datos históricos promedio obtenidos en la granja piloto Villa Victoria

F cose x planta	PESO (kg fruto <sup>-1</sup> )	Producción (kg ha <sup>-1</sup> )	Dp (cm)	De (cm)	SST (°Brix)	pH	V.a. ( m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup> )	V.a. (m3 planta <sup>-1</sup> ha <sup>-1</sup> )	EUA (kg m <sup>-3</sup> )
2	0,7	23334	11,8	10,5	6,7	6,8	2808	0.168	8,31

La zona está influenciada por la hoya hidrográfica de la Siberia donde se originan una gran cantidad de fuentes de agua. Su gran potencial hídrico esta reforzado por el hecho de que esta localidad tiene asiento en la cuenca del río Magdalena, y la subcuenca del río Arenoso. Presenta un clima cálido seco, temperatura entre 25 y 28 °C, que corresponde a las formaciones vegetales de bosque seco y muy seco tropical y una precipitación promedio anual entre 1500 y 1600 mm (RIVERA, 2012).

#### 4.1.1. Parcela experimental

La adecuación de la parcela experimental se realizó de forma manual, compuesta por 9 caballones de 5 m de largo por 0.70 m de ancho y 0.80 m de camino (Figura 4-2). Se utilizó acolchado de polietileno negro-plateado COVERIS AGROCONTROL P/N (Figura 4-3).



**Figura 4-2.** Adecuación de la parcela experimental.



**Figura 4-3.** Parcela experimental con acolchado plástico.

#### **4.1.2. Material vegetal**

Se utilizó semillas de Melón híbrido Araucano variedad Cantaloupe (*Cucumis melo L.*), sembradas el 18 de septiembre del 2017, en una bandeja germinadora con sustrato orgánico. Se realizó el trasplante el 30 de septiembre, colocando diez (10) plantas por caballón a una distancia de siembra de 0.40 m.

#### **4.1.3. Clima**

De acuerdo a los datos de la estación Aeropuerto Benito Salas, la zona de estudio cuenta con una precipitación media anual de 1379,8 mm, temperatura media anual de 27,8 °C, brillo solar diario medio anual de 5,5, humedad relativa media anual de 66%, evapotranspiración potencial media anual de 1679,1 mm y un balance hídrico de -299.3 mm año<sup>-1</sup>. Durante el experimento se presentó varias precipitaciones.

#### **4.1.4. Suelo**

Son suelos de valle aluvial situados en el valle geográfico del río Magdalena y se han formado por la sedimentación actual y subreciente del río Magdalena y sus afluentes. Son tierras planas a ligeramente onduladas, con pendientes entre 0 - 3%, la profundidad efectiva de estos suelos varía entre superficial a profunda, el drenaje natural cambia de bueno a pobremente drenado, de textura gruesa a fina. Estos suelos presentan reacciones que van de fuertemente ácida a ácida y en algunas pueden ser neutras; los contenidos de materia orgánica son altos en superficie y bajos en profundidad. El nivel de fertilidad es bajo (Rodríguez et al, s.f.)

##### **4.1.4.1. Análisis físico del suelo**

El análisis físico del suelo, se realizó a partir de la recolección de 3 muestras con un barreno tipo holandés, hasta una profundidad de 0.20m. Se determinó la textura (método de Bouyoucos), infiltración (Anillos concéntricos), densidad aparente (anillo biselado), humedad gravimétrica (Estufa), densidad real (Picnómetro) y granulometría (tamiz). Para la obtención de la curva de

retención de humedad en suelo inalterado, se utilizó el método de membranas de Richards (Figura 4-4) y el software RETC versión 6.02 siguiendo la metodología desarrollada por Van Genuchten y otros en 1991. Las pruebas se hicieron en el laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana.



**Figura 4-4.** Olla de presión para la determinación de la curva de retención de humedad

#### **4.1.5. Riego**

Se instaló un sistema de riego por goteo (Figura 4-5), que fue abastecido con agua de un aljibe. El equipo consta de:

- Bomba eléctrica Pedrollo de 2 hp.
- Filtro de disco 1”.
- Tubería en pvc de 1” RDE 21.
- Manguera polietileno de 16 mm.
- 1 Gotero autocompensante (PC) de botón ClickTif HD de 4.0 lph, con rango de regulación de presión: 7.25 – 58.01 psi.
- 3 Válvulas de control de 1”.



**Figura 4-5.** Sistema de riego por goteo en la parcela experimental.

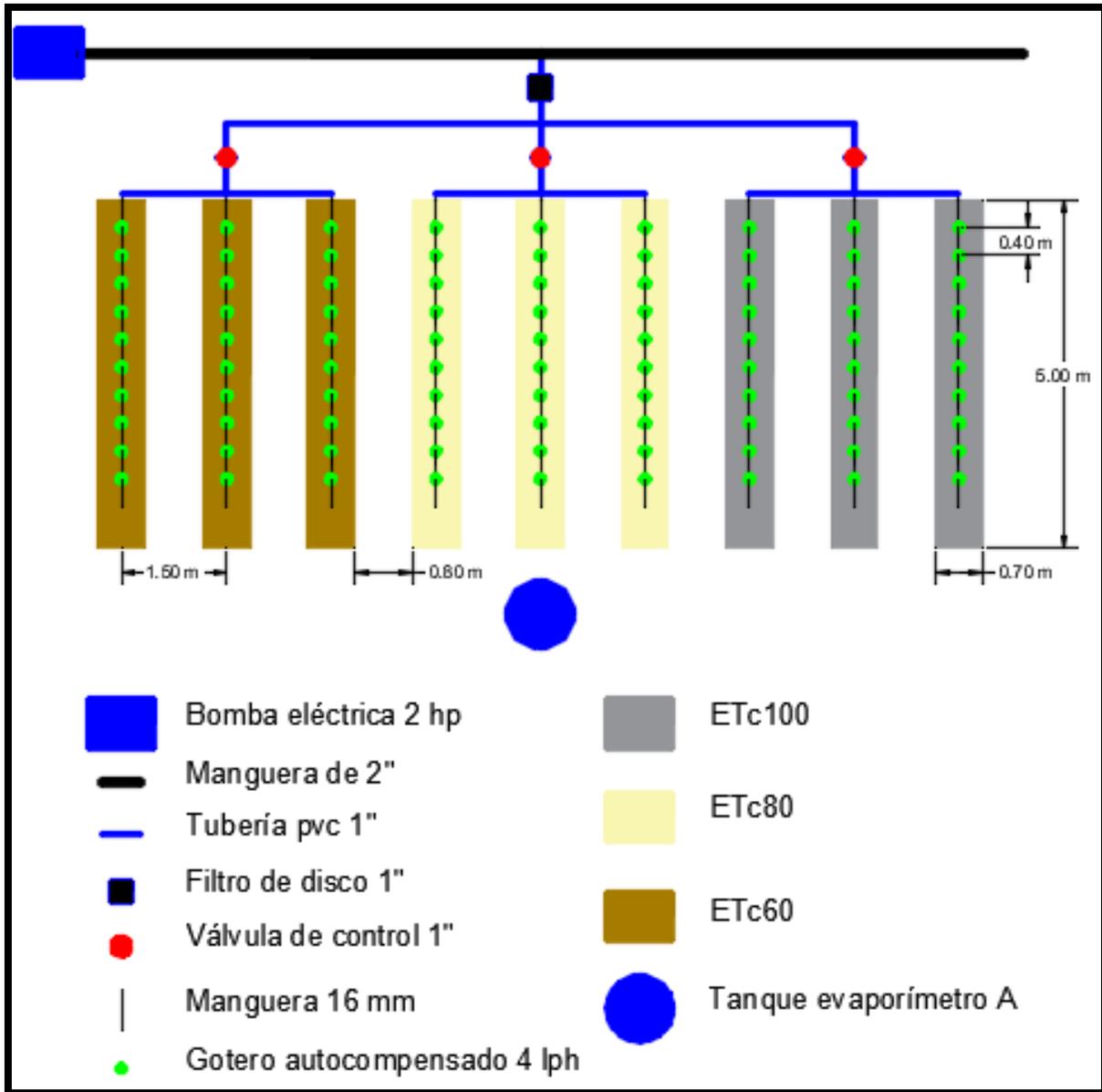
## **4.2. Diseño experimental**

El diseño que se utilizó fue el de unidades experimentales, con tres (3) tratamientos y tres (3) repeticiones. Cada repetición contó con diez (10) plantas de melón para un total de treinta (30) por tratamiento y noventa (90) por todo el experimento (Figura 4-6).

### **4.2.1. Tratamientos**

Se evaluaron tres (3) láminas de riego, correspondientes al 100, 80 y 60% de la evapotranspiración del cultivo (ETc), durante todo el ensayo, calculada mediante el tanque evaporímetro clase A.

- Tratamiento ETc100, regado al 100% de la ETc.
- Tratamiento ETc80, regado al 80% de la ETc.
- Tratamiento ETc60, regado al 60% de la ETc.



**Figura 4-6.** Esquema de la parcela experimental con sus respectivos tratamientos

#### 4.2.2. Manejo del riego

Se realizó la evaluación del sistema de riego, se calculó el coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) por el método de Christiansen y se controló el volumen de agua variando el tiempo de aplicación. Se regó cuando el potencial mátrico del suelo se encontraba entre -16 y -18 kPa, medido con tensiómetros. Se tuvo en cuenta un nivel de agotamiento permisible (NAP) del 45%, como lo recomienda Allen y otros en 1998.

