

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“EFECTOS DEL RIEGO DEFICITARIO EN EL RENDIMIENTO
DEL CULTIVO DEL APIO (*Apium graveolens*), VARIEDAD
KELVIN RZ F1 EN LA MOLINA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

ROSARIO FRANCESCA GUZMÁN VÁSQUEZ

LIMA – PERÚ

2024

EFFECTOS DEL RIEGO DEFICITARIO EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DEL APIO (*Apium graveolens*), VARIEDAD KELVIN RZ F1 EN LA MOLINA

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

vsip.info

Fuente de Internet

1%

2

HORIZONTE CONSULTORES S.R.L.. "Plan de Implementación para el Cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles en la Unidad Minera Sipán-IGA0006223", R.D. N° 204-2013-MEM/AAM, 2020

Publicación

1%

3

gee.bccr.fi.cr

Fuente de Internet

<1%

4

repositorio.undac.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

5

Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina

Trabajo del estudiante

<1%

6

vdocumento.com

Fuente de Internet

<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“EFECTOS DEL RIEGO DEFICITARIO EN EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DEL APIO (*Apium graveolens*), VARIEDAD KELVIN RZ F1
EN LA MOLINA”**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. ROSARIO FRANCESCA GUZMÁN VÁSQUEZ

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. LUIS RAMÓN RÁZURI RAMÍREZ
Presidente

Dr. ABSALÓN VÁSQUEZ VILLANUEVA
Asesor

Mg. Sc. JOSÉ BERNARDINO ARAPA QUISPE
Miembro

Ing. ANTONIO CELESTINO ENCISO GUTIÉRREZ
Miembro

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedicado a mis padres Rosario Francisca Vásquez Velarde y Teddy Yuri Guzmán Moreyra, a quienes amo eternamente, por dedicar su vida a enseñarme el valor del amor, la comprensión y el trabajo.

A mi hermano, Jhosthins Guzmán Vásquez a quien considero un guía, compañero y amigo.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor PhD. Absalón Vásquez Villanueva, por permitirme iniciar esta investigación, y encaminarla con bien gracias a su guía, consejos y conocimientos. Mi extenso agradecimiento y admiración.

A los miembros, ingenieros y amigos, del Centro de Investigación de Extensión de Riego, por su apoyo incondicional en el transcurso de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes	3
2.2. Generalidades del apio	3
2.2.1. Origen	3
2.2.2. Descripción del cultivo del apio	3
2.2.3. Descripción botánica	6
2.2.4. Plagas y Enfermedades	6
2.2.5. Requerimientos del cultivo	7
2.2.6. Labores en el cultivo.....	9
2.3. Agua	11
2.3.1. Estrés	11
2.3.2. Estrés hídrico	12
2.3.3. Riego por goteo	12
2.3.4. Productividad del agua	13
2.3.5. Periodos críticos del cultivo	13
2.4. Evapotranspiración (ET)	14
2.4.1. Evapotranspiración referencial (ET _o).....	14
2.4.2. Evaporación del cultivo bajo condiciones estándar (ET _c)	14
2.4.3. Coeficiente de cultivo K _c	15
2.5. Método para determinación de la ET _o	15
2.5.1. Método del tanque evaporímetro	15
III. METODOLOGÍA	17
3.1. Características del área experimental	17
3.1.1. Ubicación del área de estudio	17
3.1.2. Condiciones climáticas	18
3.1.3. Duración del estudio	18
3.1.4. Análisis de laboratorio	18
3.2. Materiales y Equipos	20

3.2.1. Material vegetal	20
3.2.2. Sistemas e insumos para riego.....	20
3.2.3. Equipos	20
3.2.4. Fertilizantes e insumos fitosanitarios	20
3.2.5. Otros	21
3.3. Metodología de la investigación.....	21
3.3.1. Preparación del terreno	21
3.3.2. Uso del tanque evaporímetro	22
3.3.3. Instalación del sistema de riego	22
3.3.4. Diseño y disposición experimental.....	22
3.3.5. Manejo de riego	24
3.3.6. Control de humedad.....	25
3.3.7. Manejo de fertilización	25
3.3.8. Controles fitosanitarios	28
3.3.9. Métodos de evaluación y datos tomados	29
3.3.10. Labores culturales	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Prueba de coeficiente de uniformidad	30
4.2. Láminas de riego calculadas.....	31
4.2.1. Lámina de riego aplicada por valores del Kc	35
4.2.2. Relación entre las láminas de riego y el rendimiento	36
4.3. Producción de cosecha	37
4.3.1. Diámetro del tronco	37
4.3.2. Altura	38
4.3.3. Peso fresco	39
4.3.4. Rendimiento.....	40
4.4. Cuantificación del agua	42
4.5. Productividad del agua (kg/m ³)	44
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES.....	49
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	50
VIII. ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Necesidades hídricas en últimas fases del cultivo del apio expresadas en coeficiente de evapotranspiración (Kc).....	8
Tabla 2: Fases del cultivo del apio (<i>Apium graveolens</i>)	9
Tabla 3: Rendimiento del apio a nivel nacional en Kg/ha.....	11
Tabla 4: Resultados de análisis de agua	19
Tabla 5: Tratamientos según porcentaje del Etc.....	22
Tabla 6: Programación de actividad de fertirriego	26
Tabla 7: Productos de uso agrícola para bioestimulación y nutrición.....	28
Tabla 8: Productos de uso agrícola para manejo de plagas	28
Tabla 9: Datos tomados para el CU.....	30
Tabla 10: Cálculo de CU	31
Tabla 11: Láminas brutas de riego por tratamiento.....	32
Tabla 12: Lámina neta de riego por tratamientos	33
Tabla 13: Diámetro promedio por tratamiento.....	37
Tabla 14: Altura promedio por tratamiento.....	39
Tabla 15: Peso promedio por tratamiento	40
Tabla 16: Rendimiento promedio en Ton/ha.....	41
Tabla 17: Promedio de la EUA (kg/m ³).....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Apio variedad Kelvin RZ.....	5
Figura 2: Evapotranspiración.....	14
Figura 3: Coeficiente Kc en el cultivo.....	15
Figura 4: Características del tanque clase A.....	16
Figura 5: Ubicación del Centro de Investigación	17
Figura 6: Temperaturas promedio y evapotranspiración.....	18
Figura 7: Diseño experimental de distribución de surcos por tratamiento	24
Figura 8: Gráfico de barras de láminas de riego por Kc.....	35
Figura 9: Gráfico de barras entre lámina de riego aplicada y el rendimiento	36
Figura 10: Gráfico de análisis de varianza de diámetro (mm)	38
Figura 11: Gráfico de análisis de varianza de altura (cm).....	39
Figura 12: Gráfico de análisis de varianza del peso (kg)	40
Figura 13: Rendimiento en la cosecha T1, T2, T3 y T4.....	41
Figura 14: Gráfico de análisis de varianza del rendimiento (Ton/ha).....	42
Figura 15: Volumen de agua aplicado (m ³ /ha) por tratamiento.....	43
Figura 16: Relación de agua aplicada (m ³ /ha) y rendimiento (Ton/ha).....	44
Figura 17: Productividad del agua (kg/m ³).....	45
Figura 18: Gráfico de varianza de la EUA (kg/m ³)	46
Figura 19: Valor del Kp.....	54
Figura 20: Muestra a 20 cm.....	55
Figura 21: Muestra a 40 cm.....	56
Figura 22: ANOVA y TUKEY del peso (kg).....	62
Figura 23: ANOVA y TUKEY del diámetro (mm).....	62
Figura 24: ANOVA y TUKEY de la altura (cm)	63
Figura 25: ANOVA y TUKEY del rendimiento (Ton/ha)	63
Figura 26: ANOVA y TUKEY de la EUA (kg/m ³).....	64
Figura 27: Gráficos de distribución del peso.....	65
Figura 28: Gráficos de distribución del diámetro.....	66
Figura 29: Gráficos de distribución de la altura	67
Figura 30: Gráficos de distribución del rendimiento.....	68
Figura 31: Gráficos de distribución de la EUA	69
Figura 32: Láminas de riego por DDT	70
Figura 33: Lámina neta por DDT	70

Figura 34: Volumen de riego (m3) por DDT	70
Figura 35: Plantines de apio	71
Figura 36: Siembra	71
Figura 37: Tensado de cintas	72
Figura 38: Recalce de apio	72
Figura 39: Mullición del suelo	73
Figura 40: Arco de riego.....	73
Figura 41: Caseta de riego	74
Figura 42: Incorporación de materia orgánica.....	74
Figura 43: Prueba de C.U	75
Figura 44: Volumen (m3) para T1.....	79
Figura 45: Volumen (m3) para T2.....	80
Figura 46: Volumen (m3) para T4.....	81
Figura 47: Volumen (m3) para T3.....	82
Figura 48: Muestra visual de falta de humedad.....	83
Figura 49: Fertiirrigación con ácidos húmicos	83
Figura 50: Fertiirrigación con acidificante	84
Figura 51: Aplicaciones con mochila pulverizadora	84
Figura 52: Trampas ecológicas.....	84
Figura 53: Control de la humedad	85
Figura 54: Minador de hoja	85
Figura 55: Vista de la planta a los 45 días	86
Figura 56: Primeras semanas del trasplante	86
Figura 57: Profundidad de raíces.....	87
Figura 58: Vista del campo a los 2 meses DDT	87
Figura 59: Apio de 88.5 cm de altura	88
Figura 60: Cosecha de 2 m por tratamiento.....	88
Figura 61: Cosecha manual	89
Figura 62: Vista de la cosecha.....	89
Figura 63: Medición de altura con flexómetro	90
Figura 64: Etiquetado de muestras	90
Figura 65: Medición de altura con reglas	91
Figura 66: Apios separados por tratamiento.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Coeficiente del tanque clase A.....	54
Anexo 2: Análisis de suelo profundidades 20 y 40 cm	55
Anexo 3: Categoría 3 Riego de Vegetales de tallo bajo y tallo alto (D.S. N° 002-2008-MINAM).....	57
Anexo 4: Datos tomados 45 DDT	58
Anexo 5: Pesos en kg obtenidos en la cosecha por tratamiento	59
Anexo 6: Diámetro medido en mm en la cosecha por tratamiento	60
Anexo 7: Altura medida en cm en la cosecha por tratamiento	61
Anexo 8: Análisis de datos ANOVA y TUKEY	62
Anexo 9. Gráficos de distribución de las variables	65
Anexo 10: Gráfico de líneas de agua consumida en los tratamientos	70
Anexo 11: Fotografías tomadas durante la investigación.....	71
Anexo 12: Coeficiente de uniformidad	75
Anexo 13: Cálculo de las necesidades hídricas	76
Anexo 14: Cálculo de tiempo de riego	78
Anexo 15: Cálculo de volumen (m3) utilizado por unidad experimental	79
Anexo 16: Manejo del cultivo del apio	83
Anexo 17: Panel fotográfico de la cosecha	88

RESUMEN

El presente trabajo evaluó el efecto de 4 diferentes láminas de riego en el rendimiento del cultivo de apio (*Apium graveolens*), a través del riego por goteo, en la Universidad Nacional Agraria la Molina. El riego deficitario se realizó con una frecuencia diaria de riego según la demanda de la evapotranspiración del cultivo. Se calculó el tiempo de riego en minutos, para enviarlo a través del cabezal de riego, posteriormente se utilizaron las llaves de paso para restringir las demandas de agua correspondientes por tratamiento. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos de láminas de riego (100%, 80%, 70% y 60% de la demanda de evapotranspiración) y 3 repeticiones. El riego se basó en la evapotranspiración diaria medida con un tanque evaporímetro de clase "A". El área experimental fue de 810 m², con 12 unidades experimentales, cada una con una hilera de apio espaciada a 0.2m entre plantas y 0.9m entre surcos. La cosecha se realizó 3 meses después del trasplante. El análisis de la varianza y la prueba de Tukey ($p < 0.05$) mostraron diferencias significativas (excepto en la altura) entre tratamientos. El tratamiento 1 (T1) con una lámina de agua del 100% presentó mayor altura, diámetro y peso, con 79 cm, 99,6 mm y 1,54 kg, respectivamente. El volumen total de agua aplicado, para el tratamiento T1, fue de 2660.75 m³/ha, y para los tratamientos T2, T3 y T4 fueron 1898.34, 1744.2 y 2052.48 m³/ha respectivamente. Estos valores representan un ahorro de agua del 19.58%, 26.12% y 13.06% respecto al T1. El mayor rendimiento fue de T1 con 85.4 ton/ha, seguido por T2 con 74.2 ton/ha, T3 con 68.0 ton/ha y T4 con 79.6 ton/ha. La productividad del agua fue de 36 kg/m³ para T1 y T3, y de 38.6 kg/m³ para T2 y T4.

Palabras clave: Irrigación deficitaria, riego por goteo, *Apium graveolens*, productividad del agua.

ABSTRACT

The present work evaluated the effect of 4 different irrigation rates on the yield of celery (*Apium graveolens*), through drip irrigation, at the Universidad Nacional Agraria la Molina. The deficit irrigation was carried out with a daily irrigation frequency according to the evapotranspiration demand of the crop. The irrigation time was calculated in minutes, to send it through the irrigation head, then the stopcocks were used to restrict the corresponding water demands per treatment. A Completely Randomised Design (DCA) was used with 4 treatments of irrigation rates (100%, 80%, 70% and 60% of the evapotranspiration demand) and 3 replications. Irrigation was based on daily evapotranspiration measured with a class "A" evaporimeter tank. The experimental area was 810 m², with 12 experimental units, each with one row of celery spaced at 0.2 m between plants and 0.9 m between rows. Harvesting took place 3 months after transplanting. The analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$) showed significant differences (except for height) between treatments. Treatment 1 (T1) with 100% water sheet presented greater height, diameter and weight, with 79 cm, 99.6 mm and 1.54 kg, respectively. The total volume of water applied for treatment T1 was 2660.75 m³/ha, and for treatments T2, T3 and T4 it was 1898.34, 1744.2 and 2052.48 m³/ha respectively. These values represent water savings of 19.58%, 26.12% and 13.06% with respect to T1. The highest yield was T1 with 85.4 ton/ha, followed by T2 with 74.2 ton/ha, T3 with 68.0 ton/ha and T4 with 79.6 ton/ha. Water productivity was 36 kg/m³ for T1 and T3, and 38.6 kg/m³ for T2 and T4.

Keywords: Deficit irrigation, drip irrigation, *Apium graveolens*, water productivity.

I. INTRODUCCIÓN

El apio tiene un gran valor nutricional, debido a los beneficios que brindan al consumidor. El apio como planta es considerada nutritiva: ya que puede consumirse para tratar inflamaciones de las articulaciones, del tracto urinario, la artritis reumatoidea, la cistitis o la uretritis, entre otros usos de carácter medicinal (Vigliola, 1992).

Aproximadamente el 70% del agua dulce perteneciente a los ríos, lagos y acuíferos; se consume en la agricultura, incluso en algunos países en desarrollo puede llegar a consumir hasta un 90%. En el 2002, se consideró que la agricultura fue la principal y mayor causa de consumo de agua en el mundo (FAO, 2002).

La agricultura enfrentará de aquí al año 2050, retos muy difíciles por la creciente escasez de agua, pues la población en el planeta alcanzará los 9 700 millones de personas, lo cual exige que se incremente la producción actual de alimentos, hasta en un 60 %. (FAO,2021). Toda esta difícil situación exige que la producción agrícola busque lograr una alta productividad y calidad de las cosechas. Así mismo, el Perú al ser un país en desarrollo, la agricultura es el eje de la economía de muchas provincias, y para el caso de la producción de hortalizas, el sistema de riego por goteo es considerado como el más eficiente en la aplicación del agua, dado que suministra los volúmenes de agua requeridos por el cultivo.

El presente trabajo de investigación, pretende contribuir con la optimización en el uso del agua en el riego de los cultivos, dado que cada vez se está haciendo más escaso el recurso agua. Desde fines de la década de los 80, la creciente demanda de agua y en especial para la agricultura, que utiliza la mayor cantidad de agua disponible, impulsó a nivel mundial la necesidad de buscar nuevas estrategias orientadas a mejorar la eficiencia de uso. El primer paso fue la utilización del riego localizado y posteriormente se inició la aplicación del Riego Deficitario (RDF) en los cultivos alimenticios, especialmente para regiones con limitadas

disponibilidad de agua, todo ello orientado a lograr una mayor eficiencia en el uso del agua.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento en el cultivo del apio (*Apium graveolens*), variedad Kelvin RZ F1, empleando riego deficitario (100%, 80%, 70% y 60% de la demanda), que se llevó a cabo en el Centro de Investigación y Extensión de Riego de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el volumen de agua utilizando 4 diferentes láminas, mediante el riego deficitario.
- Determinar el rendimiento de la producción del apio (*Apium graveolens*) con diferentes láminas de riego.
- Determinar la productividad del agua en el cultivo del apio (*Apium graveolens*) al aplicar el riego deficitario con 4 diferentes láminas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

El agua es un elemento fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas, a su vez es también un factor limitante en la producción de alimentos. Sólo una pequeña parte del agua captada por las plantas se emplea en su desarrollo y actividades fotosintéticas, y el resto se pierde por transpiración. La cantidad retenida por las plantas es mínima en comparación con la cantidad transpirada. Además, hay evaporación del suelo a la atmósfera. Las necesidades de agua de las plantas se calculan mediante la evapotranspiración (ET), que depende del clima, el tipo de planta y la humedad del suelo, y se calcula como el producto de la evapotranspiración de referencia (ET₀) y un coeficiente de cultivo (K_c) (Álvarez 2010).

2.2. Generalidades del apio

2.2.1. Origen

El apio, científicamente conocido como *Apium graveolens*, se originó en el Mediterráneo oriental ha sido cultivado durante siglos por sus tallos comestibles y hojas aromáticas. También se han identificado variedades silvestres en otras partes de Europa y Asia occidental, por lo que se ha expandido por todo el mundo. Es una planta muy tolerante a diversos climas y se desarrolla adecuadamente en zonas costeras. (Casseres, 1980). Pertenece a la familia de las umbelífera, y su forma consiste en una roseta de hojas verdes con bordes dentados que crecen más o menos erguidas (Gros, 1976).

2.2.2. Descripción del cultivo del apio

a. Taxonomía

La clasificación taxonómica (Rubatzki y Yamaguchi, 1997):

- Reino: Plantae
- Sub reino: Embryobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Sub clase: Rosidae
- Orden: Apiales
- Familia: Apiaceae
- Género: Apium
- Especie: graviolens
- Nombre común: apio

b. Diversidad de especie

El apio, al contrario de otras hortalizas, cuenta con un número limitado de variedades. Pese a que, en ciertas características como la diferencia de longitud del pecíolo, la sensibilidad a las enfermedades, e incluso la floración temprana, entre otros factores que logran influir en la productividad, el germoplasma disponible de estos cultivares, posee diferencias mínimas. Siendo así, que la diferencia más notable está en el color final del cultivo. Según lo anterior, es que se clasifican los cultivares, en dos grandes tipos: apio verde y apio blanqueado (Rubatzki, 1997).

c. Apio verde

El apio verde se destaca principalmente por poseer los tallos de un color verde intenso. Este, es el más utilizado en América (Rubatzki, 1997). Esta variedad también se distingue por ser más resistente que al apio blanco, con un crecimiento vegetativo más robusto, y un manejo más sencillo al cultivarlo (Toledo, 1995).

d. Apio blanco

Este tipo de apio ofrece una planta de pecíolos de color blanco a amarillo ligeramente verdoso, en donde debido a la coloración que se busca, se recomienda entre las labores culturales, el aporque de las plantas para suprimir la síntesis de clorofila. Este tipo se cultiva en mayores cantidades en los países europeos, a pesar de que su producción es más sensible que la de la variedad verde (Rubatzki, 1997).

e. Apio variedad Kelvin RZ

Esta variedad pertenece al tipo de apio verde, por la característica principal del mismo, el color verde oscuro, su cosecha es apropiada y recomendada tanto en la primavera, como en el invierno. Esta variedad posee un buen comportamiento frente a las enfermedades de hoja, el tallo es erecto con ausencia de retallos.



Figura 1: Apio variedad Kelvin RZ

FUENTE: rijkszwaan.es

f. Tamaño y peso

La longitud típica de un tallo de apio oscila entre 30 y 60 cm. Sin embargo, tras la cosecha, se suelen considerar de tamaño comercial cuando miden entre 25 y 30 cm. Para comercializarlos, los tallos se cortan con frecuencia y luego se limpian y embolsan. Durante este proceso, puede perderse hasta un treinta por ciento del peso original de los tallos, lo que resulta en pesos que oscilan entre 400 y 900 gramos (Vigliola, 1992).

g. Color

Conforme se da el crecimiento del apio, el tallo adquiere un color natural que se encuentra entre un verde amarillento y un verde oscuro. Por otro lado, cuando el apio se encuentra próximo a la cosecha, el cultivo puede blanquearse, para ello, en las etapas finales del crecimiento se considera el cubrir los tallos, dejando expuesta sólo las hojas (Vigliola, 1992).

h. Sabor

En general, las hojas tienen un sabor agradable y ligeramente amargo. El tallo tiene una textura crujiente y un sabor algo anisado. Cuando se genera en el apio el llamado blanqueado, pierde parte de su sabor, además de su color verde (Vigliola, 1992).

2.2.3. Descripción botánica

a. Raíz

El sistema de raíces es pivotante, fuerte y profundo, con raíces secundarias en la superficie (Rubatzki y Yamaguchi, 1997). El apio tiene una raíz pivotante vigorosa y profunda, con raíces secundarias poco profundas. Del cuello de la raíz surgen tallos herbáceos que pueden alcanzar una altura de 30 a 80 cm. Las enormes hojas forman una corona y la mayor parte del limbo está cubierta por un pecíolo grueso y carnoso. La planta produce un aquenio como fruto en su segundo año de crecimiento, junto con un tallo floral que lleva flores blancas o moradas (INFOAGRO, 2000).

b. Tallo

Los tallos presentan una tonalidad que va desde el blanco hasta el verde, expandiéndose en su base. Sus dimensiones varían en longitud, normalmente entre 30 y 50 cm, y en anchura, sustancialmente entre 2 y 5 cm. Las hojas en la parte superior del tallo suelen ser más grandes que las que están alrededor del brote superior (Torres, 2012).

c. Hojas

El pecíolo, que cubre una parte sustancial de la hoja, es un tallo grueso y carnoso, y las hojas son grandes, con forma de corona (Rubatzki y Yamaguchi, 1997).

2.2.4. Plagas y Enfermedades

Según Maroto (1990), el apio puede ser atacado por diversas plagas y enfermedades, dentro de las más comunes se encuentran las siguientes:

a. Plagas

- Araña roja (*Tetranychus telarius*).
- Mosca del apio (*Phylophyllo heraclei* L.)
- Gusanos de tierra (*Agrotis sp*)
- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)
- Pulgones (*Myzus persicae*)
- Trips (*Thripstabaco*)

b. Enfermedades

- Fusariosis (*Fusarium oxysporum*)
- Mildium del apio (*Plasmopara nivea* Schr)
- Septoriosis (*Septoria apiicola*),
- Mancha foliar (*Cercospora apii* Fres.)

2.2.5. Requerimientos del cultivo

a. Clima

El apio necesita temperaturas entre 15 y 21 °C para un crecimiento óptimo. Los días más largos favorecen el desarrollo de las hojas y se necesita una luz moderada. Sin embargo, temperaturas mínimas de 0 °C durante el periodo vegetativo pueden provocar anomalías como necrosis en el cuello de la planta y separación epidérmica en la parte superior del tallo (MINAG, 2010).

El apio es un cultivo que crece en climas moderados. Necesita un clima fresco, un suelo orgánico bien drenado y abundante agua de riego para crecer de forma continua. Si las temperaturas descienden a 4-10 °C durante 10 días o más cuando la planta aún es pequeña, florecerá y dejará de ser apta para el consumo como hortaliza (Belletti, 1990).

b. Suelo

Leano (1973) menciona que el apio crece mejor en suelos frescos, profundos y fértiles, como los franco-arenosos ricos en humus. Sin embargo, los suelos arcillosos no son adecuados para cultivar apio, además de necesitar un buen drenaje.

El apio necesita un suelo con abundante materia orgánica y alto contenido de humedad. Antes de sembrar, se incorporan cantidades significativas de estiércol (20-30 t/ha). Es fundamental comprobar la salinidad del suelo, ya que el apio tiene una baja tolerancia, alrededor de 3-4 mmhos/cm (Arias, 2008).

c. Fertilización

El apio requiere una cantidad significativa de nutrientes para su crecimiento, más que otras hortalizas. Para su cultivo, se recomienda aplicar 132 kg de nitrógeno, 51 kg de pentóxido de fósforo, 188 kg de óxido de potasio y 152 kg de calcio por hectárea. Además, es importante utilizar fertilizantes orgánicos, especialmente aquellos ricos en potasio. El apio también tiene altas necesidades de microelementos en comparación con otros cultivos. Estudios en suelos turbosos sugieren que el cloruro de sodio también es crucial para una producción óptima (Leano,1973). La fertilización se realiza a base de productos nitrogenados como sulfato de amonio y sulfato-nitrato de amonio. Se fertiliza durante todo el ciclo del cultivo de apio (Vigliola,1992).

d. Agua

En el cultivo de apio, se estima que se necesitan entre 33 a 50 litros de agua para producir 1 kilogramo de producto comercializable (Sendra, 2011). Durante las primeras etapas de desarrollo, es crucial un riego abundante y regular, ya que el cultivo es sensible al estrés hídrico. En la Tabla 1 se detallan los coeficientes de evapotranspiración del cultivo (Kc) para las fases avanzadas (fase 3 y fase 4) del cultivo de apio, mientras que en la Tabla 2 se presentan las diferentes etapas del ciclo de cultivo expresadas en días (Doorembos Pruitt, 1977).

Tabla 1: Necesidades hídricas en últimas fases del cultivo del apio expresadas en coeficiente de evapotranspiración (Kc)

Fases de desarrollo	Humedad relativa > 70%		Humedad relativa <20%	
	Velocidad del viento m/s			
	0-5	5-8	0-5	5-8
Fase media (Fase 3)	1	1.05	1.1	1.15
Fase final (Fase 4)	0.9	0.95	1	1.05

FUENTE: Doorembos Prultt (1976).

Tabla 2: Fases del cultivo del apio (*Apium graveolens*)

Condiciones de cultivo	Fase 1 (días)	Fase 2 (días)	Fase 3 (días)	Fase 4 (días)	Total (días)
En climas semiáridos	25	40	95	20	180
En estación fría	35	55	105	20	210
En climas húmedos	30	40	45	15	125

FUENTE: Doorembos Prultt (1976)

e. Humedad

El apio es un cultivo que presenta con frecuencia la necesidad de humedad en el suelo. La disminución de la calidad queda demostrada por el engrosamiento de los tejidos que se produce cuando el suelo se seca. Para que el apio crezca de forma continua durante sus primeras fases de desarrollo, el riego debe ser abundante y constante (Belletti, 1990).

f. pH

Se recomienda mantener el pH del suelo próximo a la neutralidad, entre 6,7 y 8, para una producción de apio de alta calidad (Maroto, 1990).

2.2.6. Labores en el cultivo

a. Preparación del terreno

Para preparar adecuadamente el terreno para el trasplante de apio, se recomienda realizar un arado inicial seguido de dos pasadas con el rastrillo. Esta práctica ayuda a descompactar el suelo y a nivelarlo (Higuita y Rodríguez, 1971).

b. Siembra

Dependiendo de cuándo se consuma el producto, la siembra puede realizarse en distintos periodos del año (Rustad, 2004). Las dos campañas de siembra (invierno y primavera) se basan en los ciclos de producción. Se considera que el trasplante es el método de siembra más rentable, por lo que se aconseja más que la siembra directa (CEDAF, 1999).

c. Trasplante

La plántula está lista para el trasplante cuando mide 15 cm de altura, posee de tres a cuatro hojas verdaderas, un peciolo de unos 10 cm de longitud y láminas foliares de 4 a 5 cm de anchura. (FAO, 2006). El trasplante se lleva a cabo con una separación de 20 a 30 cm entre plantas, considerando también una separación entre camas de 20 a 40 cm (Serrano, 1979).

d. Labores culturales

Las labores culturales en el cultivo del apio se refieren a las actividades realizadas una vez que el cultivo está sembrado, y se pueden llevar a cabo hasta la cosecha. Estas labores se dividen en dos categorías: especiales y generales. Las primeras se realizan en momentos concretos para lograr objetivos específicos, mientras que las segundas se llevan a cabo de forma regular para mantener el cultivo (INFOGRANJA, 2017).

e. Desyerbe

El desyerbe se puede hacer manualmente o mediante el uso de herbicidas antes de la emergencia de las malezas, o después de que el cultivo haya brotado. Debido al lento crecimiento inicial del apio, se suele recomendar sembrar en almácigos y luego se trasplanta al campo, ya que la planta no compite adecuadamente contra las malezas al principio de su ciclo de fenológico (Del Pino, 2018).

f. Riego

El apio crece adecuadamente, en regiones frescas con precipitaciones constantes durante todo su periodo vegetativo. Sin embargo, el riego es necesario que sea constante para garantizar que la planta crezca de forma continua y de un resultado deseable. Deben realizarse varios riegos repetidos durante la fase de desarrollo. Este cultivo tiende a sufrir de estrés cuando hay falta de agua en el suelo. El riego por gravedad y el riego por goteo, también son opciones viables. El trabajo requerido es bastante superficial, ya que la mayoría de las raíces sólo llegan a unos centímetros de profundidad (Leano, 1973).

g. Comercialización

En muchos países, el apio se comercializa una vez retirados los peciolos y las hojas, y se clasifica según su tamaño y calidad. El color, la forma, la rectitud y el grosor de los peciolos,

así como la longitud del nervio central, contribuyen a la calidad. También se tienen en cuenta las enfermedades, quebrado de hojas, los daños causados por plagas. El apio puede durar hasta siete semanas si se almacena adecuadamente a temperaturas que oscilan entre 0 y 2 °C (LESSICO, 2017).

h. Cosecha y rendimiento

La cosecha tiende a efectuarse entre 85 y 100 DDT (días después del trasplante). La cosecha se recoge cuando alcanza el tamaño deseado para el mercado y los pecíolos aún no se han ablandado (Rodríguez, 2008).

Según Fuentes *et al.* (2010), en condiciones óptimas, el rendimiento de apio puede oscilar entre 30 a 50 toneladas por hectárea. Por otro lado, Arias (2008) menciona que el apio debe manipularse con cuidado durante la cosecha para evitar roturas del tallo, que puede repercutir tanto en la calidad como en la cantidad del producto.

Tabla 3: Rendimiento del apio a nivel nacional en Kg/ha

Año	Ancash	Arequipa	Huánuco	Junín	La Libertad	Lima	Tacna
2015	5097	20235	11767	16417	26828	10724	17952
2016	5385	20700	11277	15960	26629	9780	15986
2017	5567	21651	11826	16668	27256	10044	18086
2018	8346	21889	12000	17065	27292	10372	19824

FUENTE: Ministerio de Agricultura y Riego (2018)

2.3. Agua

2.3.1. Estrés

El término "estrés" en el contexto de las plantas se refiere a la respuesta fisiológica que surge como resultado de la presión ambiental que obliga a la planta a adaptarse y cambiar su fisiología (Nilsen y Orcutt, 1996). Desde el punto de vista de Lambers *et al.* (1998), el estrés se define como cualquier condición ambiental biótica o abiótica que ralentiza el ritmo de un proceso fisiológico, como el crecimiento, la fotosíntesis o la producción de frutos, por debajo de su capacidad máxima.

2.3.2. Estrés hídrico

El estrés hídrico se produce cuando la demanda de agua de una planta supera la capacidad de las raíces para suministrarla. La demanda de agua viene determinada por la transpiración, en la que influyen factores físicos como la radiación, la temperatura y la humedad relativa. Estas condiciones de estrés se desarrollan como resultado de una escasa disponibilidad de agua en el suelo o de una elevada demanda evaporativa (altas temperaturas, humedad relativa muy baja). Cuando las plantas se ven sometidas a estrés hídrico, sus funciones se desestabilizan inicialmente, a lo que sigue un proceso de adaptación y normalización, así como un aumento de la resistencia a las condiciones adversas. Sin embargo, si se sobrepasan los límites de tolerancia y la capacidad de aclimatación, las consecuencias pueden ser daños permanentes o la muerte de la planta (Lichtenthaler, 1996).

El estrés hídrico provoca numerosas reacciones fisiológicas en las plantas, que se hacen visibles en el tamaño y el cierre de las estomas, lo que trae como respuesta la reducción de la producción en los cultivos (Mccutchan y Shackel, 1992).

2.3.3. Riego por goteo

El agua de riego se suministra en forma de gotas que fluyen directamente a la zona radicular de cada planta, lo que permite un uso óptimo. (Medina San Juan, 2000). El riego por goteo destaca por su capacidad para conservar el agua al reducir la escorrentía, la evaporación y la percolación. Además, al evitar el contacto directo del agua con hojas y tallos, se mitiga el riesgo de enfermedades que podrían perjudicar la productividad (Shock y Welch, 2013).

a. Riego deficitario

El riego destinado a la agricultura es responsable por más del 85% del agua utilizada en todo el mundo. Esta cifra refleja la enorme demanda de agua que enfrenta la agricultura, especialmente en un contexto donde la disponibilidad de este recurso es cada vez más limitada debido al cambio climático y al crecimiento de la población (Van Schilgaarde, 1994).

- **Riego deficitario controlado (RDC)**

Una ligera reducción del agua de riego puede aumentar la cantidad de agua disponible

para otros usos. El riego deficitario controlado es una técnica que se desarrolló a principios de los años 80 (Chalmers et al, 1985). Esta estrategia consiste en disminuir la cantidad de agua aplicada al cultivo sin alterar significativamente en el rendimiento. Para lograrlo, es necesario regar con frecuencia para evitar el estrés de los cultivos. En consecuencia, esta estrategia se basa en prestar atención al ciclo vegetativo y a su capacidad para tolerar la escasez de agua. Así, el riego deficitario controlado se desarrolla como un novedoso tipo de riego deficitario (Sánchez y Torrecillas, 1995).

2.3.4. Productividad del agua

La productividad del agua varía según la región, el manejo agrícola, el tipo de cultivo y los insumos utilizados, así como otros factores que influyen en la producción agrícola. Estos elementos son clave para determinar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura (Oweis y Hachum, 2003). En este sentido, la eficiencia en el uso del agua se mide por la cantidad de biomasa generada por cada unidad de agua empleada durante todo el ciclo vegetativo del cultivo (Fageria *et al.*, 2006; Jovanovic *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2006a). Sin embargo, cuando se prioriza la eficiencia hídrica con fines productivos y económicos, suele sustituirse el término de biomasa por el rendimiento, medido en kilogramos por hectárea de producto por metro cúbico por hectárea de agua utilizada. Este enfoque destaca la importancia de maximizar la producción con el menor uso de agua posible (Fernández y Camacho, 2005).

$$EUA \text{ o Productividad del agua} = \frac{\text{Producción (kg)}}{\text{Agua utilizada m}^3}$$

2.3.5. Periodos críticos del cultivo

El periodo crítico se refiere al momento en el que la escasez de agua puede tener un impacto significativo en la producción y calidad de la cosecha. Es crucial identificar este periodo para garantizar buenos rendimientos en la producción (Molina, 2012).

Una de las claves para aplicar con éxito el riego deficitario controlado es disminuir el riego durante los períodos en los que la planta no es tan sensible al estrés hídrico. Es esencial determinar la cantidad de agua a aplicar para establecer las condiciones óptimas para el riego deficitario controlado y así minimizar su impacto en la cosecha. Identificar estos períodos puede ser complejo, ya que algunos expertos sugieren que los momentos de crecimiento de

los frutos son los más susceptibles a la escasez de agua (Molina, 2012).

2.4. Evapotranspiración (ET)

La evapotranspiración demuestra las necesidades de los cultivos. Consta de dos procesos: la evaporación del agua de la superficie del suelo y la transpiración a través del tejido vegetal. Esto ocurre cuando las estomas se abren y se cierran. Ambos procesos liberan agua a la atmósfera (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1990).

2.4.1. Evapotranspiración referencial (ET_o)

La ET_o (evapotranspiración de referencia) representa la tasa de evaporación y transpiración en una zona sin limitaciones de agua. Este enfoque se desarrolló para evaluar la demanda de evapotranspiración atmosférica, independientemente de la variedad de cultivo o de las prácticas de gestión. La ET_o se ve afectada únicamente por las condiciones climáticas, por lo que es un parámetro climático que puede determinarse utilizando datos meteorológicos (Allen *et al.*, 2006).