### 4.3. Métodos y técnicas utilizadas

#### 4.3.1. Datos climáticos

Los datos climáticos que se tuvieron en cuenta, fueron los de la estación Aeropuerto Benito Salas, suministrados por el IDEAM. Se trabajó con los promedios climatológicos desde el año 1981 hasta el 2010, ya que los datos recientes estaban incompletos para los meses de octubre a diciembre.

#### 4.3.2. Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>)

La ET<sub>o</sub> (Ecuación 4-1) se determinó mediante el tanque evaporímetro clase A (Epan) ubicado a una distancia de 10 metros del cultivo (Figura 4-7). Los datos de la evaporación se tomaron diariamente a las 7 am.

$$ET_o = K_p * E_{pan} \quad \text{Ecuación 4-1}$$

Donde,

ET<sub>o</sub> = evapotranspiración de referencia [mm día<sup>-1</sup>],

K<sub>p</sub> = coeficiente del tanque evaporímetro [-],

E<sub>pan</sub> = evaporación del tanque evaporímetro [mm día<sup>-1</sup>].



**Figura 4-7.** Tanque evaporímetro clase A.

El K<sub>p</sub> se determinó siguiendo el procedimiento descrito en el libro de la FAO reportado por Allen y otros en 1998 (Ecuación 4-2), y se asumió una velocidad del viento de 2 m s<sup>-1</sup>.

$$Kp = 0,61 + 0,00341 HRmedia - 0,000162 u^2 HRmedia - 0,00000959 u^2 BORDE + 0,00327 u^2 \ln(BORDE) - 0,00289 u^2 \ln(86,4 u^2) - 0,0106 \ln(86,4 u^2) \ln(BORDE) + 0,00063 [\ln(BORDE)]^2 \ln(86,4 u^2)$$

Ecuación 4-2

Donde,

$Kp$  = coeficiente del tanque.

$u^2$  = velocidad promedio diaria del viento a 2 m altura ( $m s^{-1}$ ).

BORDE = distancia al borde de la superficie identificada.

HRmedia = humedad relativa media diaria [%].

La  $ET_c$  se determinó según Allen y otros en 1998 (Ecuación 4-3). Para el  $K_c$  en cada estado fenológico, se utilizó los valores obtenidos por De Medeiros y otros en 2007 (Tabla 4-1).

$$ET_c = K_c ET_o \quad \text{Ecuación 4-3}$$

Donde,

$ET_c$  = evapotranspiración del cultivo [ $mm d^{-1}$ ].

$K_c$  = coeficiente del cultivo [adimensional].

$ET_o$  = evapotranspiración del cultivo de referencia [ $mm d^{-1}$ ].

**Tabla 4-2.** Valores de  $K_c$

Etapas	$K_c$	Días
Inicio	0,50	21
Desarrollo	0,81	14
Media	0,81	14
Final	0,57	16

Fuente: ( De Medeiros et al., 2007)

### 4.3.3. Precipitación

La precipitación se midió diariamente a las 7 am con un pluviómetro (Figura 4-8).



Figura 4-8. Pluviómetro

#### 4.3.4. Volumen de agua aplicada

Con la  $ET_c$ , se calculó la lámina de riego ( $L_r$ ) y el volumen de agua a aplicar ( $V_a$ ) para cada uno de los tratamientos (Ecuación 4-4 y 4-5).

$$L_r = ET_c / E_a \quad \text{Ecuación 4-4}$$

$$V_a = L_r * \text{Área} \quad \text{Ecuación 4-5}$$

Donde,

$L_r$  = lámina de riego (mm).

$E_a$  = eficiencia de riego.

$V_a$  = volumen de agua a aplicar (litros).

Área = Área a regar en ( $m^2$ ).

El tiempo de riego, se controló abriendo y cerrando manualmente las válvulas (Ecuación 4-6).

$$T_r = V_a / (Q) \quad \text{Ecuación 4-6}$$

Donde,

$T_r$  = tiempo de riego (hr).

$Q$  = caudal aplicado ( $\text{litros hr}^{-1}$ ).

#### 4.3.5. Potencial matricial de agua en el suelo ( $\Psi_m$ )

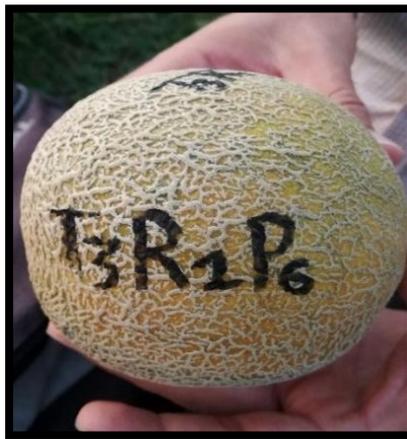
El potencial matricial de agua en el suelo se midió todos los días a las 7 am, con tensiómetros Irrometer® de 12'' (Figura 4-9), uno para cada tratamiento a una profundidad de 0.30 m, nivel donde se encuentra el mayor porcentaje de raíces activas del cultivo.



**Figura 4-9.** Tensiómetro Irrometer

#### 4.3.6. Número de frutos cosechados

La recolección se realizó de forma manual el día 5 de diciembre del 2017. Los frutos cosechados (F cose) se rotularon como se observa en la Figura 4-10 y fueron llevados al laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana, lugar donde se realizó algunos análisis físicos y químicos.



**Figura 4-10.** Frutos con su respectivo rótulo.

#### 4.3.7. Diámetro ecuatorial y polar de los frutos

El diámetro polar ( $D_p$ ) y ecuatorial ( $D_e$ ) de todos los frutos, se midió con un calibrador pie de rey (Figura 4-11).



**Figura 4-11.** Medición del diámetro en los frutos con calibrador pie de rey.

#### 4.3.8. Peso

El peso de los frutos se midió con una balanza digital AND EK – 2000G  $\pm$  0,1 g (Figura 4-12).



**Figura 4-12.** Balanza digital AND EK – 2000G  $\pm$  0,1 g.

#### 4.3.9. Sólidos solubles totales (SST)

Se utilizó zumo del fruto para medir la concentración de azúcares totales en °Brix a través de un refractómetro digital portátil ATAGO Pocket PAL-1, con una precisión de  $\pm 0.2 \%$  (Figura 4-13).



**Figura 4-13.** Refractómetro digital ATAGO Pocket PAL-1.

#### 4.3.10. pH

Se utilizó zumo del fruto para medir el pH con un equipo potenciométrico Thermo Scientific™ Orion™ 3-Star Benchtop pH Meter (Figura 4-14).



**Figura 4-14.** Potenciómetro Thermo Scientific™ Orion™ 3-Star Benchtop pH Meter.

#### 4.3.11. Eficiencia en el uso del agua (EUA)

Es la relación entre el rendimiento y el volumen de agua aplicado en cada tratamiento, se determinó mediante la Ecuación 4-7.

$$EUA = Rtra / V.a. \quad \text{Ecuación 4-7}$$

Donde,

EUA= uso eficiente de agua de riego ( $\text{Kg m}^{-3}$ ).

Rtra= kilogramos cosechados (Kg).

V.a.= Volumen de agua aplicada ( $\text{m}^3$ ).

#### 4.3.12. Prácticas culturales

La semilla fue tratada con Agrogiberelinas, un regulador de crecimiento hormonal. El día del trasplante y el día 18, se aplicó Isabión®, Actara 25 WG y Tachigaren® 30 sl. El día 19 se le adicionó calcio al cultivo, repitiendo la dosis una vez por semana. Los fertilizantes edáficos se aplicaron tres veces por semana con la ayuda de una jeringa (Tabla 4-2).

**Tabla 4-3.** Fertilizantes utilizados durante el experimento

Fertilizantes	Cantidad aplicada
Humiagro 15®	15 lts $\text{ha}^{-1}$ ciclo <sup>-1</sup>
Triple 15	15 kg $\text{ha}^{-1}$ ciclo <sup>-1</sup>
Sulfato de magnesio	15 kg $\text{ha}^{-1}$ ciclo <sup>-1</sup>
Potasio	15 kg $\text{ha}^{-1}$ ciclo <sup>-1</sup>
Isabión®	1.7 lts $\text{ha}^{-1}$ ciclo <sup>-1</sup>
Foliveex®	15 kg $\text{ha}^{-1}$ ciclo <sup>-1</sup>
Calcio	4 kg $\text{ha}^{-1}$ ciclo <sup>-1</sup>

Para el manejo de plagas y enfermedades se realizó una aplicación semanal de manera preventiva con plaguicidas (Tabla 4-3).

**Tabla 4-4.** Plaguicidas utilizados durante el experimento

<b>Agroquimicos</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cantidad aplicada</b>
Engeo®	Insecticida	1.5 lts ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Vertimec® 1.8% ec	Insecticida	1.5 lts ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Evisect® s	Insecticida	1.5 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Polo® 250 sc	Insecticida	1.5 lts ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Ridomil® gold	Fungicida	1.5 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
antracol® wp 70	Fungicida	1.5 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Daconil®	Fungicida	1.5 lts ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Insectrina 20 E.C.	Insecticida	1.5 lts ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
CapsiAlil®	Insecticida	1.5 lts ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Actara 25 WG	Insecticida	0.31 kg ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Closer®	Insecticida	1.4 lts ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>
Tachigaren® 30 sl	Fungicida	0.16 lts ha <sup>-1</sup> ciclo <sup>-1</sup>

Se realizaron además labores culturales como raleo de frutos y control de malezas de forma manual.