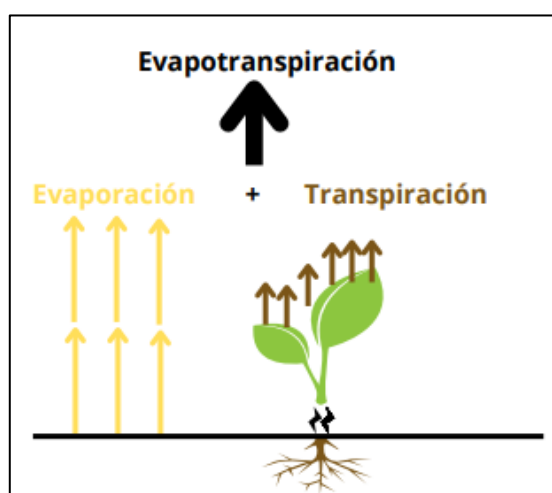


Figura 2: Evapotranspiración

2.4.2. Evaporación del cultivo bajo condiciones estándar (ET_c)

Se refiere a la evapotranspiración de un cultivo, en condiciones libres de enfermedades, buena fertilización y crecimiento en grandes parcelas en condiciones óptimas de suelo y agua, en las que alcanza la máxima producción en función de las condiciones climáticas. La demanda de agua de los cultivos se refiere a la cantidad de agua necesaria para compensar la pérdida por evapotranspiración de los cultivos; por lo tanto, la necesidad de riego es

esencialmente la diferencia entre la necesidad de agua de los cultivos y la precipitación efectiva. La evapotranspiración del cultivo difiere de la del cultivo de referencia en las mismas condiciones meteorológicas, y se calcula de la siguiente manera (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1990).

$$ET_c = K_c * ET_o$$

ET_c: Evaporación del cultivo de condiciones estandar (mm/d)

K_c: Coeficiente del cultivo (adimensional)

ET_o: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/d)

2.4.3. Coeficiente de cultivo K_c

Es el factor que refleja el nivel de crecimiento de las plantas o la extensión de la cobertura del suelo por el cultivo. (Vásquez et al. 2017). El K_c presentará diferentes valores en relación a las características del cultivo, como lo son la fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, evaporación del suelo, condiciones climáticas, frecuencia de lluvia o riego. (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 2008).

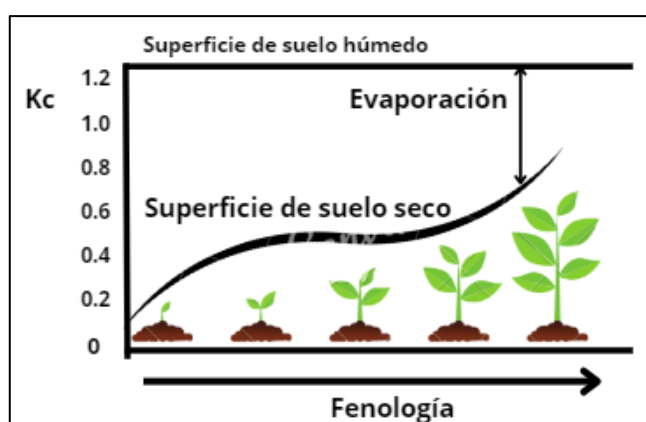


Figura 3: Coeficiente K_c en el cultivo

2.5. Método para determinación de la ET_o

2.5.1. Método del tanque evaporímetro

Este método implica establecer una correlación entre la tasa de evapotranspiración registrada en un lisímetro y la tasa de evaporación en un tanque de evaporación clase "A". Este tanque tiene dimensiones de 1.20 m de diámetro, 0.25 m de profundidad, y se coloca a 0.15 m sobre el nivel del suelo (Vásquez *et al.*, 2017). La evaporación desde una superficie libre de agua

mide la influencia combinada de la radiación, la temperatura del aire, la humedad del aire y el viento sobre la evapotranspiración. Sin embargo, las variaciones entre las superficies libres de agua y las superficies cultivadas dan lugar a grandes diferencias en la pérdida de agua de una superficie libre de agua a otra cultivada. El tanque de evaporación ha demostrado ser beneficioso, y se ha utilizado con éxito para estimar la evapotranspiración de referencia (ET_o) conectando la evaporación del tanque a la ET_o mediante coeficientes empíricos (Allen *et al.*, 2006).

$$ET_o = K_p \times E_v$$

$$ET_o = K_p \times E_v$$

ET_o: evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

K_p: coeficiente del tanque evaporímetro

E_v: evaporación del tanque evaporímetro (mm día⁻¹)



Figura 4: Características del tanque clase A

FUENTE: FAO (2006).

III. METODOLOGÍA

3.1. Características del área experimental

3.1.1. Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en las instalaciones del Centro de Investigación y Extensión de Riego (CIER) del Departamento Académico de Recursos Hídricos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, ubicado en el distrito La Molina, provincia y departamento de Lima.

Altitud: 233 msnm.

Longitud: 76°56'56"O

Latitud: 12° 5'1.45"S

Temperatura: 15 – 28 °C



Figura 5: Ubicación del Centro de Investigación

FUENTE: Google Earth (2023)

3.1.2. Condiciones climáticas

La información meteorológica del clima en el distrito de La Molina se obtuvo a través de la estación de Recursos hídricos, ubicada en la UNALM, perteneciente a la facultad de ingeniería agrícola (FIA), teniendo en cuenta el registro del periodo de duración de la presente investigación, la cual se llevó a cabo desde marzo del 2023 a junio del mismo año. En donde la temperatura promedio máxima fue de 32.9 °C registrada en abril, y la temperatura mínima promedio fue de 16.9 °C el 4 de junio.

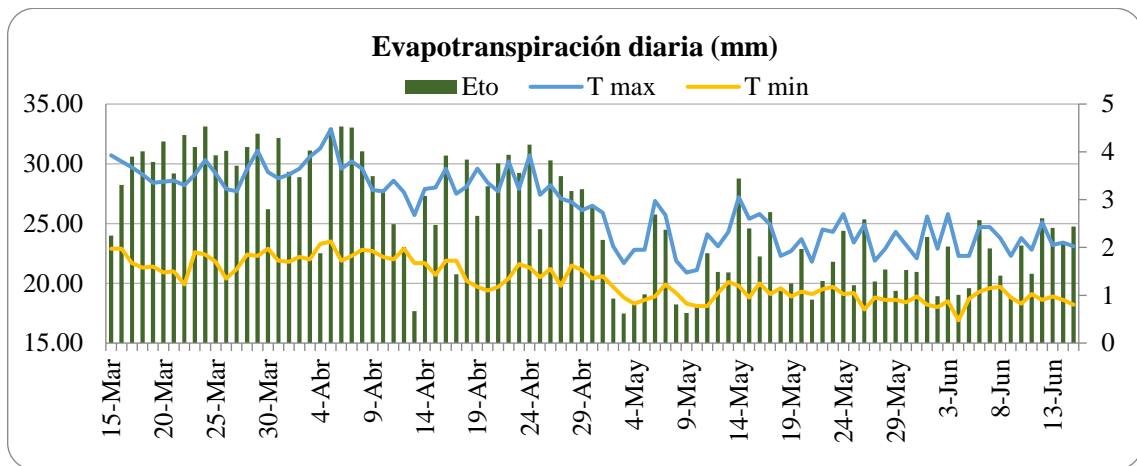


Figura 6: Temperaturas promedio y evapotranspiración

3.1.3. Duración del estudio

El estudio se inició el 15 de marzo del 2023 y finalizó el 15 junio del mismo año, en este periodo de tiempo, primero se tuvo un riego uniforme hasta los 28 días después del trasplante (DDT), y posteriormente se aplicaron 4 tratamientos con diferentes láminas de riego (100%, 80%, 70% y 60% de la evapotranspiración), según la fenología del cultivo en la que se encontraba. Finalmente, se valoraron y analizaron las muestras según lo indicado en los objetivos específicos.

3.1.4. Análisis de laboratorio

a. Caracterización de suelo

La caracterización físico química del suelo del área de estudio se realizó en el laboratorio de química agrícola - Valle Grande, ubicado en Huaral. El análisis fue de dos muestras representativas tomadas a profundidades de 40 cm y 20cm. Según los resultados del análisis

de caracterización (ver Anexo 2), el suelo presenta una textura franca arcillo arenosa a una profundidad de 20 cm y textura franco arenosa a 40 cm de profundidad, también se obtuvo un PH de 7.76 y 7.61, siendo ligeramente alcalino y la materia orgánica de 1.03 % y 1.21% (considerada baja), a 40 y 20 cm, respectivamente.

b. Caracterización del agua para riego

El agua utilizada para el riego del cultivo del apio, fue extraída del reservorio ubicado en el centro de investigación de extensión de riego (CIER), perteneciente a la facultad de Ingeniería Agrícola, en la UNALM. Para su evaluación se tomó una muestra de agua del reservorio, la cual fue analizada en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF) de la Facultad de Agronomía, en la Tabla 4 se presentan los resultados del análisis, que al ser comparados con los Estándares de Calidad de Agua (ECA), categoría 3 Riego de Vegetales de tallo bajo y tallo alto (D.S. N° 002-2008-MINAM) (ver Anexo 3), demuestran que su calidad es apta para el riego de vegetales. Teniendo así, como resultado de la conductividad eléctrica (CE) el valor de 0.99dS/m, al ser menor a 2 dS/m, los ECAS indicaron que no se presenta riesgo de salinidad. Así mismo, contó con un pH ligeramente alcalino.

Tabla 4: Resultados de análisis de agua

Parámetro	Unidad	Valor
pH	-	8.6
CE	dS/m	0.99
Calcio	meq/L	5.75
Magnesio	meq/L	1.35
Potasio	meq/L	0.33
Sodio	meq/L	2.78
Suma de Cationes	-	10.21
Nitratos	meq/L	0.0
Carbonatos	meq/L	0.0
Bicarbonatos	meq/L	1.95
Sulfatos	meq/L	1.51
Cloruros	meq/L	6.90
Suma de Aniones	-	10.30
Sodio	%	27.24
RAS	-	1.48
Boro	Ppm	0.51
Clasificación	-	C3 - S1
Fosfato	Ppm	1.77
Alcalinidad	Ppm	118.80

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1. Material vegetal

- Plantines de apio, variedad Kelvin RZ F1 de la empresa RIJK ZWAAN

3.2.2. Sistemas e insumos para riego

- Cabezal de riego presurizado de alta frecuencia
- Sistema de riego por goteo
- Equipo de fertirrigación de inyección tipo Venturi
- Reservorio con agua para riego

3.2.3. Equipos

- Mochila pulverizadora de 20 l
- Balanza digital
- Horno para secado de muestras
- Flexómetro
- Sensor de humedad (TDR-150)
- Calibrador vernier
- Tanque evaporímetro clase A

3.2.4. Fertilizantes e insumos fitosanitarios

- Ácidos húmicos
- Cloruro de potasio
- Sulfato de potasio
- Nitrato de potasio
- Nitrato de amonio
- Nitrato de calcio
- Nitrato de magnesio
- Fosfato monoamónico
- Nutrisorb
- Gel Tec K
- Fruit XL

- Medal
- Embark 90 SC
- Kohinor 350 SC

3.2.5. Otros

- Rastrillo
- Azadones
- Palas
- Combas
- Pegamento agroindustrial
- Recipientes
- Cuaderno de campo
- Lapicero
- Laptop
- Carrizo
- Plástico de colores
- Hojas

3.3. Metodología de la investigación

La metodología fue de tipo experimental, en donde el procedimiento fue el siguiente:

3.3.1. Preparación del terreno

En la preparación de terreno se empleó maquinaria agrícola la cual realizó los trabajos de nivelación y arado, con la finalidad de mullir el suelo, posteriormente, la surcadora trazó un total de 15 surcos en el terreno. Un día antes de la siembra se realizó un riego a machaco por 3 horas, con el fin de humedecer las capas superficiales del suelo, y facilitar el trasplante de los plantines de apio, así mismo evitar la aparición de alguna plaga. El 15 de marzo del 2023 se realizó el trasplante de 3975 plantines de apio, respetando la densidad de siembra, con una distancia de 0.2 m entre plantas y 0.9 m entre surcos.

3.3.2. Uso del tanque evaporímetro

Para el manejo de la evapotranspiración diaria, se utilizaron como equipos meteorológicos el tanque evaporímetro clase "A", perteneciente a la FIA, así como registros climáticos de la estación perteneciente a Recursos Hídricos, para realizar la programación de riego correspondiente a las 4 diferentes láminas.

3.3.3. Instalación del sistema de riego

Se instaló un sistema de riego por goteo superficial, con cintas de goteo correspondientes al modelo aries 16150 de la marca Netafim, con un caudal emisor de 0.95 l/h a 1 bar de funcionamiento, con una distancia entre goteros de 0.20 m. La cinta fue instalada a 0.2 metros de la cama de siembra, se trasplantó una hilera de apio por surco.

El centro de investigación cuenta con una caseta de riego automatizada, en donde se conecta la red primaria a las secundarias, y se unen a la red terciaria. El sistema posee una caseta de riego automatizado, con válvulas reguladoras de presión, válvulas check, manómetros, sistema de filtrado con anillas, bombas, equipo de fertilización tipo Venturi, caudalímetros, etc. Finalmente, se contó con un arco de riego en donde se podía regular la distribución del riego, y a su vez las cintas contaban con llaves de paso, en donde se abría y cerraba el paso del agua (ver Anexo 11).

3.3.4. Diseño y disposición experimental

La investigación se fundamentó en un Diseño Completamente al Azar, con 4 tratamientos y 3 repeticiones, donde los tratamientos fueron diferentes porcentajes de láminas de riego.

Tabla 5: Tratamientos según porcentaje del Etc

Tratamiento	Etc (mm/ día) (%)
T1 (Testigo)	100
T2	70
T3	60
T4	80

a. Características del diseño

- **Campo experimental**

Largo (m)	:54
Ancho (m)	:15
Área total (m ²)	:810

- **Repeticiones**

Número de repeticiones:	:3
Largo de cada repetición (m)	:54
Ancho de cada repetición (m)	:0.9
Área de cada repetición (m ²)	:48.6

- **Tratamientos**

Distancia entre surco (m)	:0.9
Distancia entre plantas (m)	:0.2
Número de plantas por tratamiento	:265
Número total de plantas	:3975

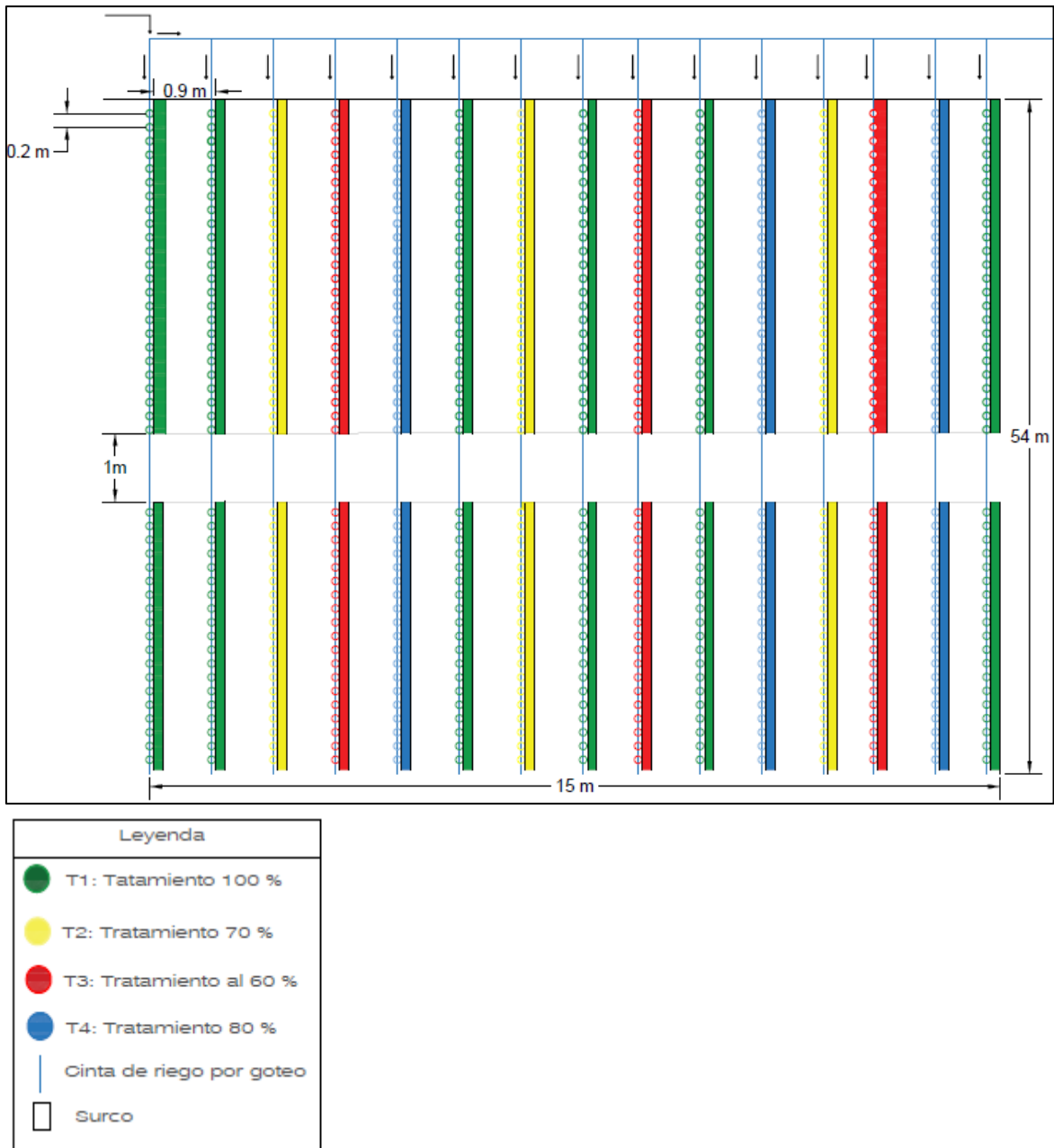


Figura 7: Diseño experimental de distribución de surcos por tratamiento

3.3.5. Manejo de riego

La utilización de las cuatro diferentes láminas de riego, se realizó mediante riego localizado (riego por goteo), teniendo en cuenta una frecuencia de riego diaria, la aplicación del déficit hídrico, se basaron en función a un análisis visual y subjetivo conforme se daba el desarrollo foliar e incremento de enraizamiento del cultivo. El suministro de riego inició desde el día del trasplante (DDT), a los 28 días después del trasplante del cultivo se aplicaron las diferentes láminas de riego, con la finalidad de evaluar el Riego Deficitario Controlado (RDC). La estimación de la evapotranspiración de referencia mm/día (ET_0), se calculó por

la fórmula del coeficiente del tanque evaporímetro clase "A", en la cual se utilizó el factor 0.75, ya que se trabajó con un cultivo verde con vientos moderados, a una distancia de 10 metros del tanque al cultivo (ver Anexo 1), y la evaporación diaria.