#### **4.4. Análisis estadístico**

Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva simple, análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias por el método de Duncan, con un nivel de significancia del 5%. se utilizó el software STATGRAPHICS centurión versión 17.1.12.

## 5. Resultados y discusión

Esta investigación evaluó la respuesta del cultivo de melón híbrido Araucano a la aplicación de tres láminas de riego, ETc100, ETc80 y ETc60, calculadas a partir de un tanque evaporímetro clase A.

### 5.1. Análisis físico del suelo

La clase textural del suelo es Franco Arenoso con una densidad aparente de  $1,52 \text{ gr cm}^{-3}$ , densidad real de  $2,29 \text{ gr cm}^{-3}$  (Tabla 5-1). La porosidad total es de 33,91%, calificada como baja (Kaurichev, 1984), sin embargo este valor es superior al límite del 10%, por ende no limita la difusión de gases en el suelo (Forsythe, 1975). La infiltración básica es moderada con un valor de  $4 \text{ cm h}^{-1}$  (Anexo A).

**Tabla 5-1.** Resumen de los resultados del análisis físico del suelo

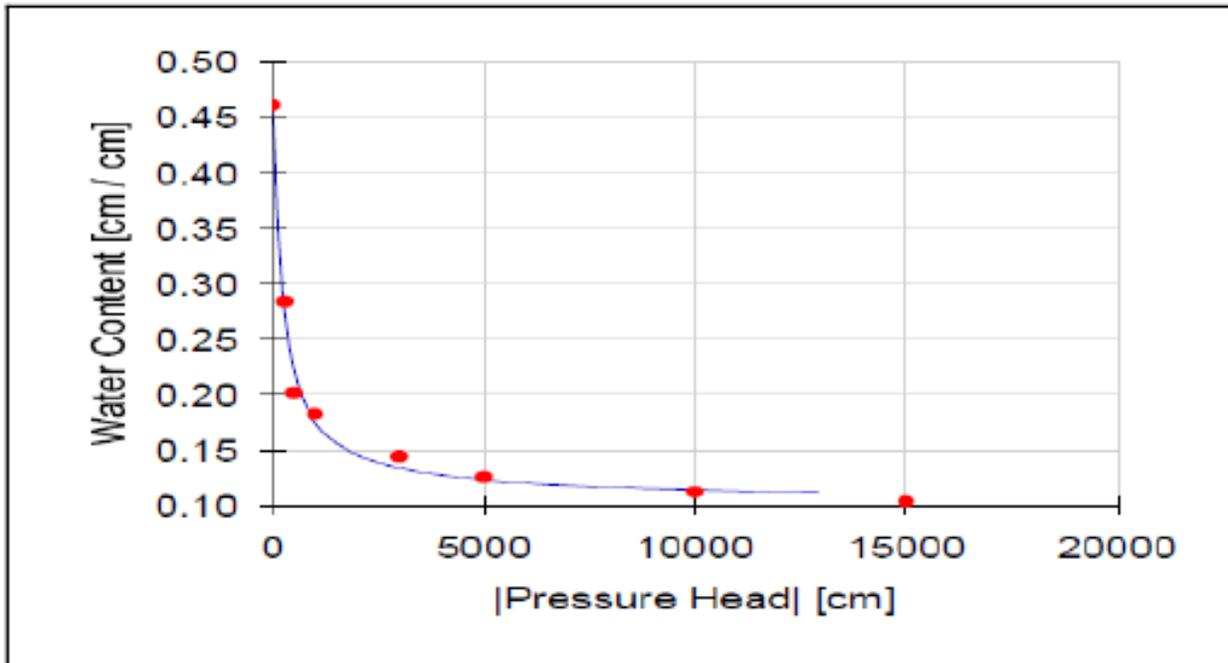
Muestra	Profundidad (cm)	Fración mineral (%)	Textura	Densidad aparente ( $\text{gr cm}^{-3}$ )	Densidad real ( $\text{gr cm}^{-3}$ )	Humedad del suelo (%)
1	0-20	A: 72,18 L: 12,64 Ar: 15,18	Franco Arenoso	1,52	2,29	13,02

A: Arena; L: Limo; Ar: Arcilla.

En la Tabla 5-2 se presentan los valores de humedad volumétrica ( $\theta_v$ ) y gravimétrica ( $\theta_g$ ) para 0, 0.3, 0.5, 1, 3, 5, 10 y 15 bar de succión, determinados por el método de la olla a presión. Con estos valores y el software RETC se realizó la curva de retención de humedad (Figura 5-1). Esta curva se ajustó al modelo de Van Genuchten con un coeficiente de correlación ( $R^2$ ) superior al 99%, y se obtuvo los siguientes parámetros:  $R^2$ : 0.9918,  $\alpha$ : 0.0750,  $n$ : 1.8900,  $m$ : 0.4709,  $\theta_s$ : 0.4100,  $\theta_r$ : 0.0650. La humedad volumétrica ( $\theta_v$ ) a capacidad de campo y punto de marchitez permanente de 28,45% y 10,37 % respectivamente. La capacidad de retención de agua aprovechable es de  $180.8 \text{ mm m}^{-1}$ .

**Tabla 5-2.** Valores de humedad volumétrica y gravimétrica a diferentes presiones de succión.

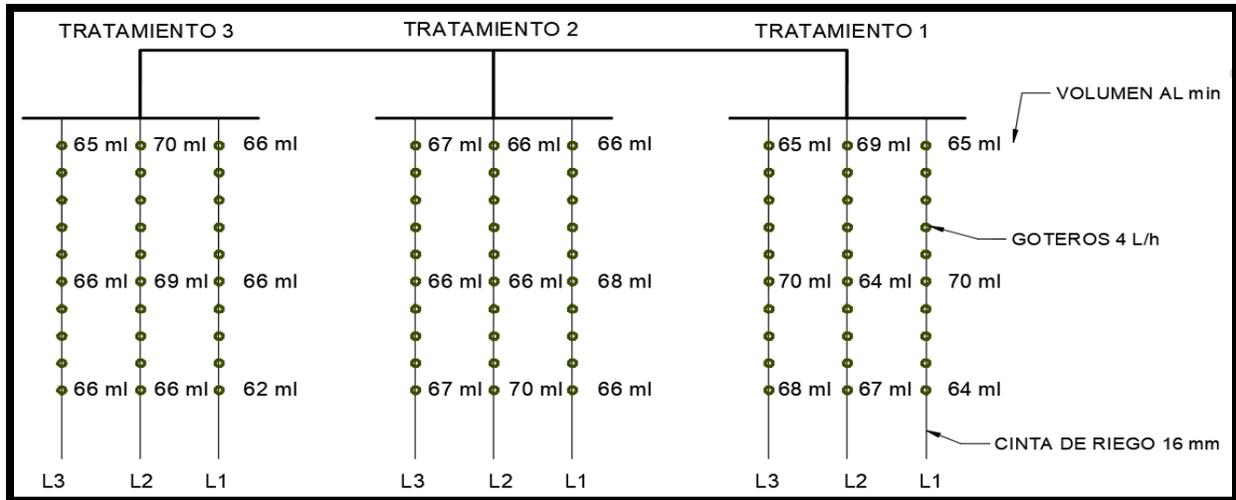
Presión succión (bar)	Presión succión (kPa)	Humedad Volumétrica (%)	Humedad Gravimétrica (%)
0	0,1	46,11	30,33
0,3	30	28,35	18,65
0,5	50	20,12	13,24
1,0	100	18,21	11,98
3,0	300	14,39	9,47
5,0	500	12,59	8,28
10,0	1000	11,21	7,37
15,0	1500	10,37	6,82



**Figura 5-1.** Curva de retención de humedad.

## 5.2. Evaluación sistema de riego

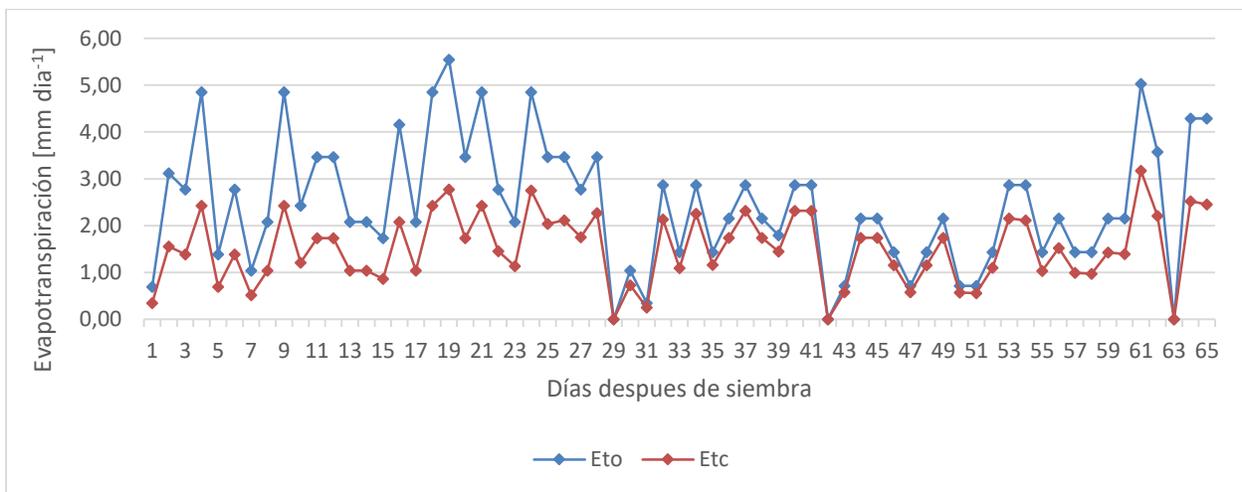
Se realizó las evaluaciones de uniformidad como se observa en la Figura 5-2 y se obtuvo un coeficiente de uniformidad del 97.7% (Anexo B).