Para el cálculo de las láminas de riego, se utilizó el coeficiente de cultivo para determinar la evapotranspiración de cultivo mm/día (ETc), se aplicó la fórmula, siendo los valores usados de Kc 1.05 y 1, a partir del DDT 28, y DDT 76, respectivamente.

Una vez hallado el tiempo en minutos de la aplicación de riego, se fraccionó el tiempo en los porcentajes respectivos del déficit hídrico (80%, 70% y 60% de la demanda) considerando al 100 % de la ETc los surcos que permanecían con el tiempo total de riego correspondiente. Esto se llevó a cabo a través de las llaves de paso que poseían las cintas de riego, permitiendo el manejo del tiempo y del agua correspondiente para los tratamientos.

3.3.6. Control de humedad

Las cantidades de láminas diarias de riego aplicadas se basaron en el método de la FAO con el tanque evaporímetro clase A. Se realizaron aplicaciones de riego adicionales a los cálculos de los tiempos, debido al estado en que se encontraban según un análisis visual y subjetivo, así como las aplicaciones del Kc en los periodos de desarrollo y macollamiento del cultivo. Para poder corroborar que las plantas a las que se les aplicó láminas con el 100% de la evapotranspiración, poseían la cantidad de agua apropiada, y evitar que las de otros tratamientos lleguen a un déficit de agua en el que las plantas puedan llegar al punto de marchitez, se utilizó un sensor de humedad (TDR-150) de manera ocasional para medir la humedad del suelo (ver Anexo 16).

3.3.7. Manejo de fertilización

a. Incorporación de materia orgánica

El resultado del análisis de suelo del experimento arrojó bajos niveles de materia orgánica encontrada en el área, teniendo en cuenta que el apio es un cultivo que requiere grandes cantidades de materia orgánica, oscilando entre 30-40 ton/ha de estiércol. Se optó por abonar el campo de manera que se aplicó un saco de 40 kg por surco, usando un total de 15 sacos

en toda el área. El abono fue procedente de ovinos que se trajo de los establos de la UNALM. Se incorporó al campo a manera manual, a través de rastrillos, como se visualiza en el Anexo 11.

b. Plan de fertilización

La fertilización que se aplicó al cultivo inició al día siguiente del trasplante, hasta la semana 12 (donde se realizó la cosecha), los nutrientes se brindaron a la planta a través del sistema de riego (fertiirrigación) por un sistema de Venturi.

El plan de fertiirrigación para el cultivo del apio se formuló con la intención de obtener rendimientos cercanos al 90 ton/ha. El periodo de abonamiento fue el mismo para las 12 semanas, aplicando los compuestos alternando entre ellos de manera que al mezclarnos no precipiten y dañen el sistema de riego, y a su vez se cumpla con las cantidades de abonamiento establecido.

Tabla 6: Programación de actividad de fertirriego

DDT	Fecha del trasplante (15/03/2023)	CaNO3	CIK	KNO3	NH3NO3	H6NO4P	MgNO3	K2SO4
12	27/03/23			X		X		X
14	29/03/23		X					
16	31/03/23	X			X		X	
19	3/4/2023			X		X		X
21	5/4/2023		X					
23	7/4/2023	X			X		X	
26	10/4/2023			X		X		X
28	12/4/2023		X					
30	14/04/23	X			X		X	
33	17/04/23			X		X		X
35	19/04/23		X					
37	21/04/23	X			X		X	
40	24/04/23			X		X		X
42	26/04/23		X					
44	28/04/23	X			X		X	
47	1/5/2023			X		X		X
49	3/5/2023		X					
51	5/5/2023	X			X		X	
54	8/5/2023			X		X		X
56	10/5/2023		X					

«Continuación»

58	12/5/2023	X		X		X	
60	15/05/23			X		X	X
62	17/05/23		X				
64	19/05/23	X		X		X	
67	22/05/23			X		X	X
69	24/05/23		X				
71	26/05/23	X		X		X	
74	29/05/23			X		X	X
76	31/05/23		X				
78	2/6/2023	X		X		X	
81	5/6/2023			X		X	X
83	7/6/2023		X				
84	9/6/2023	X		X		X	

c. Aplicaciones complementarias

Producto a los niveles de nitrógeno del análisis de suelo, y considerando el trasplante de los plantines de apio, se aplicó durante la primera semana, hasta la segunda semana, una dosis de 1L de un fertilizante orgánico con alto contenido de ácidos húmicos, por cada balde de 20 L con agua, con la finalidad de estimular biológicamente a la planta (ver Anexo 16).

Otros productos agrícolas adicionales utilizados para la nutrición del cultivo y aplicados a través del riego, fueron el Nutrisorb y Gel - Tec K. Siendo el Nutrisorb un fertilizante en forma de gel con altas concentraciones de potasio, elementos esenciales y secundarios, importantes para la planta en periodos de fructificación y florecimiento, siendo en el caso de la hortaliza del apio, utilizada para su crecimiento. Mientras que el Nutrisorb, es un complemento nutricional y bioestimulante, que favorece la extracción de nutrientes, y como consecuencia, un mejor desarrollo del cultivo. Dentro de las aplicaciones complementarias también se realizó aspersiones a través de la mochila pulverizadora, con los productos de FruitXL, que es un bioestimulante y/o regulador de crecimiento que se aplicó con la intención de estimular la asimilación de nutrientes y mejorar algunas características agronómicas. En las aplicaciones con fines de control fitosanitario también se incorporó un bioestimulante compatible con ellos, siendo Kelp 100 un producto que promueve el enraizamiento y el incremento del rendimiento y la calidad del cultivo.

Tabla 7: Productos de uso agrícola para bioestimulación y nutrición

Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis	Fechas de aplicación
Nutrisorb	Polifenoles totales	1L/20L	23/05/2023 1/6/2023
GEL-TEC K	Concentrado en potasio	20 gr/20 L	7/6/2023 13/06/2023
Fruit XL	Citoquininas, giberelina y auxina	30 ml/20L	2/5/2023 25/05/2023
Kelp 100	Ecklonia maxima	100ml/20L	13/04/2023

3.3.8. Controles fitosanitarios

Dentro de las etapas fenológicas, se aplicaron insecticidas para el control de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) y el minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*), principalmente. Los productos se aplicaron junto a un dispersante no iónico, que es necesario para mejorar la eficiencia de estos plaguicidas, el último producto aplicado, 1 mes antes de la cosecha, se realizó por la presencia de algunos brotes de minador en las hojas del apio (ver Anexo 16), mientras la anterior aplicación fue de uso preventivo debido a la presencia de mosca blanca en campos cercanos al área de experimentación.

Tabla 8: Productos de uso agrícola para manejo de plagas

Nombre comercial	Ingrediente activo	Acción fitosanitaria	Control	Dosis	Fechas de aplicación
Kohinor	Imidacloprid	Insecticida	Mosca blanca	10ml/20L	13/04/2023
Aketchi	Extracto de planta Sophora flavescens + Emamectin benzoate	Insecticida	Minador	20ml/20L	18/05/2023

Adicionalmente, como medida de control fitosanitario se tuvo las llamadas “trampas ecológicas”, las cuales fueron elaboradas con plásticos de colores, un líquido pegajoso para uso agrícola llamado termo – o – cid, hilos y unos soportes hechos con carrizo y bambú (ver Anexo 16), las trampas agrícolas fueron puestas al inicio del desarrollo vegetativo del cultivo.

3.3.9. Métodos de evaluación y datos tomados

Durante el período de desarrollo (45 días DDT), 2 semanas después de iniciado el riego deficitario, se registró algunas variables como diámetros y alturas en las unidades experimentales de los tratamientos, evaluando unas 10 muestras por surco, 30 por tratamiento, y un total de 120 plantas evaluadas en todo el campo experimental.

Para evaluar la producción, y rendimiento al realizarse la cosecha, se registró el peso de las plantas en peso fresco (con una balanza digital), el diámetro longitudinal del pecíolo (a través de un pie de rey o calibrador) en donde se tomaron 2 medidas y se promediaron, se tomó la altura medida desde la base hasta la parte superior de las hojas, utilizando flexómetros y reglas de 100 cm. El proceso de selección completamente al azar fue dividir el campo en 2 y extraer las muestras contenidas en 2 metros para cada una de las subáreas divididas (ver Anexo 17), contando con 20 muestras por surco y un total de 300 plantas evaluadas en el área experimental.

Una vez registrados los datos de la cosecha por los cuatro tratamientos con 3 repeticiones, se promediaron y se calculó el rendimiento de la siguiente manera:

$$\text{Rend.} \left(\frac{\text{Ton}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Peso por Surco (Kg)} \times 10}{\text{Distancia entre plantas} \times \text{Distancia entre surco} \times \# \text{Plantas (m}^2\text{)}}$$

3.3.10. Labores culturales

Las labores culturales se realizaron de acuerdo al requerimiento del área experimental y del cultivo. Ya que de estas dependió la calidad del apio que se cosechó. La labor que se realizó a menudo fue el deshierbe, debido a que la maleza crecía con facilidad por las aplicaciones del riego y los nutrientes. También se efectuó nivelación de la cama de siembra, tensado de las cintas de goteo cuando lo requerían para que el riego le llegue de manera adecuada a la planta, y la limpieza en el área (ver Anexo 11).

a. Análisis estadístico

El diseño experimental consistió en un Diseño Completamente al Azar (DCA), en el cual se analizaron las variables a nivel estadístico mediante el Análisis de Varianza (ANOVA), y para obtener una comparación entre las medias de las variables de los tratamientos aplicados, se utilizó la Prueba Estadística de Comparación de Tukey, mediante el software R Studio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Prueba de coeficiente de uniformidad

La prueba se realizó en el campo experimental, con 5 repeticiones distribuidos en los 15 surcos, a diferentes niveles de presiones. La toma de datos fue al inicio del surco, luego a 15m del inicio, 30m, y a 50m. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$CU_g = 100 * \left(\frac{Q_{25}}{Q_n} \right)$$

Donde:

- Q_{25} : Media de los valores del 25% más bajo del gasto registrado en el emisor
- Q_n : Media del total de los valores de gasto

El coeficiente de uniformidad del gotero Aries Netafim es del 92%, lo cual indicó una distribución bastante uniforme del agua en el área de riego. Este parámetro fue esencial para garantizar un crecimiento óptimo de las plantas y evitar la sobre o sub-irrigación.

Tabla 9: Datos tomados para el CU

Presión (m)	Repeticiones	0m (ml)	15m (ml)	30m (ml)	50m (ml)	Prom (ml)	Conversión (l/hr)	Prom (l/hr)
5	Toma 1	20.00	19.00	16.00	17.50	18.13	1.09	1.08
	Toma 2	19.00	19.00	17.00	17.00	18.00	1.08	
17	Toma 1	17.00	17.50	17.00	16.00	16.88	1.01	1.02
	Toma 2	17.50	17.00	17.00	17.00	17.13	1.03	
17	Toma 1	17.00	17.50	18.00	18.00	17.63	1.06	1.07
	Toma 2	18.00	18.00	18.00	18.50	18.13	1.09	
5	Toma 1	18.00	18.00	18.00	19.00	18.25	1.10	1.06
	Toma 2	17.00	17.00	18.50	16.00	17.13	1.03	
17	Toma 1	19.00	19.00	18.00	17.00	18.25	1.10	1.11
	Toma 2	19.00	19.00	19.00	18.00	18.75	1.13	

Tabla 10: Cálculo de CU

Prom parcial (l/hr)	Mínimos (ml)	Prom mínimos (l/hr)	Prom total parcial (l/hr)	Coef. Uniformidad (%)
1.08	16.00			
1.02	16.00			
1.07	17.00	0.984	1.07	92.01
1.06	16.00			
1.11	17.00			

4.2. Láminas de riego calculadas

Las láminas brutas que se observan en la Tabla 11, son ligeramente menores a las netas, ya que el coeficiente de uniformidad es de 0.92. En términos de cantidades totales, el T1 tuvo un total de 211.06 mm de lámina, mientras que T2, 169.78 mm, T3, 156.01mm y T4 un total de 183.53mm.

En la Tabla 12 se presentan los valores de las láminas de riego netas calculadas para cada tratamiento a lo largo del período vegetativo del cultivo; hasta el día 28 después del trasplante, las láminas se mantuvieron iguales para los cuatro tratamientos, es decir, se aplicaron riegos iguales, después de esa fecha se comenzó con el déficit hídrico con los cuatro tratamientos (100%, 80%, 70% y 60% de la demanda), variando el kc para el día 28 y el 76, teniendo así un déficit hídrico que se mantuvo hasta la cosecha.

Es importante aclarar que los valores expuestos en las tablas 12. son los que se calcularon para enviar el tiempo de riego a través de la caseta. Debido a que el manejo del riego se cuantificó en el tiempo aplicado, se tomó como estrategia la disminución de estos tiempos calculados para el déficit hídrico, y cuando los tiempos eran bajos y algunas plantas se manifestaban como se muestra en el anexo 16, se les terminaba dando unos minutos más de riego.

Tabla 11: Láminas brutas de riego por tratamiento

DDT	Lnb1 (mm)	Lnb4 (mm)	Lnb2 (mm)	Lnb3 (mm)	DDT	Lnb1 (mm)	Lnb4 (mm)	Lnb2 (mm)	Lnb3 (mm)	DDT	Lnb1 (mm)	Lnb4 (mm)	Lnb2 (mm)	Lnb3 (mm)
0	1.712	1.712	1.712	1.712	31	4.474	3.579	3.132	2.684	62	3.127	2.502	2.189	1.876
1	2.518	2.518	2.518	2.518	32	1.643	1.315	1.150	0.986	63	1.278	1.023	0.895	0.767
2	2.967	2.967	2.967	2.967	33	4.383	3.506	3.068	2.630	64	1.427	1.141	0.999	0.856
3	3.051	3.051	3.051	3.051	34	3.036	2.429	2.125	1.822	65	2.248	1.799	1.574	1.349
4	2.884	2.884	2.884	2.884	35	3.743	2.995	2.620	2.246	66	1.039	0.831	0.727	0.623
5	3.211	3.211	3.211	3.211	36	4.291	3.433	3.004	2.575	67	1.484	1.187	1.039	0.890
6	2.701	2.701	2.701	2.701	37	4.497	3.597	3.148	2.698	68	1.940	1.552	1.358	1.164
7	3.310	3.310	3.310	3.310	38	4.063	3.250	2.844	2.438	69	2.682	2.146	1.877	1.609
8	3.120	3.120	3.120	3.120	39	4.736	3.789	3.315	2.842	70	1.381	1.105	0.967	0.829
9	3.447	3.447	3.447	3.447	40	2.716	2.173	1.901	1.630	71	2.956	2.365	2.069	1.774
10	2.990	2.990	2.990	2.990	41	4.360	3.488	3.052	2.616	72	1.472	1.178	1.031	0.883
11	3.059	3.059	3.059	3.059	42	3.983	3.187	2.788	2.390	73	1.758	1.406	1.230	1.055
12	2.823	2.823	2.823	2.823	43	3.629	2.903	2.541	2.178	74	1.244	0.995	0.871	0.746
13	3.120	3.120	3.120	3.120	44	3.675	2.940	2.573	2.205	75	1.663	1.330	1.164	0.998
14	3.333	3.333	3.333	3.333	45	3.287	2.630	2.301	1.972	76	1.620	1.296	1.134	0.972
15	2.130	2.130	2.130	2.130	46	2.465	1.972	1.726	1.479	77	2.413	1.930	1.689	1.448
16	3.264	3.264	3.264	3.264	47	1.061	0.849	0.743	0.637	78	1.065	0.852	0.746	0.639
17	2.724	2.724	2.724	2.724	48	0.708	0.566	0.495	0.425	79	2.196	1.757	1.537	1.317
18	2.640	2.640	2.640	2.640	49	0.936	0.749	0.655	0.562	80	1.098	0.878	0.768	0.659
19	3.066	3.066	3.066	3.066	50	1.164	0.931	0.815	0.698	81	1.250	1.000	0.875	0.750
20	1.430	1.430	1.430	1.430	51	3.070	2.456	2.149	1.842	82	2.793	2.235	1.955	1.676
21	3.424	3.424	3.424	3.424	52	2.705	2.164	1.893	1.623	83	2.152	1.722	1.507	1.291
22	3.447	3.447	3.447	3.447	53	0.924	0.740	0.647	0.555	84	1.533	1.226	1.073	0.920
23	3.432	3.432	3.432	3.432	54	0.719	0.575	0.503	0.431	85	1.065	0.852	0.746	0.639
24	3.051	3.051	3.051	3.051	55	0.890	0.712	0.623	0.534	86	2.217	1.774	1.552	1.330

«Continuación»

25	2.655	2.655	2.655	2.655	56	2.146	1.717	1.502	1.287	87	1.576	1.261	1.103	0.946
26	2.427	2.427	2.427	2.427	57	1.701	1.360	1.190	1.020	88	2.837	2.270	1.986	1.702
27	1.895	1.895	1.895	1.895	58	1.689	1.351	1.182	1.013	89	2.620	2.096	1.834	1.572
28	0.765	0.612	0.535	0.459	59	3.926	3.141	2.748	2.356	90	2.272	1.817	1.590	1.363
29	3.515	2.812	2.461	2.109	60	2.739	2.191	1.917	1.643	91	2.652	2.122	1.857	1.591
30	2.819	2.255	1.973	1.691	61	2.066	1.653	1.446	1.239	92	2.652	2.122	1.857	1.591

Para el cálculo de las láminas netas se utilizó el CU, el área mojada medida en campo, y la evapotranspiración del cultivo como se muestra en el Anexo 14.