**Figura 5-2.** Esquema de la evaluación del sistema de riego por goteo

### 5.3. Evapotranspiración de referencia (ETo) y de cultivo (ETc)

Los valores de evapotranspiración de referencia (ETo) y de cultivo (ETc) acumulado para todo el ciclo fueron de 158,72 y 97,82 mm respectivamente. El valor medio de ETo fue de 2,44 mm día<sup>-1</sup> y su máxima se presentó el día 19 después de la siembra con 5,5 mm día<sup>-1</sup>. El valor medio para ETc fue de 1,50 mm día<sup>-1</sup>, y su máxima se dio el día 61 después de la siembra con 3,18 mm día<sup>-1</sup> (Figura 5-3).

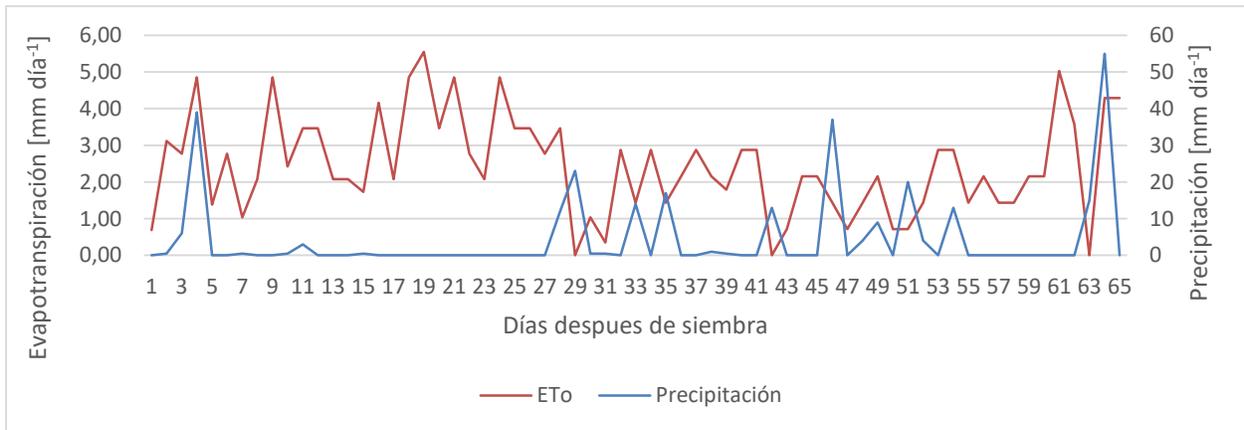


**Figura 5-3.** Comportamiento de la evapotranspiración durante los días después de la siembra.

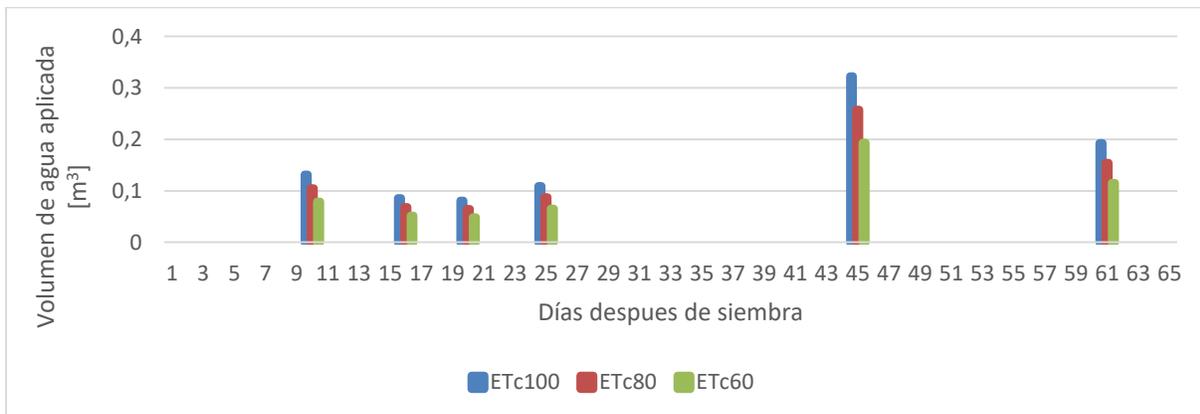
#### 5.4. Volumen de agua aplicada

La Figura 5-4 muestra el balance hídrico durante los días de experimentación. Se observa una necesidad de riego marcada entre los días del 5 al 27, del 36 al 41 y del 55 al 62 después de la siembra. El día 64 se presentó la mayor precipitación con un valor de 55 mm; la precipitación acumulada fue de 288,5 mm. En la Figura 5-5, se observa la distribución de los diferentes riegos aplicados a los tratamientos durante el experimento.

Durante todo el experimento se hizo una aplicación de 6 riegos. El primero, se realizó a los 10, y el último a los 61 días, cuando el tensiómetro alcanzó un valor de  $\Psi_m$  entre -16 y -18 KPa respectivamente (Tabla 5-3).



**Figura 5-4.** Balance hídrico presentado durante los días después de la siembra

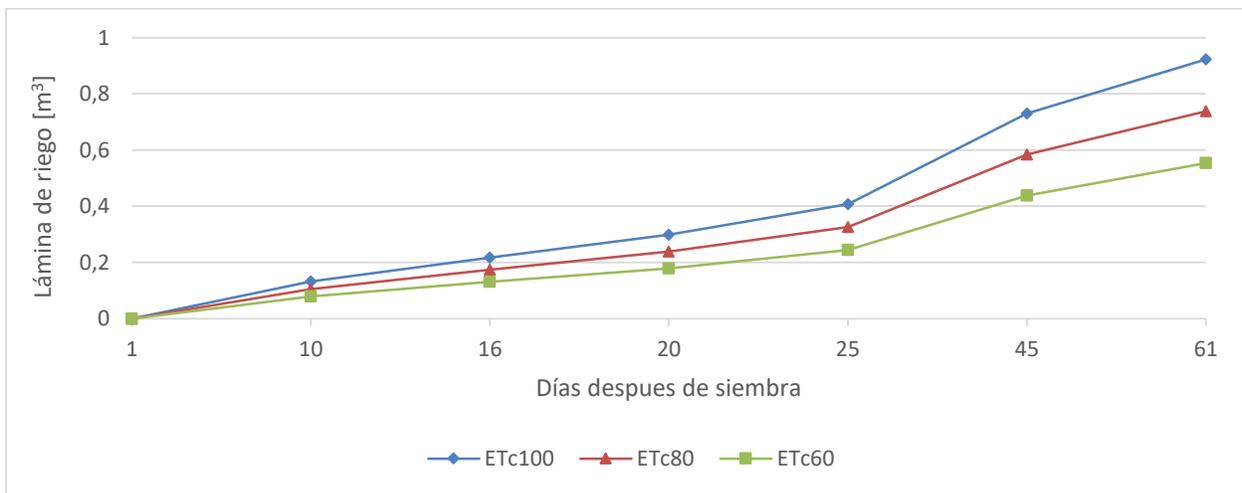


**Figura 5-5.** Comportamiento del riego en m<sup>3</sup> para cada tratamiento.

**Tabla 5-3.** Lámina de agua aplicado y tensión mátrico del suelo ( $\Psi_m$ ) antes de regar.

Día	ETc100 Volumen (m <sup>3</sup> )	ETc80 Volumen (m <sup>3</sup> )	ETc60 Volumen (m <sup>3</sup> )	$\Psi_m$ (KPa)
10	0,132	0,105	0,079	-16
16	0,086	0,069	0,052	-16
20	0,081	0,065	0,048	-16
25	0,109	0,088	0,066	-16
45	0,322	0,258	0,193	-16
61	0,193	0,154	0,116	-18