Tabla 12: Lámina neta de riego por tratamientos

DDT	Lnb1 (mm)	Lnb4 (mm)	Lnb2 (mm)	Lnb3 (mm)	DDT	Lnb1 (mm)	Lnb4 (mm)	Lnb2 (mm)	Lnb3 (mm)	DDT	Lnb1 (mm)	Lnb4 (mm)	Lnb2 (mm)	Lnb3 (mm)
0	1.712	1.712	1.712	1.712	31	4.474	3.579	3.132	2.684	62	3.127	2.502	2.189	1.876
1	2.518	2.518	2.518	2.518	32	1.643	1.315	1.150	0.986	63	1.278	1.023	0.895	0.767
2	2.967	2.967	2.967	2.967	33	4.383	3.506	3.068	2.630	64	1.427	1.141	0.999	0.856
3	3.051	3.051	3.051	3.051	34	3.036	2.429	2.125	1.822	65	2.248	1.799	1.574	1.349
4	2.884	2.884	2.884	2.884	35	3.743	2.995	2.620	2.246	66	1.039	0.831	0.727	0.623
5	3.211	3.211	3.211	3.211	36	4.291	3.433	3.004	2.575	67	1.484	1.187	1.039	0.890
6	2.701	2.701	2.701	2.701	37	4.497	3.597	3.148	2.698	68	1.940	1.552	1.358	1.164
7	3.310	3.310	3.310	3.310	38	4.063	3.250	2.844	2.438	69	2.682	2.146	1.877	1.609
8	3.120	3.120	3.120	3.120	39	4.736	3.789	3.315	2.842	70	1.381	1.105	0.967	0.829
9	3.447	3.447	3.447	3.447	40	2.716	2.173	1.901	1.630	71	2.956	2.365	2.069	1.774
10	2.990	2.990	2.990	2.990	41	4.360	3.488	3.052	2.616	72	1.472	1.178	1.031	0.883
11	3.059	3.059	3.059	3.059	42	3.983	3.187	2.788	2.390	73	1.758	1.406	1.230	1.055

«Continuación»

12	2.823	2.823	2.823	2.823	43	3.629	2.903	2.541	2.178	74	1.244	0.995	0.871	0.746
13	3.120	3.120	3.120	3.120	44	3.675	2.940	2.573	2.205	75	1.663	1.330	1.164	0.998
14	3.333	3.333	3.333	3.333	45	3.287	2.630	2.301	1.972	76	1.620	1.296	1.134	0.972
15	2.130	2.130	2.130	2.130	46	2.465	1.972	1.726	1.479	77	2.413	1.930	1.689	1.448
16	3.264	3.264	3.264	3.264	47	1.061	0.849	0.743	0.637	78	1.065	0.852	0.746	0.639
17	2.724	2.724	2.724	2.724	48	0.708	0.566	0.495	0.425	79	2.196	1.757	1.537	1.317
18	2.640	2.640	2.640	2.640	49	0.936	0.749	0.655	0.562	80	1.098	0.878	0.768	0.659
19	3.066	3.066	3.066	3.066	50	1.164	0.931	0.815	0.698	81	1.250	1.000	0.875	0.750
20	1.430	1.430	1.430	1.430	51	3.070	2.456	2.149	1.842	82	2.793	2.235	1.955	1.676
21	3.424	3.424	3.424	3.424	52	2.705	2.164	1.893	1.623	83	2.152	1.722	1.507	1.291
22	3.447	3.447	3.447	3.447	53	0.924	0.740	0.647	0.555	84	1.533	1.226	1.073	0.920
23	3.432	3.432	3.432	3.432	54	0.719	0.575	0.503	0.431	85	1.065	0.852	0.746	0.639
24	3.051	3.051	3.051	3.051	55	0.890	0.712	0.623	0.534	86	2.217	1.774	1.552	1.330
25	2.655	2.655	2.655	2.655	56	2.146	1.717	1.502	1.287	87	1.576	1.261	1.103	0.946
26	2.427	2.427	2.427	2.427	57	1.701	1.360	1.190	1.020	88	2.837	2.270	1.986	1.702
27	1.895	1.895	1.895	1.895	58	1.689	1.351	1.182	1.013	89	2.620	2.096	1.834	1.572
28	0.765	0.612	0.535	0.459	59	3.926	3.141	2.748	2.356	90	2.272	1.817	1.590	1.363
29	3.515	2.812	2.461	2.109	60	2.739	2.191	1.917	1.643	91	2.652	2.122	1.857	1.591
30	2.819	2.255	1.973	1.691	61	2.066	1.653	1.446	1.239	92	2.652	2.122	1.857	1.591

Las cantidades de láminas expuestas en las tablas anteriores, son las que corresponden a un surco, siendo el surco la unidad experimental, además de tener en cuenta que los tratamientos tuvieron 3 repeticiones.

4.2.1. Lámina de riego aplicada por valores del Kc

Como se observa en la Figura 8, los 4 tratamientos tuvieron el mismo suministro de riego durante la primera etapa con el Kc de 0.7, con un total de lámina neta de 81.94mm, mientras que a partir del cambio del Kc a 1,05 se inició el riego deficitario, aprovechando el uso del mayor Kc, luego de un análisis posterior a las 2 semanas, del ancho del diámetro y las alturas de las plantas (ver Anexo 4), se consideró su aplicación, contando con un total de 121.36 mm de lámina para el T1 (100%), 84.95 mm para el T2 (70%), 72.52 mm para T3 (60%) y finalmente, 97.09 mm para T4 (80%). A partir del día 76 se consideró la tercera fase en donde el Kc se redujo a 1, donde las láminas totales aplicadas en estos periodos fueron menores, ya que el cultivo del apio maduró a los 3 meses exactamente, debido al tiempo y las altas temperaturas. El consumo de riego para el T1 fue de 32.78 mm, y para los tratamientos T4, T2 y T3, fueron 26.22 mm, 22.94 mm, y 19.67 mm respectivamente. En la Tabla 12 se visualizan las láminas netas calculadas correspondientes a los tratamientos durante el ciclo vegetativo, sin embargo, las expuestas en la Figura 8, son las láminas aplicadas en la realidad, ya que, por motivos de manejo de los tiempos de riego, y en especial la fertiirrigación, se les terminó dotando por unos minutos más para su aplicación, esto debido a que al momento de dar la fertiirrigación, el sistema demora entre 10 a 15 minutos para dotar del fertilizante el campo, por ello se les brindó unos minutos más cuando el tiempo que les tocaba era menor o igual a 10 minutos.

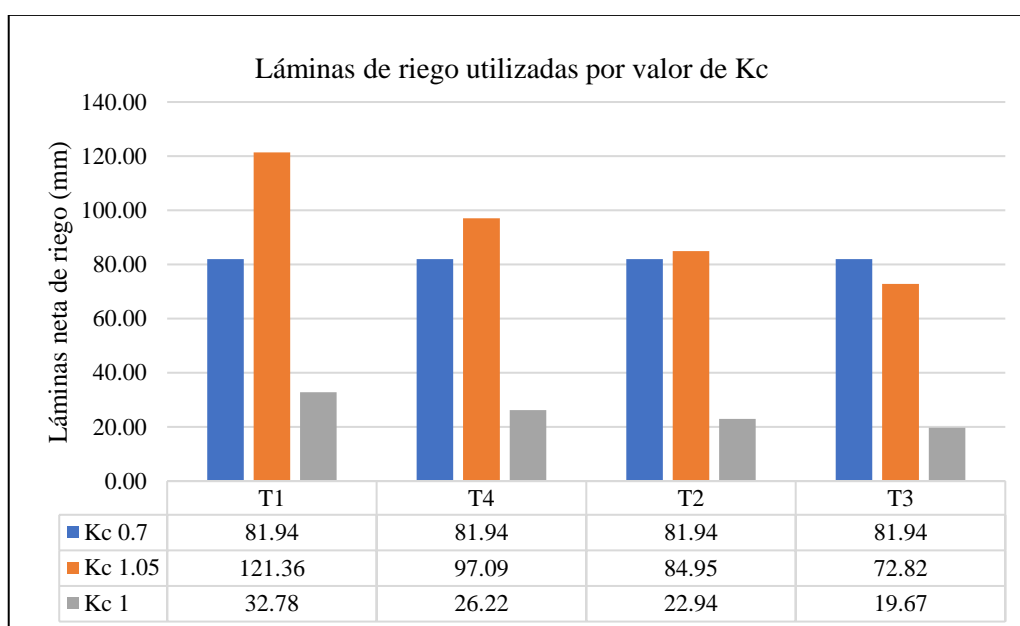


Figura 8: Gráfico de barras de láminas de riego por Kc

4.2.2. Relación entre las láminas de riego y el rendimiento

En la Figura 9, se observa la lámina neta de riego aplicada (mm) en relación al rendimiento (ton/ha) en el cultivo del apio variedad “Kelvin KZ F1”, por cada uno de sus tratamientos de riego deficitario (100%, 80%, 70% y 60% de la demanda), bajo riego por goteo. Con respecto al tratamiento control T1, la lámina de riego aplicada fue de 236.08 mm y se obtuvo un rendimiento de 85.04 ton/ha; para el tratamiento T2, la lámina aplicada es de 189.83 mm y su rendimiento de 73.25 ton/ha, para el tratamiento T3, la lámina aplicada es de 174.42 mm, con un rendimiento de 68 ton/ha, y para el T4 la lámina aplicada fue de 205.25mm, con un rendimiento de 79.21 ton/ha. Como se observa en los cuatro tratamientos, a mayor lámina de agua aplicada se obtuvo un mayor rendimiento. Vergara (2001), menciona que el riego es el regulador más seguro en la producción, y que, a mayor lámina de riego, se logra un incremento en los rendimientos de los cultivos, es decir; existe una relación directamente proporcional entre la cantidad de agua aplicada y el rendimiento.

Es importante mencionar que las láminas de riego mostradas en la Figura 9, son las halladas para programar el tiempo de riego en minutos (ver Anexo 14) que se manda en la caseta de riego del CIER.

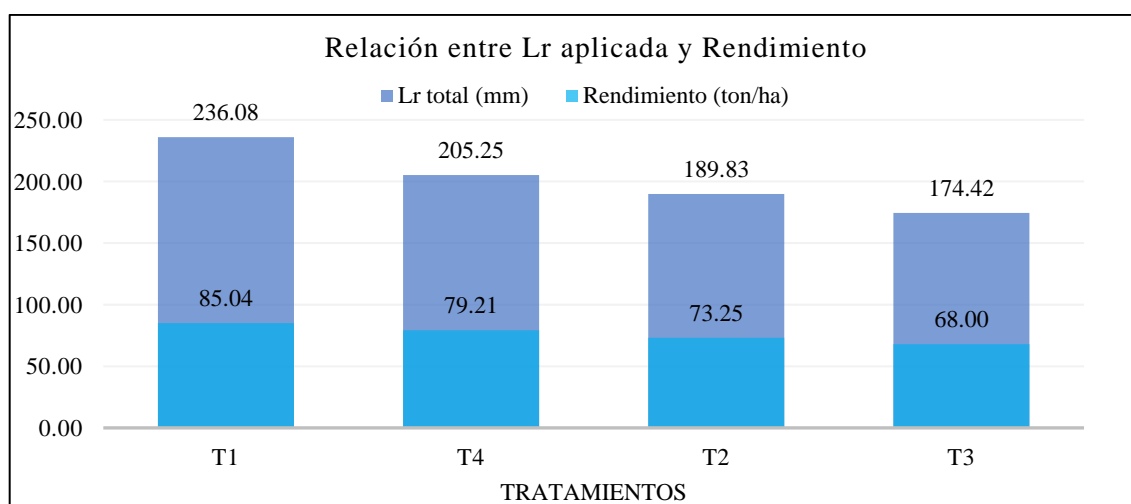


Figura 9: Gráfico de barras entre lámina de riego aplicada y el rendimiento

4.3. Producción de cosecha

4.3.1. Diámetro del tronco

En la Tabla 13, se muestran los resultados obtenidos a través de la prueba de Tukey, sobre el efecto que tienen las 4 láminas de riego, sobre el diámetro del tronco del apio medido en cm con el pie de rey, evaluado para el T1 (100%) fue de 99.6 mm, en T2 (70%) de 92.1 mm, T3 (60%) de 87.6 mm, y T4 (80%) de 94.2 mm. Según el análisis de varianza realizado, existieron diferencias muy significativas entre los tratamientos al obtener un valor de p igual a 0.1, en donde T3 (lámina del 60%) posee resultados diferentes al T1, mientras que los demás tratamientos son similares estadísticamente. Así mismo, el coeficiente de variación obtenido es de 6.9%, siendo uno muy bajo, lo cual significa que los datos registrados por tratamiento han sido homogéneos, como se observa en los gráficos estadístico del anexo 9. Los resultados en los cuatro tratamientos sobre pasan los valores obtenidos por Sarli, A. (1980), por lo que se entiende que en todos los tratamientos se tuvo un buen manejo del cultivo.

Tabla 13: Diámetro promedio por tratamiento

Tratamiento	Diámetro (mm)	CV	Análisis de varianza
T1	99.6 ± 5.67a		
T4	94.2 ± 4.56ab	6.90%	**
T2	92.1 ± 6.62ab		
T3	87.6 ± 4.79b		

** : Diferencias muy significativas

Cv: Coeficiente de variación

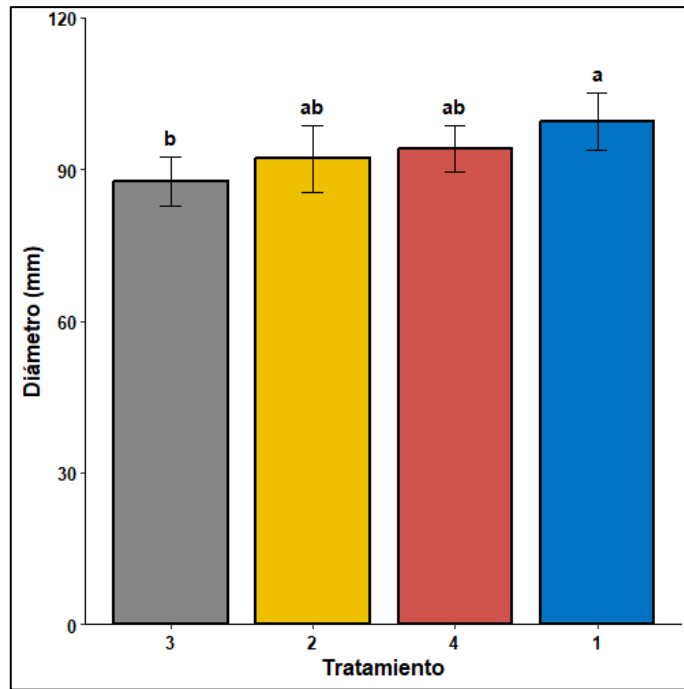


Figura 10: Gráfico de análisis de varianza de diámetro (mm)

4.3.2. Altura

En la Tabla 14, y Figura 11, se muestran los valores de las alturas promedio para los 4 tratamientos obtenidos en la prueba Tukey, después de haber sido evaluados en la cosecha con reglas de 100 cm y flexómetros. Se observa que el mayor valor se le otorga al T1 (100%) con 79 cm, siguiendo T4 (80%) con 78.1 cm, T2 (70%) con 77.4 cm y el menor promedio perteneciente a T3 (60%) con 74.8 cm, en donde no se encontraron diferencias significativas, es decir, el efecto en la altura para los 4 tratamientos tuvo resultados iguales estadísticamente. Sin embargo, las 4 alturas promedio son superiores numéricamente a los valores encontrados por TISCORNIA, J; (1983), los cuales bordean los 60 cm, así mismo, la FAO (1990) mencionan valores máximos de altura del apio en 60 cm.

El coeficiente de variación obtenido para la variable altura (cm) es considerado muy bueno, ya que demuestra la confiabilidad en los resultados, al ser los tratamientos evaluados homogéneos entre sí, ello se corrobora y visualiza en los gráficos del anexo 9.

Tabla 14: Altura promedio por tratamiento

Tratamiento	Altura (cm)	CV	Análisis de varianza
T1	79 ± 2.22a		
T2	77.4 ± 2.80a	3.88%	ns
T3	74.8 ± 3.65a		
T4	78.1 ± 1.84a		

Ns: no existen diferencias significativas

Cv: Coeficiente de variación

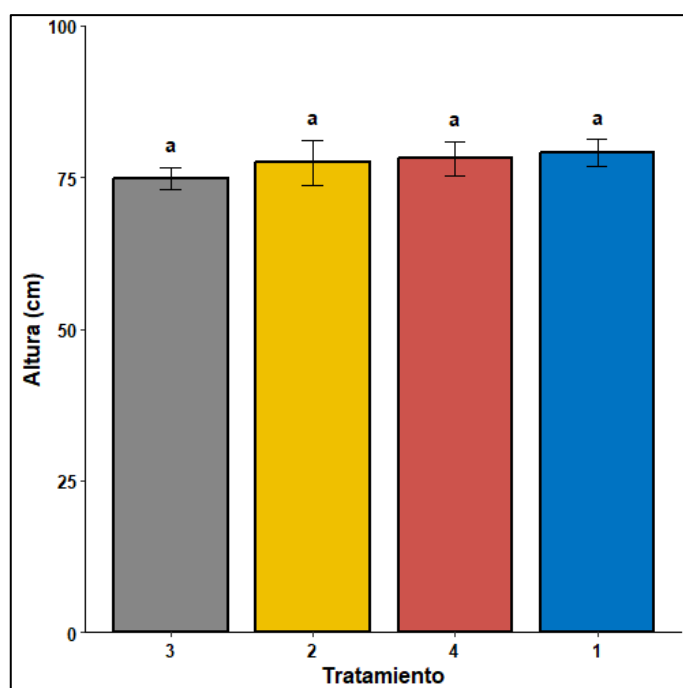


Figura 11: Gráfico de análisis de varianza de altura (cm)

4.3.3. Peso fresco

En la Tabla 15 se muestran los resultados del ANOVA y prueba Tukey realizado a los pesos obtenidos en la cosecha, medidos con una balanza calibrada. Para el T1 se encontró un peso promedio de 1.54 kg, para el T2 se halló un peso promedio de 1.33 kg, T3 obtuvo 1.23 kg, siendo este el más bajo en promedio, finalmente, T4 contó con un peso promedio de 1.43 kg. Así mismo, en el análisis de varianza se cuenta cumpliendo con un $p < 0.05$, siendo el valor de p igual a 0.0121, como se muestra en el anexo 9, contando con un resultado de tratamientos significativos, en donde principalmente T1 y T3, muestran esas diferencias a nivel de pesos, mientras que entre T1, T2 y T4 muestran valores similares estadísticamente.

Como se muestra en el anexo 10, los gráficos estadísticos para los pesos, se puede visualizar que existió valor atípico dentro del diagrama de cajas, para los 4 tratamientos, siendo el superior para T1, se encontró una planta con un peso de 2.35 kg, el valor también se muestra en el anexo 5, junto a los datos obtenidos en la cosecha.

Tabla 15: Peso promedio por tratamiento

Tratamiento	Peso (Kg)	CV	Análisis de varianza
T1	1.54 ± 0.218a		
T2	1.33 ± 0.0936ab	13.19%	*
T3	1.23 ± 0.164b		
T4	1.43 ± 0.0978ab		

*: Diferencias significativas

Cv: Coeficiente de variación

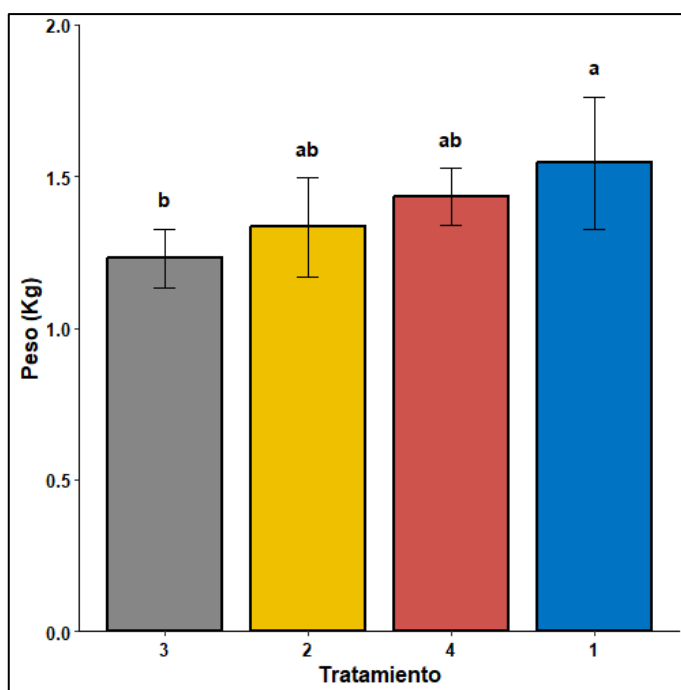


Figura 12: Gráfico de análisis de varianza del peso (kg)

4.3.4. Rendimiento

El rendimiento obtenido en T1 (100%), fue de 85.04 ton/ha, T2 (70%) fue de 73.25 ton/ha, de T3 (60%) de 68 ton/ha, y T4 (80%) de 79.21 ton/ha. Como se muestra en la Figura 13.

Principalmente dentro de los tratamientos T1 y T2, se obtuvieron valores atípicos, para el

T1 se llegó a evaluar una unidad experimental que contó con 110 ton/ha de rendimiento, mientras que para el T2 se encontró 90 ton/ha, siendo los demás valores normales, como lo indica también el valor del cv, y se muestra en el gráfico de densidad (ver Anexo 9).

El análisis de varianza obtuvo un p de 0.0111, cumpliendo con $p < 0.05$, lo cual indica que las cantidades evaluadas muestran ser significativas, en donde los resultados del T1 se diferencia significativamente del T3, mientras el T1, T2, y T4 son similares entre sí, así como T2, T3 y T4 también lo son. Los rendimientos alcanzados en los 4 tratamientos están muy por encima del rendimiento del cultivo de apio que oscila entre 5 a 22.6 ton/ha según el Minagri (2018).

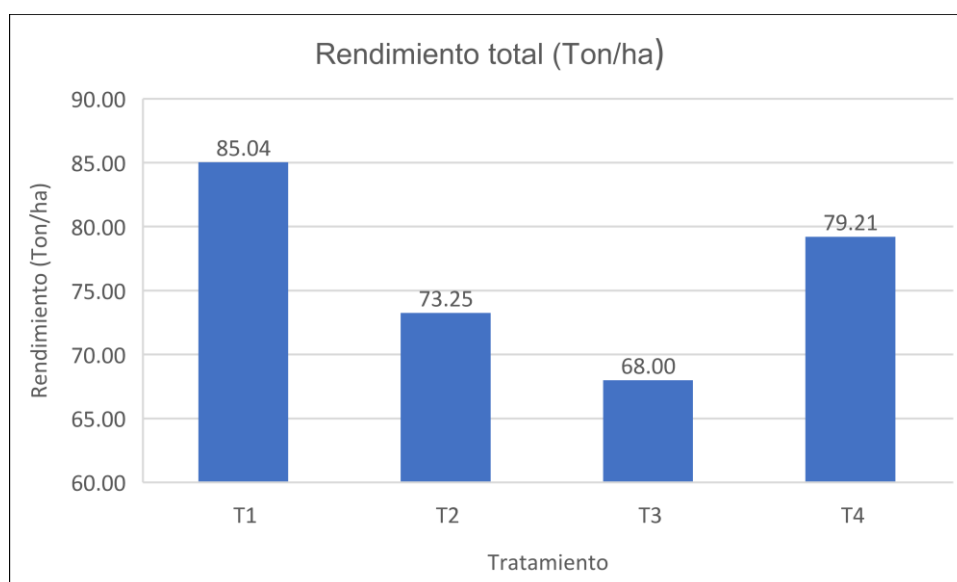


Figura 13: Rendimiento en la cosecha T1, T2, T3 y T4

Tabla 16: Rendimiento promedio en Ton/ha

Tratamiento	Rendimiento (Ton/ha)	CV	Análisis de varianza
T1	85.9 ± 12.1a	13.20%	*
T4	79.6 ± 5.09ab		
T2	74.2 ± 9.03ab		
T3	68.2 ± 5.48b		

*: Diferencias significativas

Cv: Coeficiente de variación

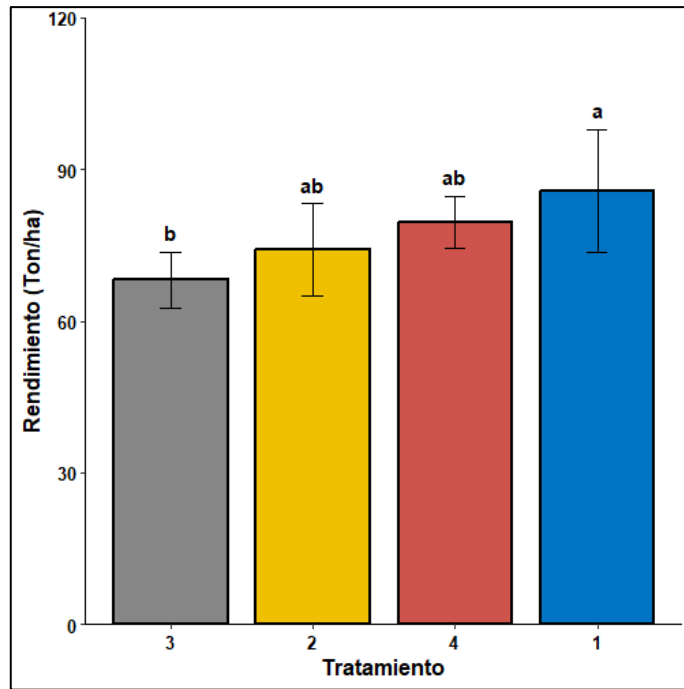


Figura 14: Gráfico de análisis de varianza del rendimiento (Ton/ha)

4.4. Cuantificación del agua

El volumen de agua total aplicado en el cultivo del apio variedad Kelvin KZ F1 para el tratamiento control T1(100%) fue de 2360.75 m³/ha, para los tratamientos T2 (70%), T3 (60%) y T4 (80%), fue de 1898.34, 1744.2 y 2052.48 m³/ha respectivamente. Estos valores se muestran en la Figura 15.

En el volumen total de agua aplicado a los tratamientos en m³/ha observamos que hay un ahorro de agua equivalente a 462.41, 616.55 y 308.28 m³/ha para los tratamientos T2, T3 y T4, respectivamente, y en porcentaje el ahorro de agua que representan es 19.58, 26.11 y 13.06 por ciento, en el sistema de riego por goteo de los tratamientos T2, T3 y T4 con respecto al tratamiento testigo T1.

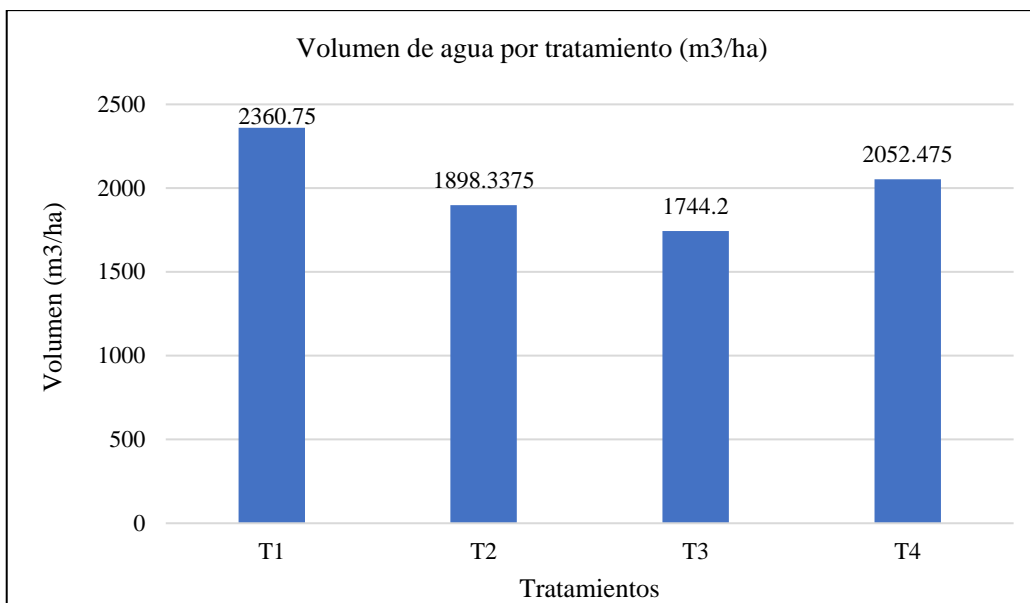


Figura 15: Volumen de agua aplicado (m³/ha) por tratamiento

En la Figura 16 se presenta el volumen total de agua de riego utilizado (m³ /ha) con respecto al rendimiento (Ton/ha.) obtenido en los tratamientos aplicados. En el T1 se obtuvo un rendimiento de 85.04 Ton/ha con un volumen de agua de 2360.75 m³ /ha aplicado durante el período de evaluación; con el T2 se obtuvo un rendimiento de 73.25 Ton/ha con un volumen de agua de 1898.34 m³ /ha, para T3, 68 Ton/ha de rendimiento con un volumen de agua de 1744.2 m³/ha, y T4 obtuvo un rendimiento de 79.21 Ton/ha, con un suministro de volumen de 2052.48 m³/ha. Por lo que se ve que la diferencia de volúmenes de agua en porcentaje es de 19.58, 26.11 y 13.06 para T2, T3 y T4 respectivamente, como se indicó anteriormente, respecto al tratamiento uno o control. En el caso de los rendimientos se encuentra un porcentaje de 13.8, 20.03 y 6.85, para el T2, T3 y T4, respectivamente, frente al T1, siendo mayor el ahorro de agua y la diferencia de rendimientos en el caso del T3, en segundo se tuvo el T2 con un ahorro de agua mayor a su diferencia de rendimientos, y por último el T4.

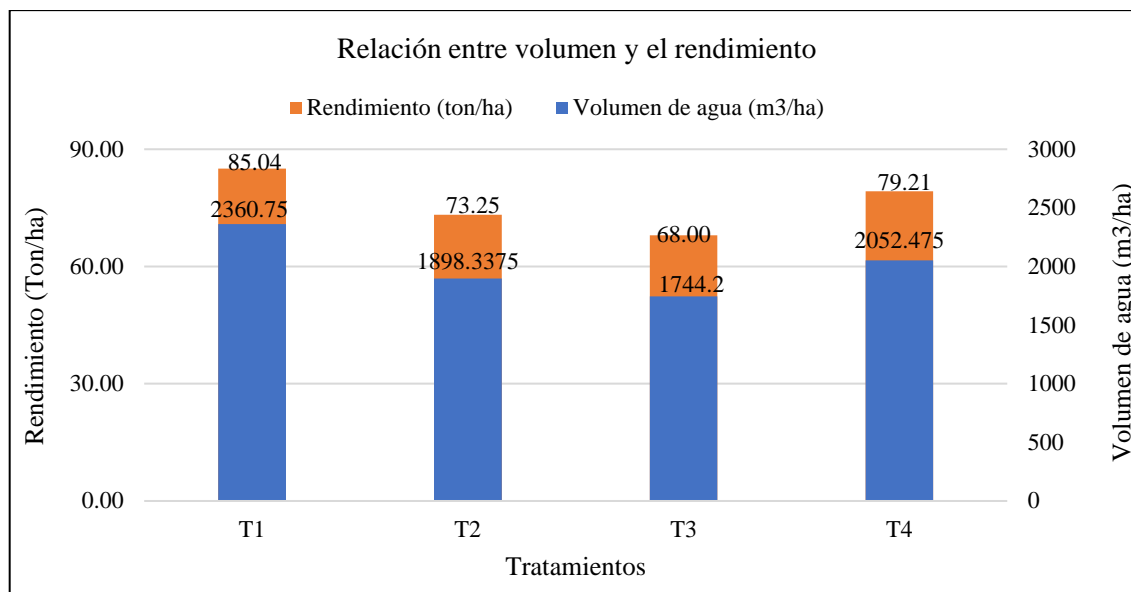


Figura 16: Relación de agua aplicada (m3/ha) y rendimiento (Ton/ha)

4.5. Productividad del agua (kg/m3)

Se evaluó la productividad del agua (kg/m³) utilizando el rendimiento (kg/m³), y el volumen aplicado de agua en m³/ha por cada tratamiento, en donde se muestra que para T2 (70%) y T4 (80%), el valor de productividad del agua es 38.6 kg/m³ y T3 (60%) 39 kg/m³, diferenciándose por aproximadamente 0.4 kg/m³, mientras que T1 (100%) posee un valor de 36 kg/m³. En proporción a lo asegurado por Sánchez et al. (2006), la cantidad de agua que se aplica a un sistema de riego, es más eficiente cuando este volumen es menor, y la producción mayor, se infiere que los T2, T3 y T4 son más eficientes frente al T1, las cantidades se han evaluado en kg/m³, teniendo un elevado rendimiento en los tratamientos. Respecto a la aplicación de láminas de riego el T1 con una lámina de 236.08 mm posee una productividad del agua de 36 kg/m³, mientras que para T2 la lámina de 189.83 mm le corresponde 38.6 kg/m³, para T3 con 174.42 mm y 205.25 mm de T4, también se obtienen 39 y 38.6 kg/m³ respectivamente. Lo cual se reduciría a que en los tratamientos ha habido un buen uso del agua para la producción del cultivo del apio, ya que las diferencias entre sí son mínimas.

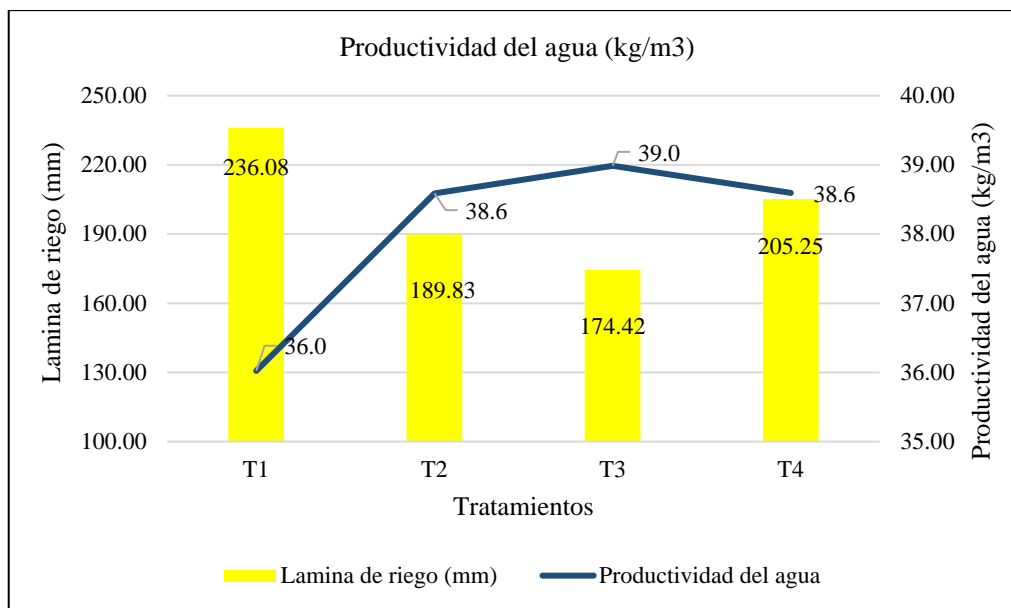


Figura 17: Productividad del agua (kg/m³)

El análisis ANOVA realizado a la productividad del agua para los 4 tratamientos muestra que no existen diferencias significativas entre los valores de los tratamientos. Mientras que la prueba TUKEY entre tratamientos que se muestran en la Tabla 17, tienen un promedio de 39.1 kg/m³ para T3 y T2, para T4 un valor de 38,8 kg/m³ y el menor valor es para T1 con 36.4 kg/m³, con su respectiva variación estándar por tratamiento, corroborando los valores mostrados en el anexo 9 con los datos de distribución.