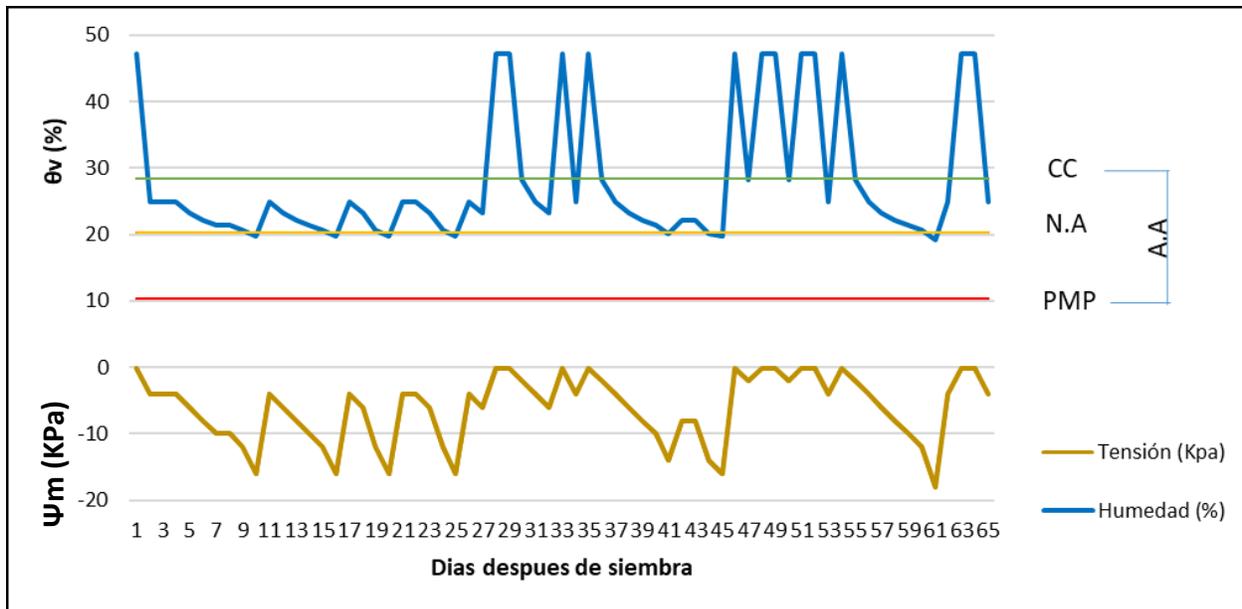
La lámina de agua acumulada para ETc100, ETc80 y ETc60 fue de 0,923, 0,738 y 0,554 m<sup>3</sup> respectivamente (Figura 5-6). Estos aportes de agua correspondieron a 0,031, 0,025 y 0,019 m<sup>3</sup> por planta.



**Figura 5-6.** Lámina de riego acumulado en m3 por tratamiento.

### 5.5. Potencial matricial

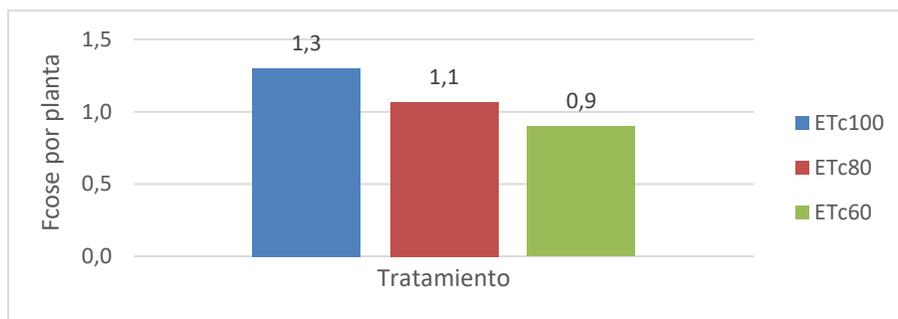
El potencial matricial del suelo se midió durante 65 días, con valores mínimos y máximos entre riegos de 0 y -18 KPa, manteniendo  $\theta_v$  entre el 19,32 y 19,29%, por debajo del NAP (20,64%) (Figura 5-7).



**Figura 5-7.** Comportamiento diario del potencial matricial del suelo  $\Psi_s$ , en KPa, para los tres tratamientos.

### 5.6. Número de frutos cosechados

El ciclo del cultivo tuvo una duración total de 78 días. Los valores promedio de frutos cosechados por planta para Etc100, Etc80 y Etc60 fue de 1.3, 1.1 y 0.9 respectivamente. (Figura 5-8). Con estos valores encontrados, se obtendrían 21.667, 18.334 y 15.000 Fcose por hectárea. Estos resultados están por debajo a los obtenidos en la granja Villa Victoria, donde se obtuvo 2 Fcose en promedio por planta, donde se aplicó más del 100% de la ETC.



**Figura 5-8.** Valores promedio de Fcose por planta para cada tratamiento.

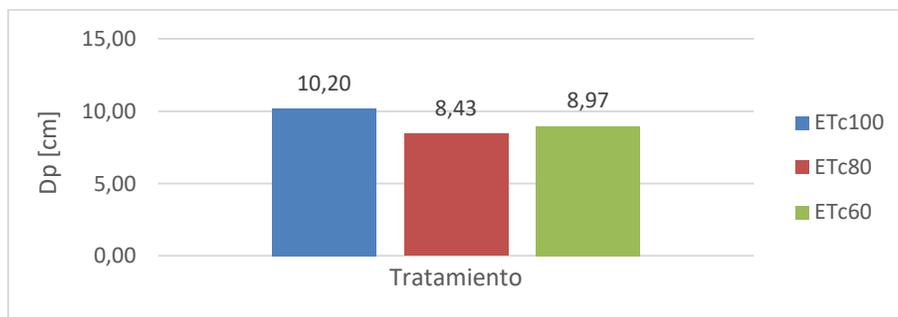
Al realizar un análisis de varianza (ANOVA) univariante (Tabla 5-4), no se evidenció diferencias estadísticamente significativas entre la media de Fcose por planta entre tratamientos, con un nivel del 95,0% de confianza. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Cámara y otros en el 2007, donde evaluando los efectos de tres láminas de riego correspondientes al 100, 86 y 72%, sobre el rendimiento y calidad de híbrido "Goldex" melón amarillo, no observo diferencias estadísticamente significativas entre sus tratamientos para Fcose por planta.

**Tabla 5-4.** Tabla ANOVA para Fcose por planta por tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,242222	2	0,121111	2,73	0,1439
Intra grupos	0,266667	6	0,0444444		
Total (Corr.)	0,508889	8			

### 5.7. Diámetro polar y ecuatorial

El promedio de Dp para Etc100, Etc80 y Etc60 fue de 10.20, 8.43 y 8.97 cm respectivamente (Figura 5-9). Estos resultados están por debajo a los obtenidos por De Castro en el 2015, donde evaluando las características productivas del melón tipo Galia, cultivado en ambiente protegido, encontró resultados comprendidos entre 10,82 y 12,54 cm, utilizando una lámina de agua calculada a partir del 50, 75, 100, 125 y 150% de la ETc. Así mismo, estos resultados están por debajo a los obtenidos en los registros históricos de la granja Villa Victoria, donde se obtuvo un Dp promedio de 11,8 cm.



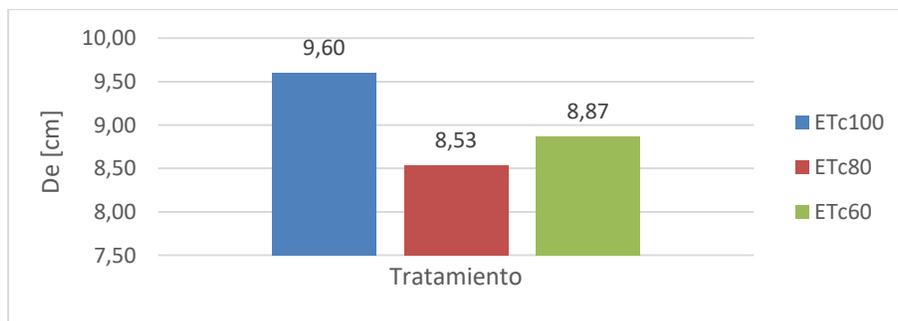
**Figura 5-9.** Valores promedio de Dp para cada tratamiento.

Al observar las medias de Dp entre el ETc100, ETc80 y ETc60, se observa que hay un par de tratamientos que muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. Estas diferencias se encuentran entre el tratamiento ETc100 y ETc80. Mientras que entre los tratamientos ETc100-ETc60 y ETc80-ETc60 no existen diferencias estadísticamente significativas. (Tabla 5-5). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por De Castro en el 2015, quien también encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

**Tabla 5-5.** Resultados de la comparación múltiple de Dp por el método de Duncan. El \* indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre ese par de tratamientos.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
ETc100 – ETc80	*	1,76667
ETc100 – ETc60		1,23333
ETc80 – ETc60		-0,533333

Los valores promedio de De para Etc100, Etc80 y Etc60 fueron de 9.60, 8.53 y 8.87 cm respectivamente (Figura 5-10). Estos resultados están por debajo a los obtenidos por De Castro en el 2015, quien obtuvo medidas entre 10,57 y 12,04 cm. Al mismo tiempo, estos resultados están por debajo a los obtenidos en los registros históricos de la granja Villa Victoria, donde se obtuvo un De promedio de 10,5 cm.



**Figura 5-10.** Valores promedio de De para cada tratamiento.

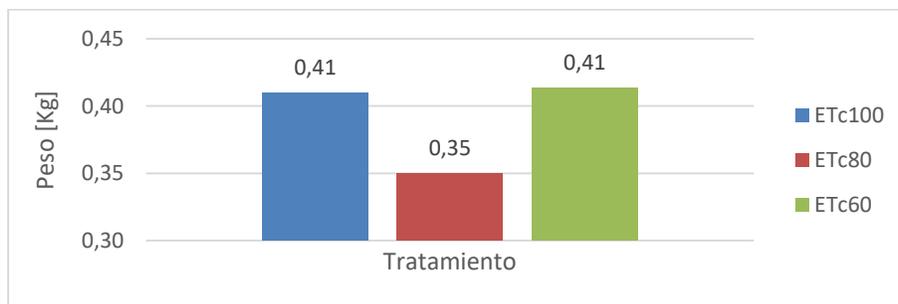
Al realizar un análisis de varianza (ANOVA) univariante, no se evidenció diferencias estadísticamente significativas entre la media De entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza (Tabla 5-6). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por De Castro en el 2015.

**Tabla 5-6.** Tabla ANOVA para De por tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,78667	2	0,893333	1,52	0,2930
Intra grupos	3,53333	6	0,588889		
Total (Corr.)	5,32	8			

### 5.8. Peso

El promedio de peso por fruto para Etc100, Etc80 y Etc60 fue de 0,41, 0,35 y 0,41 kg respectivamente (Figura 5-11). Estos valores están por debajo a los obtenidos por Carvalho en el 2012, donde evaluando el desarrollo vegetativo de la variedad de melón Cantaloupe "Coronado F1", bajo manejo de riego simplificado, obtuvo resultados comprendidos entre 0,87 y 0,91 kg, aplicando láminas de riego de 50, 75, 100 y 125% de la evaporación del tanque clase A. De igual manera, estos resultados están por debajo a los obtenidos en los registros históricos de la granja Villa Victoria, donde se obtuvo un peso promedio por fruto de 0,7 kg.



**Figura 5-11.** Valores promedio de peso por fruto para cada tratamiento.

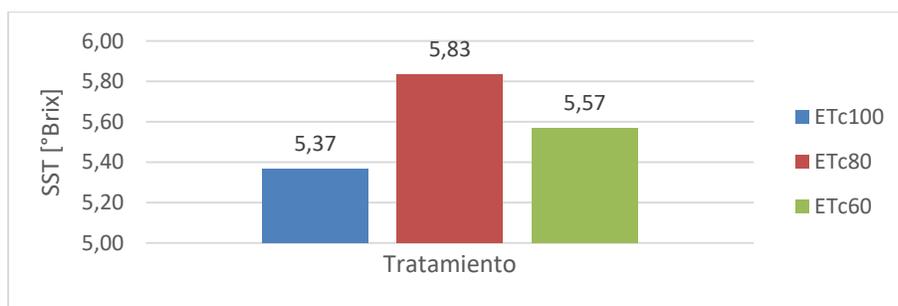
Con el análisis de varianza (ANOVA) se observó que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de peso entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza (Tabla 5-7). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Carvalho en el 2012 quien no encontró diferencias estadísticamente significativas entre sus tratamientos.

**Tabla 5-7.** Tabla ANOVA para peso por tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,00726667	2	0,00363333	0,97	0,4323
Intra grupos	0,0225333	6	0,00375556		
Total (Corr.)	0,0298	8			

### 5.9. Sólidos solubles totales

Los valores promedio de SST para Etc100, Etc80 y Etc60 fueron de 5.37, 5.83 y 5.57 °Brix respectivamente (Figura 5-12). Estos resultados estuvieron por debajo a los obtenidos por Simões y otros en el 2016, donde evaluando la aplicación de tres láminas de riego correspondientes al 100, 85 y 70% de la ETC, encontró valores entre 9 y 11 °Brix. Igualmente, estos resultados están por debajo a los obtenidos en los registros históricos de la granja Villa Victoria, donde se obtuvo unos SST promedio de 6,7 °Brix.



**Figura 5-12.** Valores promedio de °Brix para cada tratamiento.

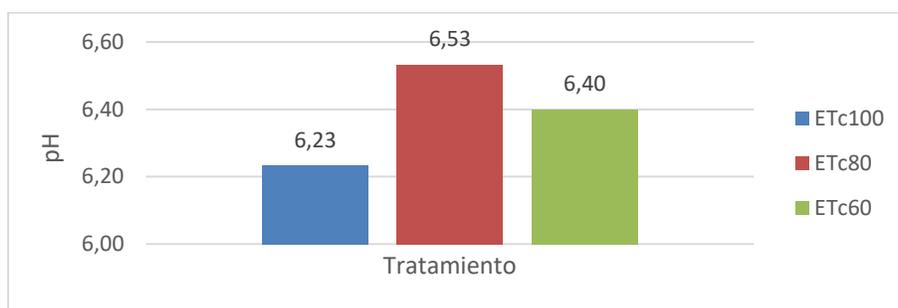
Al realizar un análisis de varianza (ANOVA) univariante, no se evidenció diferencias estadísticamente significativas entre la media de °Brix entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza (Tabla 5-8). Resultados similares a los obtenidos por Simões y otros en el 2016.

**Tabla 5-8.** Tabla ANOVA para °Brix por tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,328889	2	0,164444	0,80	0,4937
Intra grupos	1,24	6	0,206667		
Total (Corr.)	1,56889	8			

## 5.10. pH

El promedio de pH para Etc100, Etc80 y Etc60 fue de 6.23, 6.53 y 6.40 respectivamente. (Figura 5-13). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Cuevas y otros en el 2011, donde evaluando el efecto del déficit hídrico aplicado en diferentes fases del ciclo del cultivo en la calidad comercial, organoléptica y nutricional del melón, encontró valores de pH entre 6,13 y 6,26. Así mismo, estos resultados están por debajo a los obtenidos en los registros históricos de la granja Villa Victoria, donde se obtuvo un pH promedio de 6,8.



**Figura 5-13.** Valores promedio de pH para cada tratamiento.

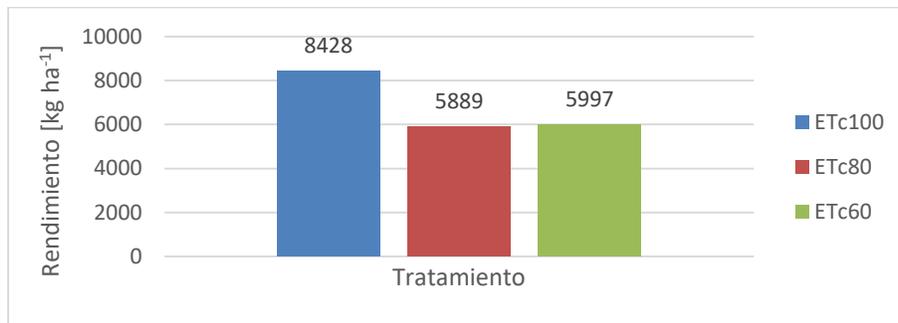
Al realizar un análisis de varianza (ANOVA) univariante, no se evidenció diferencias estadísticamente significativas para la media de pH entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza (Tabla 5-9). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Cuevas y otros en el 2011.

**Tabla 5-9.** Tabla ANOVA para pH por tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,135556	2	0,0677778	1,39	0,3199
Intra grupos	0,293333	6	0,0488889		
Total (Corr.)	0,428889	8			

### 5.11. Rendimiento

El promedio de rendimiento para Etc100, Etc80 y Etc60 fue de 8428, 5889 y 5997 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. (Figura 5-14). Estos resultados estuvieron por debajo a los obtenidos por De Figueiredo en el 2014, donde evaluando diferentes frecuencias y láminas de riego en el cultivo del melón, var.inodorus, tipo amarillo, cv. F10/00, encontró valores entre 12639 y 47552 kg ha<sup>-1</sup>, aplicando una lámina de agua correspondiente al 50, 75 y 100% de la Eto. Del mismo modo, estos resultados están muy por debajo a los obtenidos en los registros históricos de la granja Villa Victoria, donde se obtuvo un rendimiento promedio de 23334 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 5-14.** Valores promedio de rendimiento en cada tratamiento.

Con el análisis de varianza (ANOVA) se observó que existe una diferencia estadísticamente significativa en la media de rendimiento entre un nivel de tratamiento y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Se realizó la prueba de comparación de medias por el método de Duncan con un nivel del 95,0% de confianza y se encontró diferencias entre el tratamiento ETc100 con los tratamientos ETc80 y ETc60. Mientras que entre el tratamiento ETc80 y ETc60 no existen diferencias significativas (Tabla 5-10). Estos resultados son similares a los obtenidos por De Figueiredo en el 2014, quien también encontró diferencias significativas entre los tratamientos.

**Tabla 5-10.** Resultados de la comparación múltiple de rendimiento por el método de Duncan. El \* indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre ese par de tratamientos.

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>
ETc100 – ETc80	*	2539,0
ETc100 – ETc60	*	2431,0
ETc80 – ETc60		-108,0

## 5.12. Eficiencia en el uso del agua (EUA)

La eficiencia en el uso del agua (EUA), para ETc100, ETc80 y ETc60 fue de 16,9, 14,8 y 20 kg de melón por cada m<sup>3</sup> de agua respectivamente (Tabla 5-11).

**Tabla 5-11.** Eficiencia en el uso del agua (EUA) para cada tratamiento.

ETc100			ETc80			ETc60		
Riego m <sup>3</sup>	Producción kg	EUA kg m <sup>-3</sup>	Riego m <sup>3</sup>	Producción Kg	EUA kg m <sup>-3</sup>	Riego m <sup>3</sup>	Producción kg	EUA kg m <sup>-3</sup>
0,923	15,6	16,9	0,738	10,9	14,8	0,554	11,1	20,0

## 6. Conclusiones

El análisis del continuo suelo-atmosfera, permitió monitorear las condiciones hídricas del suelo para determinar el turno de riego y el volumen de agua a aplicar, manteniendo el sustrato en las condiciones requeridas por cada tratamiento para el desarrollo del experimento. Los requerimientos hídricos del cultivo fueron suplidos en su gran mayoría por las continuas precipitaciones obligando a que se redujera la cantidad de agua aplicada en los riegos.

El rendimiento presento diferencias significativas entre el tratamiento ETc100 y los tratamientos ETc80 y ETc60 ( $p < 0.05$ ), donde se presentó una disminución del 30.1% y 28.8% respectivamente. Lo mismo ocurrió para Dp, donde existió diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos ETc100 y ETc80, con una disminución del 17.3%.

No se presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos para Fcose, De, Peso promedio por fruto, SST y pH, lo que demuestra que se puede reducir el volumen de agua aplicado, sin afectar estos indicadores de calidad en el fruto.

La eficiencia en el uso del agua (EUA), presento una relación más alta en el tratamiento ETc60 respecto a los demás tratamientos, lo que produce mayor peso en kg de melón por m<sup>3</sup> de agua aplicada.

En general, todas las variables de respuesta estudiadas en el experimento estuvieron por debajo de los registros históricos obtenidos en la granja Villa Victoria. Esta diferencia se pudo presentar debido a que, en esta investigación, se utilizó láminas de riego con una reposición menor o igual al 100% de la ETc, mientras que en la granja se utilizan valores mayores al 100% de la misma, por lo que se recomienda realizar futuras investigaciones que comprueben o desmientan esta tesis teniendo en cuenta reposiciones superiores.

Factores externos como los animales de la zona, las constantes precipitaciones que producen encharcamientos, plagas y enfermedades, pueden influir negativamente en los resultados de estas investigaciones a cielo abierto, por lo que se recomienda realizar este tipo de experimentos bajo un ambiente controlado.

## 7. Anexos

### A. Anexo. Resultados de la prueba de infiltración

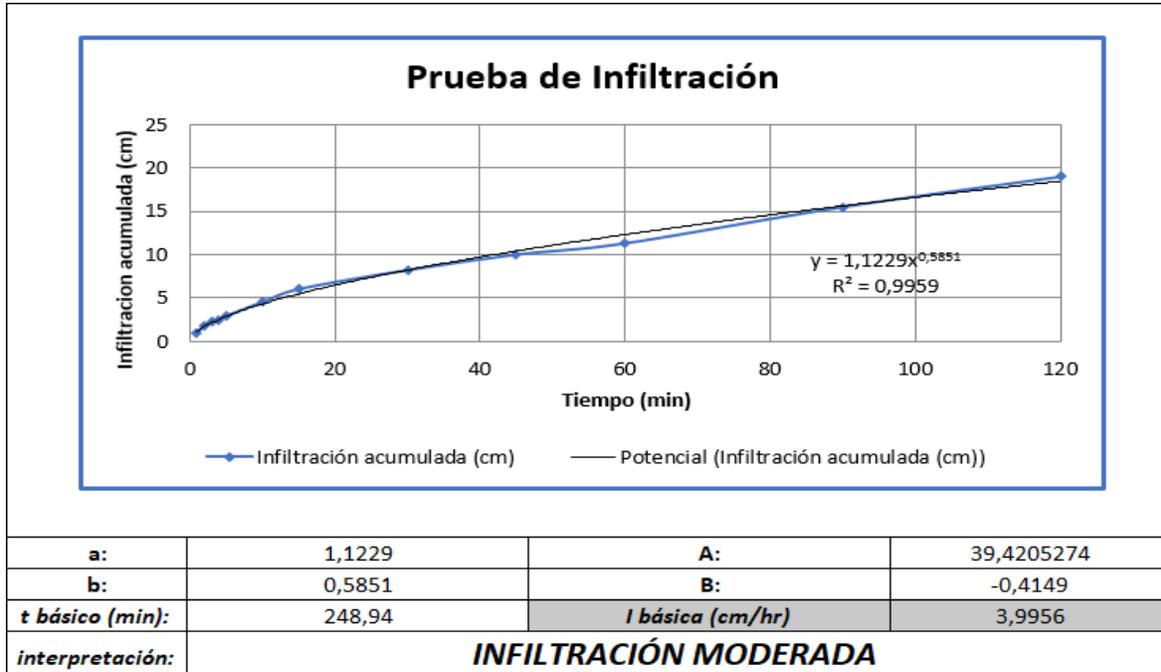


Figura A-1. Grafica de infiltración acumulada con sus respectivos resultados.

### B. Anexo. Evaluación de uniformidad del sistema de riego

Tabla B-1. Resultados de la evaluación del sistema de riego.

	ETc60			ETc80			ETc100		
	Q (ml/min)			Q (ml/min)			Q (ml/min)		
	L3	L2	L1	L3	L2	L1	L3	L2	L1
	65	70	66	67	66	66	65	69	65
	66	69	66	66	66	68	70	64	70
	66	66	62	67	70	66	68	67	64
$\bar{X}$	66,22			66,89			66,89		
$\sum(Xi-\bar{X})$	13,11			8,89			19,11		
$n \cdot \bar{X}$	596,00			602,00			602,00		
CU (%)=	97,80			98,52			96,83		
CU PROMEDIO (%)=				97,72					
$Xi(25\% inferior)$ =	64,67			67,67			66,33		
UD (%)=	97,65			101,16			99,17		
UD PROMEDIO (%)=				99,33					
EFICI APLICACIÓN (%)=	99,33			100,33			100,33		
EFI APLI PROMEDIO (%)=				100,00					

## 8. Bibliografía

- AgroEs.es. (s.f.). *Melón - Plagas, enfermedades y fisiopatías*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de <http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/melon/362-melon-plagas-enfermedades-cultivo>
- Allen, R., Pereira, L., & Raes, D. (1998). *Evapotranspiración del cultivo* (Vol. 56). Roma, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos: FAO servicio de recursos, formento y aprovechamiento de aguas.
- Angelfire. (20 de Abril de 2002). *Comercialización de melón*. Recuperado el 15 de Mayo de 2017, de <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/Mercamelon.htm#inicio>
- Arenas, M. C. (2011). *Efecto de la utilización de doble línea de riego por goteo en el cultivo de pera (Pyrus Communis L.) variedad de Viena*. Bogota D.C., Universidad Nacional de Colombia.
- Arevalo, J. 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*. Tesis, Bogotá, Colombia: Universidad Nacional.
- Barrón, E. J. (2006). Cálculos de volúmenes de agua para riego por goteo en el cultivo de melón. *Centro de investigación regional del noreste*, 5.
- Barros , A. A., Padua, A., & Medeiros, J. (2003). Comportamento produtivo do meloeiro em relação a salinidade e frequência de irrigação. *Irriga*, 8(1), 44-50.
- Batres , P. J. (1990). *El cultivo de melón (Cucumis Melo L) en la comarca lagunera*. Monografía de licenciatura, UAAAN división de agronomía, México.
- Burger, Y., Saar, U., Distelfeld, N., Katzir, Y., Yeselson, S., Shen, S., & Schaffer, A. (2003). Development of sweet melo (Cucumis melo L.) genotypes combining high sucrose and organic acid content. *Sci*, 128(4), 537-540.
- CABI. (2010). *Crop Protection Compendium*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de <https://www.cabi.org/cpc>.
- Cámara , M. J., De Negreiros, M. Z., De Medeiros, J. F., Neto, F. B., & Barros, A. P. (2007). Produção e qualidade de melão amarelo influenciado por coberturas do solo e lâminas de irrigação no período chuvoso. *Ciencia Rural*, 37(01), 58-63.
- Cano, R. P. (1994). Híbridos de melón en cama angosta. *INIFAP-CIRNOC-CELALA(47)*, 25-33.

- Cano, R. P., & Espinoza, A. J. (2002). *El melón*. Mexico: Libro técnico.
- Carvalho, J. A. (2012). Produção da ervilha cultivada em ambiente protegido sob diferentes tensões de água no solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16(1), 44-50.
- Carvalho, L. M. (2012). Crescimento do meloeiro Cantaloupe sob manejo de irrigação. *Ceres*, 614-623.
- CCI. (31 de 05 de 2017). *Boletín exótica 13*. Obtenido de <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/Mercamelon.htm>
- CIMMYT. (2013). Infiltración. *Guía útil para comparar las prácticas de manejo de cultivo*, 1. Recuperado el 28 de 02 de 2018
- Cuevas, F. J., Soriano, M. A., Moreno, J. M., Lozano, D., Pradas, I., Cardeñosa, V., & Gonzales, V. (2011). Efecto del riego deficitario controlado en la calidad comercial y organoléptica del melón. *Actas de horticultura*, 60.
- da Silva, D. N., Nascimento, D. J., Francismar de, M., & Navarro, V. (2005). Calidad post-osecha de frutos de melón producidos sobre diferentes niveles de salinidad del suelo y manejo de la fertirrigación en invernadero. *Ingeniería del agua*, 12(2), 117-123.
- Dalton, F. N. (1992). Development of time-domain reflectometry for measuring soil water content and bula soil electrical conductivity. En S. S. Soc., *Advances in measurements of soil physical properties* (Vol. 30, págs. 143-167). Madison.
- De Castro, E. M. (2015). *Irrigação do meloeiro cultivado em ambiente protegido*. Tesis de Grado, Universidad Federal de Lavras, Lavras-Mg.
- De Figueiredo, R. C. (2014). *Lâmina e frequência de irrigação na cultura do melão tutorado no vale do baixo são francisco*. Tesis de grado, Universidade Federal Do Vale Do São Francisco, São Francisco.
- De Medeiros, J. F., Santos, C. L., Camara, M. J., & De Negreiros, M. Z. (2007). Produção de melão Cantaloupe influenciado por coberturas do solo, agrotêxtil e lâminas de irrigação. *Horticultura Brasileira*, 25, 538-543.
- De Santa, M., & Valero, J. (1993). Agronomía del riego. *Mundi-prensa*, 732.
- Di Trani, d. J. (2007). Visita de abejas (*Apis mellifera*, Himenóptera:Apoidea) a flores de melón (*Cucumis melo*). *Curcubitacea*.

- Enciso, J. M., Porter, D., & Peries, X. (2007). *Uso de sensores de humedad del Suelo para eficientizar el riego*. Texas, El sistema Universitario de Texas.
- Espinoza, A. J., Orono, C. P., & Cano, R. (2003). El cultivo de melón en la comarca lagunera. *Aspectos sobre producción, organización de productores y comercialización*, 1.
- Fabeiro, C., de Santa, M., & de Juan, J. A. (2002). Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. *Water Manage*, 54, 93-105.
- Faci, J. M., Martínez, A., & Tercero, A. (1997). La hoja informativa de riegos, en marcha. En S. d. Aragón.
- FAO. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura*. Recuperado el 23 de Febrero de 2018, de Tendencias y desafíos: <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf> pagina 16
- Feng, X. W., & Yaohu, K. (2007). Effects of soil matric potential on potato growth under drip irrigation in the North China Plain. En *Agricultural water management* (Vol. 88, págs. 34-42). China: C.A. Center for Agricultural Water Research in China.
- Folegatti, M. V. (2004). Qualidade física do melão fertirrigado com diferentes dosagens de potássio e lâminas de irrigação, em gotejamentos superficial e subsuperficial. *Irriga*, 9(1), 52-61.
- Fornaris, G. J. (2001). Conjunto tecnológico para la producción de melón “cantaloupe” y “honeydew”. *Características de la planta*, 161, 2-7.
- Forsythe, W. (1975). *Física de suelos*. San Jose de Costa Rica.
- Guenko, G. (1990). El melón. *Horticultura*(5), 23.
- Guerrero, L. R. (2003). *Evaluación de híbridos de melón (Cucumis Melo L) bajo condiciones de fertirriego y acolchado en la comarca lagunera*. Tesis de licenciatura, UAAAN-UL división de carreras agronómicas, Mexico.
- Hecht, D. (1977). Seminario internacional sobre producción de hortalizas en diferentes condiciones ambientales Shefayim. Israel.
- Horticom. (2009). Calidad de exportación Melón Mexicano. *Revista Americana*, 7, 24.
- IICA. (2008). *Guía práctica para la exportación a EE.UU*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/IICA2006Melon.pdf>
- Infoagro. (27 de Julio de 2017). *Necesidades de agua de riego*. Recuperado el 25 de Febrero de 2018, de <http://infoagro.com/mexico/necesidades-de-agua-de-riego/>

- Irrrometer, C. (2000). *Medición de la humedad riegos e instrucciones*. California , EE.UU: irrometer Company.
- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín.
- Kaurichev, I. S. (1984). Prácticas de edafología. En D. F. Jaramillo, *Introducción a la ciencia del suelo* (pág. 196). Medellín.
- Leñado, F. (1978). Hortalizas de fruto. *Manual del cultivo maduro*.
- Linares, M. (1996). *La calidad en frutos de diversos cultivares de tomate*. Tesis de grado, Universidad de Almería, España.
- López P, E. O. (2014). *Evaluación de la producción y calidad de cuatro genotipos de melón (Cucumis melo L.) bajo las condiciones de la Comarca Lagunera*. Universidad Autónoma agraria, Mexico: Tesis de grado.
- Marco, M. H. (1969). El melón. En *economía, producción y comercialización* (págs. 42-64). España: Acribia.
- Maroto, B. J. (2002). El melón. 5, 39.
- Martin. (2010). *Caracterización Etnobotánica, Agro-Morfológica, Sensorial, Físicoquímica y Molecular de las Variedades locales de Melón de Villaconejos*. Madrid: Tesis Doctoral. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de [oa.upm.es/4748/1/SANDRA\\_ESCRIBANO\\_MARTIN.pdf](http://oa.upm.es/4748/1/SANDRA_ESCRIBANO_MARTIN.pdf)
- Medrano, H. (2001). Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars, en *Annals of Applied Biology*.
- Mendoza, S. F., Vargas, J. A., & Moreno, D. L. (2000). Producción de melón (*Cucumis melo L.*) mediante acolchado plástico y riego por cintilla. *Chapingo zonas áridas*, 1(2), 155-124.
- Molina , M. J. (2014). *Efecto de la aplicación de tres láminas de riego en un cultivo de pera variedad triunfo de viena (Pyrus Communis L.)*. Tesis, Universidad Nacional, Bogotá D.C.
- Monardes, H. (2009). *manual de cultivo del cultivo de sandía (citrullus lanatus) y melón (cucumis melo )*. Facultad de ciencias agronómicas, Universidad Nacional, Chile.
- Morales, E. (2013). *Evaluación para calidad y rendimiento de híbridos de melón*. Tesis, Universidad autónoma agraria Antonio Narro, México.
- Muñoz, L. L. (2015). La biofertilización en el rendimiento de cultivos hortofrutícolas en el ámbito de la seguridad alimentaria. *seminario nacional Actualización en fertilidad del suelo*, 164.

- Ordoñez, A. E. (2011). *Evaluación de melón (Cucumis Melón L.) En tres formas de fertilización en campo en la comarca lagunera*. Tesis de grado, UAAAN-UL división de carreras agronómicas, México.
- Ortega, S., Mediavilla, A. W., Fuentes, J., & Cuenca, R. (1998). Validación de un modelo para estimar la radiación neta de una cubierta vegetal en condiciones de referencia. *Ciencia e investigación agraria*, 25(2), 103-107.
- Paltineau, I. C., & Starr, J. L. (1997). Real-time Soil Water Dynamics Using Multisensor Capacitance Probes: laboratory calibration. *Soil Science Society of America journal*, 61, 1576-1585.
- Pires, R. C., Sakai, E., Arruda, F. B., & Folegatti, M. V. (2001). *Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação*. Piracicaba.
- Pomares, F., Estela, M., & Tarazona, F. (1995). Fertilización del melón. *Cultivo del melón*, 53-66.
- Raviv, M., & Blom, T. J. (2001). The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. En S. Horticulturae.
- Reche, M. J. (2000). *cultivo intensivo del melón*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de [http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_2007\\_2125.pdf](http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2007_2125.pdf)
- Reyes, C. J., & Cano, R. P. (2004). Melón. *Manual de polinización apícola*.
- RIVERA, A. M. (2012). *plan de desarrollo municipal 2012-2015*. Obtenido de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/riverahuilapd2012-2015.pdf>
- Rocio, J. (21 de Diciembre de 2014). *Scribd*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de Necesidades de agua de los cultivos: <https://es.scribd.com/document/250682435/1-Necesidades-de-agua-de-los-cultivos-pdf>
- Rodriguez, o., García, N., Vargas, M., & Gutierrez, D. (s.f.). Rivera dispensa verde y ecoturística del Huila. *Diagnóstico*. Recuperado el 25 de Febrero de 2018
- SAG. (2005). El cultivo del melón (cucumis melo). *Guías tecnológicas de frutas y verduras*, 12, 3.
- Seminis. (s.f.). *Araucano*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de Seminis Vegetable Seeds, Inc: <http://www.seminis-las.com/producto/araucano/250>
- Sensoy, S., Ertek, A., Gedik, I., & Kucukyumuk, C. (2007). Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field grown melón (Cucumis Melo L.). *Water Manage*, 88, 269-274.

- Silva, H. R. (2000). Cultivo do meloeiro para o Norte de Minas Gerais. Brasília. *Embrapa SPI, Embrapa Hortaliças*, 20, 20.
- Simões, W. L., Dos Anjos, J. B., Coelho, D. S., Yuri, J. E., Costa, N. D., & Lima, J. A. (2016). Uso de filmes plásticos no solo para o cultivo de meloeiro irrigado. *Water Resources and Irrigation Management*, 5(1), 23-29.
- Tamaro, D. (1998). Manual de horticultura. (G. Gili, Ed.) 393, 404, 405.
- Valdenegro, M. M., Ramirez , M. J., Cabello, F., Ribas, F., & Romojarro, F. (2006). *Conservación de cultivares de melón piel de sapo*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de Horticultura: <http://www.horticom.com/revistaonline/revista/horticultura>
- Vallejo, F. A., & Estrada, E. I. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Colombia: Universidad Nacional.
- Van Genuchten, M. T., Leij, F. J., & Yates, S. R. (1991). The RETC code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils. Oklahoma.
- Wilbur , A., & Gould, P. D. (1983). *Tomato production, processing and quality evaluation*. INC Westport, Connecticut: Avi publishing company.
- Yoldi, M. (2000). *El melón mexicano*. Recuperado el 24 de Febrero de 2018, de ejemplo de tecnología aplicada: <http://www.aseca.gor.mx/sicsa/claridades/revista/084/ca084.pdf>
- Zapata, P. M. (2004). *Cultivo de melón*. Corporación Colombiana de investigación agropecuaria, Colombia.