Tabla 17: Promedio de la EUA (kg/m³)

Tratamiento	EUA (kg/m³)	CV	Análisis de varianza
T3	39.1 ± 3.14a	10.53%	Ns
T2	39.1 ± 4.76 ^a		
T4	38.8 ± 2.48 ^a		
T1	36.4 ± 5.48b		

Ns: no existen diferencias significativas

Cv: Coeficiente de variación

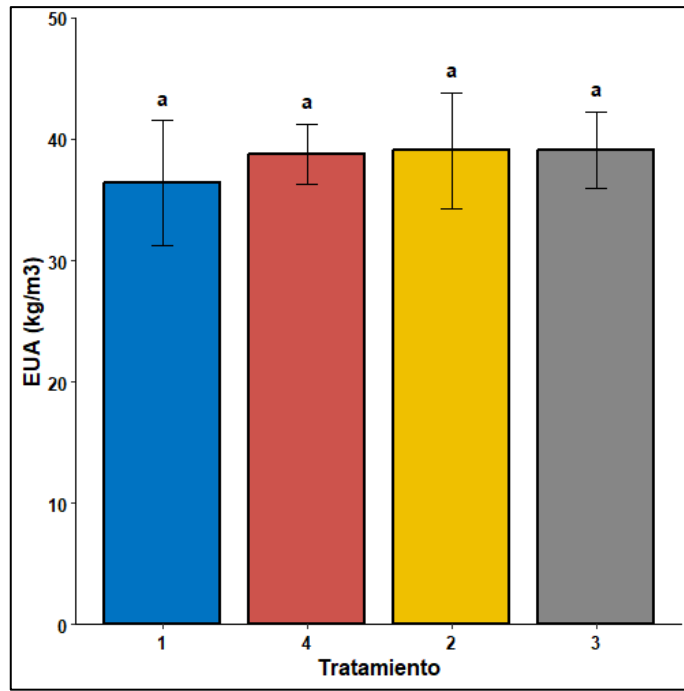


Figura 18: Gráfico de varianza de la EUA (kg/m3)

V. CONCLUSIONES

- Los rendimientos obtenidos en la cosecha en el tratamiento T1 (100%), T2 (70%), T3 (60%) y T4 (80%), fueron de 85.4, 74.2, 68.0 y 79.6 ton/ha, observándose el mayor rendimiento para el tratamiento control T1, así como las láminas aplicadas 236.08, 189.83 174.42, y 205.25 mm respectivamente, con una mayor aplicación para el T1, se encontraron diferencias significativas para el tratamiento con lámina del 60%, mientras que las láminas del 100%, 80% y 70% tuvieron estadísticamente un comportamiento similar en el rendimiento.
- En cuanto a las variables evaluadas a la cosecha: largo promedio, diámetro y peso promedio de cada tallo, para el tratamiento T1, fueron de 79.0 cm, 99.6 mm y 1.54 kg, respectivamente; mientras que para el tratamiento T4 fueron de 78.1 cm, 94.1 mm, y 1.43 kg de peso respectivamente. Para el tratamiento T2, se obtuvo una altura promedio de 77.4 cm, diámetro promedio de 92.1 mm, y un peso promedio de 1.33 kg y para el tratamiento T3, se obtuvo valores promedio de altura 74.8 cm, diámetro y peso de 87.6 mm y 1.23 kg respectivamente. El análisis estadístico para las láminas de 100%, 80% y 70% indicó que tuvieron un comportamiento similar, pero mostraron diferencias estadísticas significativas frente al tratamiento con lámina de riego del 60%, excepto la altura promedio que no indicó diferencias significativas.
- El volumen de agua utilizado en el tratamiento T1 fue de 2360.75 m³/ha y para los tratamientos T2, T3 y T4 fue de 1898.34, 1744.2 y 2052.48 m³/ha, respectivamente.
- Se obtuvo un ahorro de agua en el cultivo del apio, para los tratamientos T2, T3 y T4, respecto al T1, equivalente a 462.41, 616.55 y 308.28 m³/ha respectivamente; que en porcentaje representa el 19.58, 26.12 y 13.06 por ciento, con respecto al tratamiento T1.

- Estimando un costo de S/0.06 m³ en la campaña por agua en el recibo de agua de la UNALM, y las cifras de consumo en láminas de riego expresadas en m³, se tiene un costo para T1, T4, T2 y T3, de S/.141.65, S/.123.15, S/.113.90 y S/104.65, con un ahorro porcentual en el costo del agua para T4, T2 y T3, respecto a T1, de 13.05, 19.59 y 26.12 por ciento.
- La EUA para T1 fue de 36 kg/m³, mientras que para T2, T3 y T4 se obtuvo un valor de 39 kg/m³. De lo anterior, se infiere que utilizar una lámina del 70% es más conveniente que el resto de láminas, ya que brinda rendimientos, alturas, diámetros y pesos similares a las láminas del 100% y 80%, pero mayores a la del 60%.
- La EUA expresa numéricamente que la cantidad de agua consumida en los tratamientos es eficiente frente a las producciones de apio en términos de cantidad, sin embargo, en este análisis no se consideró más allá de la calidad de este producto, que viene a ser importante a nivel de mercado y del consumidor.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar el tratamiento de riego deficitario durante otras fechas diferentes a la optada por el presente trabajo, para observar el efecto del déficit en la cantidad y calidad de la producción, y comparar los volúmenes de agua de riego aplicados.
- Realizar investigaciones de láminas de riego y rendimiento para otras variedades del cultivo del apio, en la costa y sierra que es donde la producción de apio es mayor.
- Se recomienda replicar la investigación considerando evaluar la calidad del producto que exige el mercado, aplicando el riego deficitario.
- Replicar la investigación en condiciones adecuadas de dosis de fertilización, de manera que pueda visualizarse mejor las diferencias dentro de la producción del apio, y a su vez se pueda evitar deficiencias nutricionales que puedan verse exacerbadas por el riego deficitario aplicado.
- Se recomienda realizar un análisis económico que involucre el costo de los fertilizantes, las semillas o plantines, el agua aplicada para el riego del cultivo, y otros productos de uso agrícola. Con la intención de conocer la viabilidad de su aplicación según el presupuesto económico.
- Finalmente, se recomienda al agricultor, la utilización de un tanque evaporímetro casero, con la intención de medir la evapotranspiración y con ello el requerimiento hídrico de los cultivos, y así evitar el exceso de la aplicación de riego, y obtener un ahorro de agua en la agricultura.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, G.R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). *Estudio FAO Riego y drenaje 56. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Serie Cuadernos Técnicos. Roma, Italia: FAO. 298 p.
- Arias, J. (2008). *Manual técnico para el cultivo de apio (Apium graveolens L.)*. Editorial INIA.
- Arias, J. (2008). *Análisis del comportamiento de dos variedades de hortalizas, tipo decumbente, bajo dos métodos de siembra y tres tipos de fertilización orgánica complementaria, en la parroquia Puembo cantón Quito* (Tesis de pregrado). Universidad técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. 168 p.
- Belletti. (1990). *Sedano*. En: V. Bianco, F. Pimpini (ed.). *Horticultura patrón Editore*, Bologna, Italia, 192-201.
- Casseres, E. (1980). *Producción de hortalizas*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editorial IICA. San José, Costa Rica. pp. 192 – 202.
- Del pino, M. (2018). *Guía didáctica: cultivo y producción de apio*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de www.agro.unlp.edu.ar
- Doorembos, J. (1977). *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma, Italia, FAO. p. 53–67.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C. & Clark, R.B. (2006). *Physiology of crop production*. p. 153-175.
- FAO. (2005). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y el Reino de Bélgica.
- Fernández, E. y Camacho, F. 2005. Eficiencia en el uso del agua. *Revista Viveros*, Universidad de Almería en España, 86-89.
- Fernández, J.E., Romero, R., Pérez, A. y Cuevas, V. (2015). Estrategias y programación del riego. Sevilla. Recuperado de <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Fuentes, F., Silva, P., Salinas, P. & Hinojosa, L. (2010). *Cultivo de apio (Apium graveolens L.)*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

- Gros, A. (1976). *Abonos (Guía práctica de fertilización)*. Versión española de Alonso Domínguez. Madrid-España: Mundi Prensa.
- Ho, L.C. (1996). *Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships*. New York. p. 709-728.
- Huiguita, F. y Rodríguez, E. (1971). *Guía para la producción de apio*. Bogotá, Colombia: ICA, Plegable de divulgación No 64.
- INFOAGRO. (2000). *El cultivo del Apio*. Ministerio de AA.CC y Agropecuarios; Biblioteca Agropecuaria Nacional Cárdenas. La paz, Bolivia. pp. 1-7
- INFOGRANJA. (2017). *Labores culturales generales*. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de http://infogranjas.com/labores_culturales.htm.
- INIA. (2002). Crecimiento vegetativo y absorción de nutrientes del apio en fertirrigación (en línea). Recuperado de <http://www.inia.es/IASPV/2002/vol17-2/rincon.pdf>
- Lambers, H., Stuart-Chapin III, F. & Pons, T.L. (1998). *Plant Physiological Ecology*. New York: Springer-Verlag.
- Leano, F. (1973). *Como se cultiva hortalizas de hoja*. Barcelona, España: De Vecchi. p. 165-180.
- LESSICO. (2017). *Apium graveolens*. Recuperado de <http://www.summagallicana.it/lessico/a/apio.htm>.
- Lichtentheler, H.K. (1996). Vegetation stress: An introduction to the stress concept in plants. *Journal of Plant Physiology* 148.4-14
- Maroto, J. (1990). *Elementos de Horticultura General*. Madrid, España: Mundi Prensa. 568 p.
- Mccutchan, H. & Shackel, K.A. (1992). Stem-water Potential as a Sensitive Indicator of Water Stress in Prune Trees (*Prunus domestica* L.). *J. AMER. Soc. HORT. SCI.*, 117(4), 607–611.
- Medina San Juan, J.A. (2000). *Riego por goteo*. Madrid, España: Mundi-Prensa
- Ministerio de Agricultura. (MINAG). (2010). *Informe de la Oficina de Información Agraria*. Arequipa – Perú.
- Molina, M. (2012). *Riego deficitario*. En: Montoya, W. 2011. Elementos esenciales en las plantas. Recuperado de <http://ecoloagro.blogspot.com/2011/05/elementosesenciales-en-las-plantas.html>.
- Nilsen, E.T. & Orcutt, D.M. (1996). *The physiology of plants under stress*. New York, NY, EE UU.: Wiley. 689 p
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1990).

- Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1990). *Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (mayo de 2008). *Año Internacional de la papa: Nueva luz sobre un tesoro enterrado*. Recuperado de <http://www.fao.org/potato-2008/es/actividades/index.html>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2021). *Agua*. Recuperado de <http://www.fao.org/water/es/>
- Oweis, T.Y. & Hachum, A.Y. (2003). *Improving water productivity in the dry areas of west Asia and North Africa*. En J. W. Kijne., R. Barker., y D. Molden (Eds.). *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement*. (pp.179-198). International Water Management Institute.
- Ramos, M. y Báez, D. (2013). *Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el cantón Cevallos*. ESPOCH. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2677/1/25T00208.pdf>
- Rieto, A.S., Prieto, G.D.R. y Angella, G.A. (2017). *Evaluación de diferentes estrategias de riego deficitario controlado en el cultivo de soja [Glycine max (L.) Merrill]*, Inst. INTA EEA Santiago del Estero. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Informe científico, Santiago del Estero, Argentina.
- Rubatzki, V.E. & Yamaguchi, M. (1997). *World vegetables. Principales, production, and nutritive values* (2nd Ed.). New York, U.S.A.: Chapman and Hall. 843 p.
- Rustad, T. (2004). Utilization of marine b&-products. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry* 2: 1-6
- Sánchez Cohen, I., Catalán Valencia, E., González Cervantes, G., Estrada Avalos, J., y García Arellano, D. (2006). Indicadores comparativos del uso del agua en la agricultura. *Agric. Téc. Méx*, 32(3), 333-340. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000300009
- Sánchez, M.J. y Torrecillas, A. (1995). *Riego Deficitario Controlado, Fundamentos y Aplicación*. Madrid, España: Mundi-Prensa
- Sarli, A. (1980). *Tratado de Horticultura*; Editorial Hemisferio Sur S.A.; 2ed; Buenos Aires, AR. Pp. 273- 282.

- Sendra, N., Alí, S. y Tonelli, B. (2011). *El cultivo del apio*. Recuperado de <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/3353/apio%20Open.pdf>
- Shock, C.C. y Welch, T. (2013). *El riego por goteo: Una introducción*. Recuperado de <https://catalog.extension.oregonstate.edu/sites/catalog/files/project/pdf/em8782-s.pdf>
- Sierra, C. (2013). *Fertilización y manejo del suelo en hortalizas*. INIA INTIHUASI. Chile. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40528.pdf>
- Tiscornia, J. (1983). *Hortalizas de hojas*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Albatros. p. 129-141.
- Toledo, J. (1995). *Manejo pos cosecha de frutas y hortalizas para exportación*. Fundación para el Desarrollo del Agro.
- Torres, N.L. (2012). *Efecto de tres abonaduras orgánicas en el cultivo de apio (Apium Graveolens) en la zona de la Libertad Cantón Espejo, Provincia del Carchi (en línea)*. El Ángel, Ecuador (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Babahoyo. p. 7-34. Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/459/6/T-UTB-FACIAGAGR-000074.pdf>.
- Van Schilfgaarde, J. (1994). Irrigation-a blessing or a curse. *Agric Water Manage* 25:203-219
- Vásquez, V.A., Vásquez, R.I., Vásquez, R.C. y Cañamero, L.M. (2017). *Fundamentos de la Ingeniería de Riego*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina. 438 p.
- Vergara, M.J. (2001). *Sistemas de riego para proyectos de pequeña escala en zonas de ladera*. Bogotá, Colombia. 117p.
- Vigliola, M. (1992). *Manual de horticultura*. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur. p. 81-89.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Coeficiente del tanque clase A

Tanque Clase A	HR media	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada		
		baja < 40	media 40-70	alta > 70
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Distancia del cultivo a barlovento (m)			
Baja < 2	1	,55	,65	,75
	10	,65	,75	,85
	100	,7	,8	,85
	1 000	,75	,85	,85
Moderada 2-5	1	,5	,6	,65
	10	,6	,7	,75
	100	,65	,75	,8
	1 000	,7	,8	,8
Alta 5-8	1	,45	,5	,6
	10	,55	,6	,65
	100	,6	,65	,7
	1 000	,65	,7	,75
Muy alta > 8	1	,4	,45	,5
	10	,45	,55	,6
	100	,5	,6	,65
	1 000	,55	,6	,65

Figura 19: Valor del Kp

FUENTE: FAO (2015)

Anexo 2: Análisis de suelo profundidades 20 y 40 cm



SOLICITANTE : MOLINOS & CIA. SA
 PREDIO : MOLINOS & CIA. SA
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 267-018-2023
 LUGAR : CHICLAYO
 FECHA DE RECEP. : 28/02/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	60.30	%		
Limo	17.73	%		
Arcilla	21.97	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLO ARENOSA			
Porcentaje de Saturación de Agua	32.60	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	3.37	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	4.51	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp 25.9 °C	7.61		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	38.16	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.21	%	MES - 007	Walkley y Black
Potasio Disponible	179.00	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				
Calcio	12.09	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.19	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.29	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.43	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	2.06	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	14.00	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				
Extracción: DTPA				
Cobre	5.76	ppm.	MES - 018	FAAS
Zinc	20.70	ppm.	MES - 019	FAAS
Manganeso	17.58	ppm.	MES - 020	FAAS
Hierro	11.32	ppm.	MES - 021	FAAS
Extracción: CaCl ₂ ·2H ₂ O				
Boro	0.96	ppm.	MES - 022	Colorimétrico

NOTAS:

E.S : Extracto de Saturación.
 (1/1) : Relación Masa del Sólido / Volumen del Agua.
 P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
 C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Catiónico Eléctrico.

% : Masa / Masa.
 ppm : mg / Kg.
 MES : Método Propio del Laboratorio.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:

1- Este informe es propiedad intelectual del Laboratorio de Química Agrícola.
 2- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.



Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 652 565
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Figura 20: Muestra a 20 cm

SOLICITANTE : MOLINOS & CIA. SA
 PREDIO : MOLINOS & CIA. SA
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 267-028 -2023
 LUGAR : CHICLAYO
 FECHA DE RECEP. : 28/02/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACION CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	61.15	%	ME8 - 001	Bouyoucos
Limo	19.35	%		
Arcilla	19.50	%		
Clase Textural	FRANCO ARENOSO			
Porcentaje de Saturación de Agua	32.55	%	ME8 - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	3.96	%	ME8 - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	2.36	dS / m	ME8 - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp 25.9 °C	7.76		ME8 - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	20.60	ppm	ME8 - 006	Oben
Materia Orgánica	1.03	%	ME8 - 007	Walkley y Black
Potasio Disponible	133.20	ppm	ME8 - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extraktante: As. Amonio
Calcio	10.41	mEq / 100 g	ME8 - 010	FAAS
Magnesio	1.28	mEq / 100 g	ME8 - 011	FAAS
Sodio	0.31	mEq / 100 g	ME8 - 012	FAAS
Potasio	0.33	mEq / 100 g	ME8 - 013	FAAS
P.S.I	2.54	%	ME8 - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	12.34	mEq / 100 g	ME8 - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extraktante: DTPA
Cobre	5.63	ppm.	ME8 - 018	FAAS
Zinc	17.10	ppm.	ME8 - 019	FAAS
Manganeso	16.88	ppm.	ME8 - 020	FAAS
Hierro	11.51	ppm.	ME8 - 021	FAAS
Boro	0.36	ppm.	ME8 - 022	Extraktante: CaCl ₂ ·2H ₂ O Colorimétrico

ABREV:

ES : Extracto de Saturación.
 (1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
 P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
 C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Eléctrico.

% : Masa / Masa.
 ppm : mg / Kg.
 ME8 : Método Propio del Laboratorio.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Línea.

NOTA:

1- Este informe es propiedad intelectual del Laboratorio de Química Agrícola.
 2- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.



Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 568
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Figura 21: Muestra a 40 cm

Anexo 3: Categoría 3 Riego de Vegetales de tallo bajo y tallo alto (D.S. N° 002-2008-MINAM)

PARAMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
	Fisicoquímicos	
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	0.06
Oxígeno Disuelto	mg/L	> = 4
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0.05

FUENTE: Extraído de MINAM (2008)

Anexo 4: Datos tomados 45 DDT

T1R1		T1R2		T1R3		T2R1		T2R2		T2R3	
D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)
72	45	59	41	61	50	58	47	54	45	51	45
78	46	64	45	64	54	65	49	75	44	50	45
57	38	68	48	64	49	64	49	55	43	51	46
58	41	69	40	64	48	68	49	59	41	52	45
79	47	69	41	55	49	68	49	70	46	51	47
72	49	67	49	50	50	47	45	66	46	48	46
71	48	67	43	54	55	61	45	68	47	44	43
59	41	55	45	51	50	60	49	64	46	52	44
69	49	58	44	54	50	60	47	60	48	51	43
69	45.	64	44	58	46	60	44	70	46	52	45

T3R1		T3R2		T3R3		T4R1		T4R2		T4R3	
D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)	D (mm)	L (cm)
55	45	66	47.5	49	42	64	46	53	43	60	48
52	42	60	46.5	50	45	68	47	49	44	50	48
41	36	66	48	54	45	46	42	50	43	50	48
50	46	58	44	51	42	66	46	48	45	54	46.5
54	40	56	43	51	46	54	45	55	44	49	44
54	40	58	44	49	43	76	47.5	53	46	49	48
59	44	50	47	49	43	53	45	49	45	54	48
57	45	55	47.5	51	46	63	46	50	47	54	47
55	46	60	45	47	42	54	45	51	46	51	46
60	49	63	46	52	46	59	41	52	48	60	46

Anexo 5: Pesos en kg obtenidos en la cosecha por tratamiento

T1		T2		T3		T4	
1.35	1.4	0.85	1.4	1.45	0.65	1.25	1.75
1.35	1.65	1.05	1.25	1	1.55	1.2	1.25
1.35	1.7	0.75	1.4	1.3	0.75	1	1
1.2	1.5	1.35	1.2	1.5	1.05	1.4	1.5
1.9	1.35	0.85	1.85	0.7	1.65	1.2	1.65
1.6	1.25	1.1	1.25	1.45	1.8	1.7	1.6
1.15	1.5	1.35	0.95	1.1	1.1	1.3	1.7
1.6	1.3	1.35	1.35	1.05	1.3	1.2	1.35
1.05	1.85	1.35	1.3	0.6	1.35	1.65	1.75
1	1.45	1.35	1.35	0.7	1.3	1.4	1.5
1.2	1.5	1.35	1.5	1.2	1.85	1.05	1.5
1.15	1.45	1.55	1.35	1.2	1.55	1.50	1.55
1.55	1.5	1.45	1.5	1.2	1.55	1.45	1.65
1.05	1.55	1.1	1.75	1.35	1.5	1.45	1.35
1.55	1.5	1.25	1.75	1.1	0.7	1.5	1.1
1.55	1.5	1.2	1.7	1.45	1.4	1.55	1.25
1.5	1.6	1.5	1.65	1.35	1.15	1.65	1.75
1.7	1.45	1.44	1.7	1.3	1.35	1.65	1.45
1.3	1.55	0.45	1.3	1.3	1.35	1.2	1.5
1.05	1.65	1.05	1.4	1.1	1.45	0.9	1.7
1.6	1.85	1.2	1.5	1.35	1.3	1.05	0.8
1.1	1.7	1.4	1.4	1.05	0.65	1.5	1
1.65	1.9	1.25	1.4	1	1.07	1.5	2.05
1.3	1.7	1.35	1.4	1.15	1.15	1.8	1.25
1.65	1.9	1.2	1.25	1.2	1	1.55	1.45
1.85	2.35	1.4	1.35	1.45	1.15	1.45	1.45
1.65	1.75	1.2	1.35	1.2	1.45	1.45	1.5
1.65	1.8	1.1	1.5	1.4	1.3	1.45	1.5

Anexo 6: Diámetro medido en mm en la cosecha por tratamiento

T1		T2		T3		T4	
87	95	79	91	90	63.5	87	102.5
104	115	84	93	81	101.5	84	100
102	92	76	95	87	72.5	80	87.5
90	89	87	99.5	86	82	79	95.5
105	97.2	94	106	83	97.5	95	112.105
105	93.3	84	92.5	78	87.5	100	103.5
96	105	86	86.5	75	108.5	90	92.5
105	100	90	97.5	87	94.5	84	97
87	103	71	98.5	75	101.5	85	109.5
92	94	98	97	80	101	90	103.5
82	91	73	94	84	92.5	80	90
90	85	95	79	85	102.5	85	100
101	105	94	86.5	85	95	96	98.5
79	105	90	101	88	100	93	90
106	91	89	111	84	66.5	98	82
107	90	84	105	86	71.5	100	90
104.5	96	93	108	86	89	99	109.5
91	96	94	110	80	98.5	95	100
87	112	96	97	80	108.5	76	104.5
105	100	91	97.5	78	101	88	120
109	102	86	91.5	93	114	81	77.5
83	108	88	94	70	81.5	93	82.5
104	115.5	89	91	79	106.5	78.5	107.5
91	102.5	92	88.5	85.5	90	78.5	96.5
106	112.5	85	83	96.5	79.5	96.5	99
109	120	91	90.5	82.5	84	110.5	104.5
107	100	88	99.5	89.5	89	101.5	96.5
80	100	84	90.5	91.5	85	113	108

Anexo 7: Altura medida en cm en la cosecha por tratamiento

	T1		T2		T3		T4
82	76	65	79	71	79	76	83.5
80	84	72	74	72	80	66	85
76	76	69	78	75	70	72	76
78	79	74	79	78	76	72	80
81	74	70	74	70	80	67	79
75	78	74	71	75	72	76	78.5
81	76	70	76.5	76	76	74	76
75	74	74	75	75	77	73	87
73	74	74	73	68	85	71	84
74	76	73	74	60	75	77	82
80	80	80	78	72	79	76	78
73	78	80	77	74	73	76	77
84	76	80	84	72.5	77	79	78
78	76	82	84	78.5	76	72	77
76	80	78	88.5	76	69	82	78
78	80	80	83	74	74	85	75
78	84	78	84	75	72	76	78
77	87	71	71	71	70	83	82
79	86	71	81	71	73	77	75
77	85	77	85	73	75	76	76
84	85	78	78	75	73	80	81
82	79	79	79	80	65	79	76
80	79	79	78	72	77	75	73
80	77	81	78	77	74	82	82
83	77	81	78	76	74	81	78
82	78	79	78	75	80	80	83
80	79	76	75	80	81	81	79
82	80	82	75	79	72	83.5	82

Anexo 8: Análisis de datos ANOVA y TUKEY

```

1. PESO (KG)
> shapiro.test(residuals(dca_m))

      Shapiro-Wilk normality test

data:  residuals(dca_m)
W = 0.95392, p-value = 0.3287

> bartlett.test(Peso~Tratamiento)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Peso by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 4.6044, df = 3, p-value = 0.2032

> summary(anova)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento  3  0.3278   0.1093   4.709 0.0121 *
Residuals   20  0.4640   0.0232
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> cv.model(dca_m)
[1] 13.18567

> datadcasum
# A tibble: 4 × 4
  Tratamiento mean      sd sig
  <fct>       <dbl> <dbl> <chr>
1 1           1.54 0.218 a
2 4           1.43 0.0935 ab
3 2           1.33 0.164 ab
4 3           1.23 0.0978 b

```

Figura 22: ANOVA y TUKEY del peso (kg)

```

2. DIÁMETRO (MM)
> shapiro.test(residuals(dca_m))

      Shapiro-Wilk normality test

data:  residuals(dca_m)
W = 0.97965, p-value = 0.8893

> bartlett.test(Diámetro~Tratamiento)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Diámetro by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 0.81566, df = 3, p-value = 0.8457

> cv.model(dca_m)
[1] 6.904385

> summary(anova)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento  3  443.1  147.70   4.938 0.01 **
Residuals   20  598.2   29.91
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> datadcasum
# A tibble: 4 × 4
  Tratamiento mean      sd sig
  <fct>       <dbl> <dbl> <chr>
1 1           99.6  5.67 a
2 4           94.2  4.56 ab
3 2           92.1  6.62 ab
4 3           87.6  4.79 b

```

Figura 23: ANOVA y TUKEY del diámetro (mm)

```

3. ALTURA (CM)
> shapiro.test(residuals(dca_m))
      Shapiro-Wilk normality test

data:  residuals(dca_m)
W = 0.9725, p-value = 0.7288

> bartlett.test(Altura~Tratamiento)
      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Altura by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 2.4259, df = 3, p-value = 0.4888

> cv.model(dca_m)
[1] 3.883217

> summary(anova)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento  3  59.47  19.824   2.688  0.074 .
Residuals   20 147.52   7.376
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> datadcasum
# A tibble: 4 × 4
  Tratamiento mean    sd sig
  <fct>      <dbl> <dbl> <chr>
1 1          79.0  2.22 a
2 4          78.1  2.80 a
3 2          77.4  3.65 a
4 3          74.8  1.84 a

```

Figura 24: ANOVA y TUKEY de la altura (cm)

```

4. RENDIMIENTO (TON/HA)
> shapiro.test(residuals(dca_m))
      Shapiro-Wilk normality test

data:  residuals(dca_m)
W = 0.95501, p-value = 0.3465

> bartlett.test(Rendimiento~Tratamiento)
      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  Rendimiento by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 4.6627, df = 3, p-value = 0.1982

> cv.model(dca_m)
[1] 13.19844

> summary(anova)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento  3  1027   342.4   4.809 0.0111 *
Residuals   20  1424    71.2
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> datadcasum
# A tibble: 4 × 4
  Tratamiento mean    sd sig
  <fct>      <dbl> <dbl> <chr>
1 1          85.9 12.1  a
2 4          79.6  5.09 ab
3 2          74.2  9.03 ab
4 3          68.2  5.48  b

```

Figura 25: ANOVA y TUKEY del rendimiento (Ton/ha)

5. EUA (kg/m3)

```
> summary(anova)

              Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
Tratamiento  3   31.1    10.36  0.637   0.6
Residuals   20  325.5    16.27
> shapiro.test(residuals(anova))

      Shapiro-Wilk normality test

data:  residuals(anova)
W = 0.93054, p-value = 0.1002

> bartlett.test(EUA..kg.m3.~Tratamiento)

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  EUA..kg.m3. by Tratamiento
Bartlett's K-squared = 3.0313, df = 3, p-value = 0.3868

> cv.model(anova)
[1] 10.5251

> datadcasum
# A tibble: 4 × 4
  Tratamiento mean_EUA..kg.m3. sd_EUA..kg.m3. sig
  <fct>          <dbl>          <dbl> <chr>
1 3              39.1            3.14 a
2 2              39.1            4.76 a
3 4              38.8            2.48 a
4 1              36.4            5.14 a
```

Figura 26: ANOVA y TUKEY de la EUA (kg/m3)

Anexo 9. Gráficos de distribución de las variables

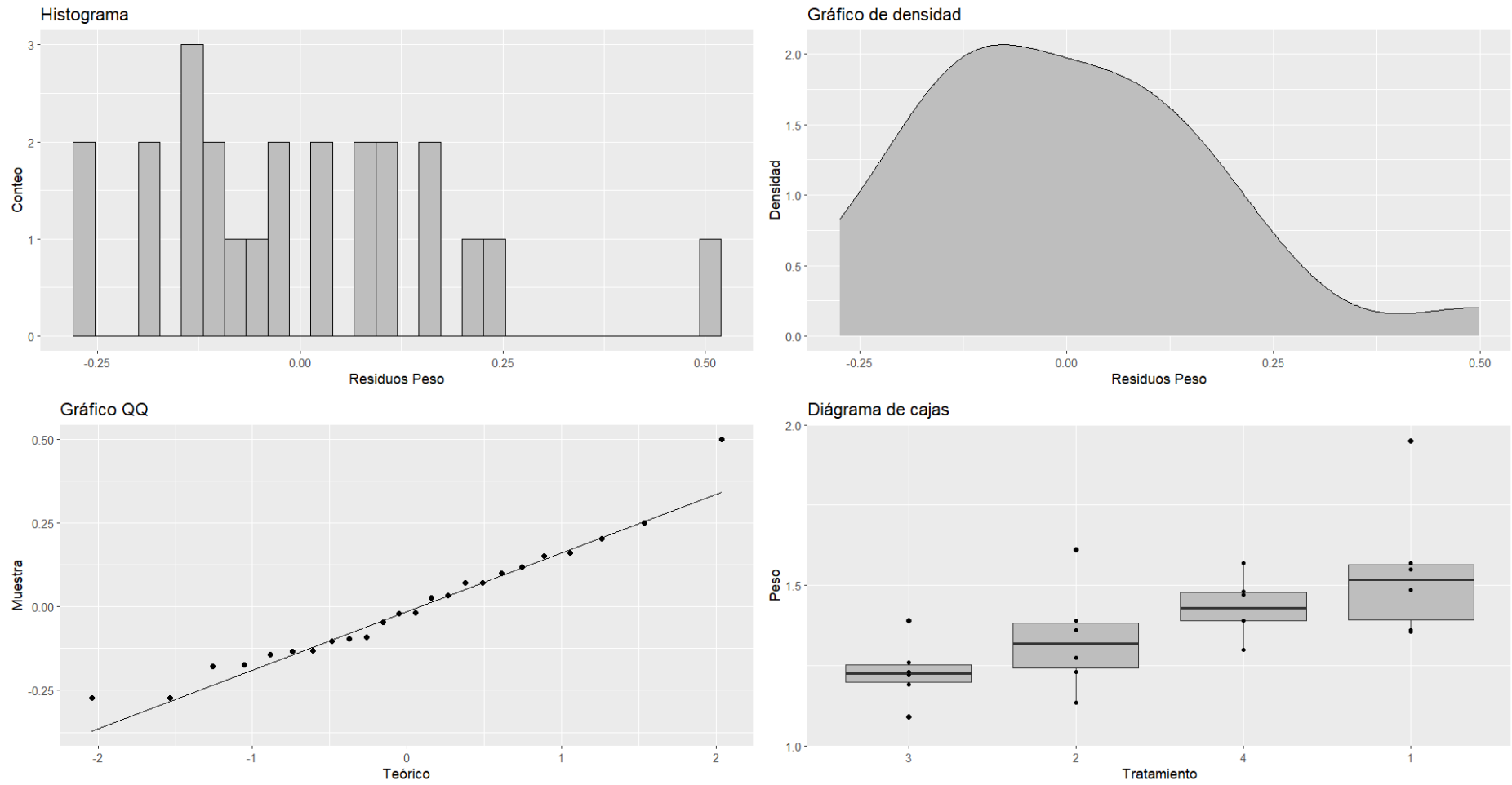


Figura 27: Gráficos de distribución del peso

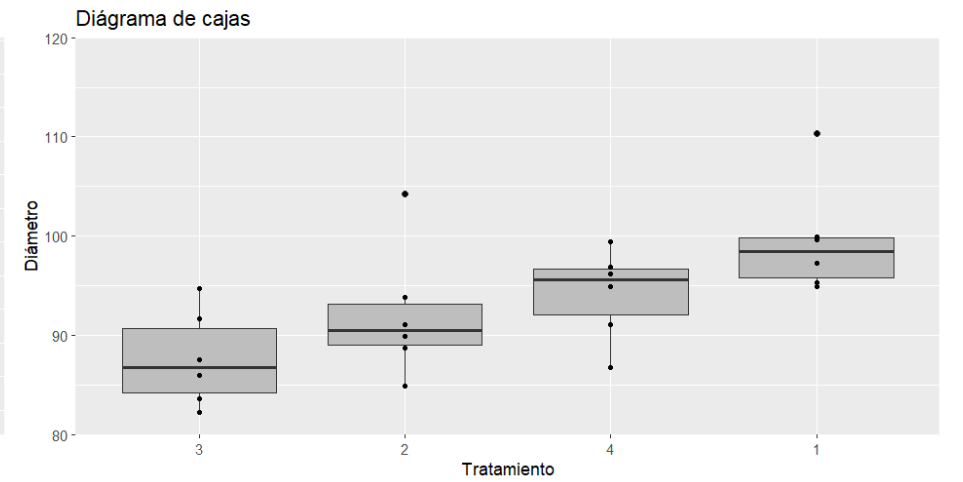
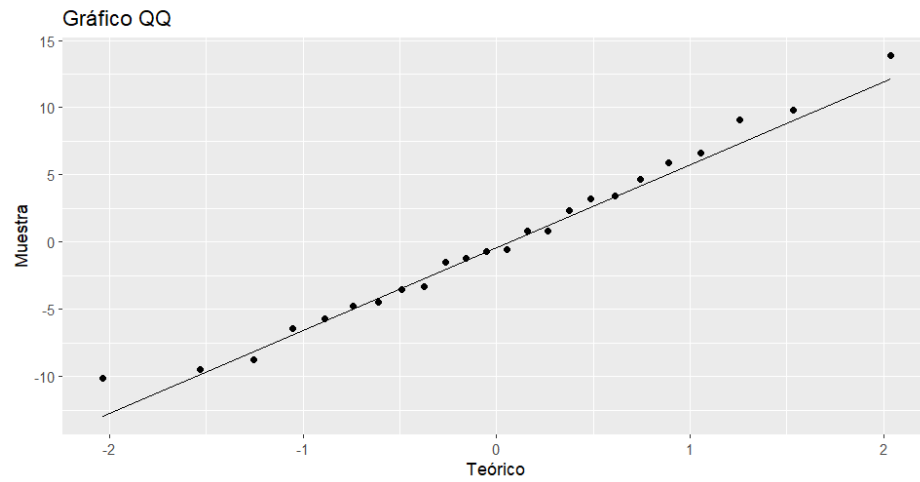
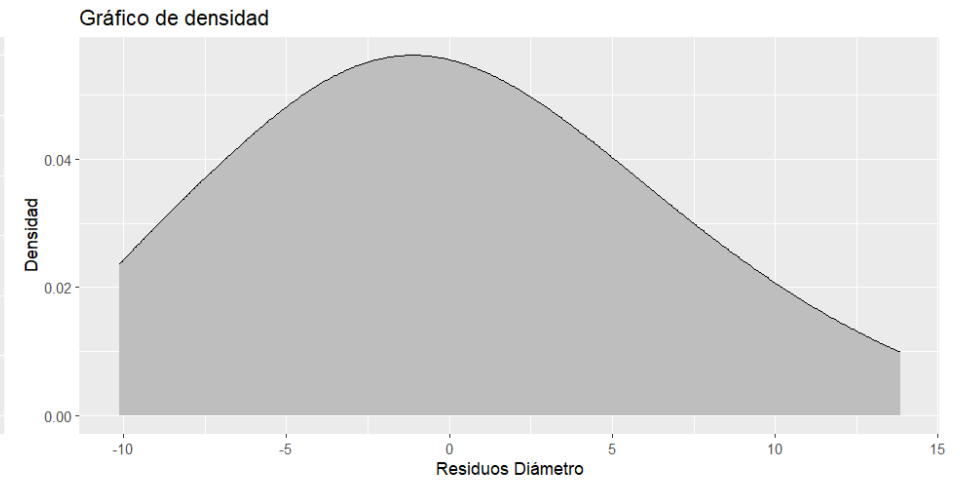
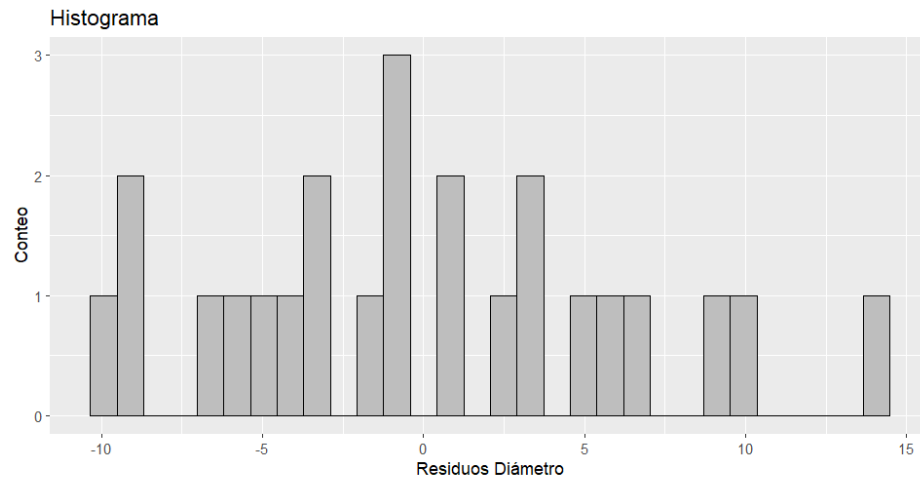


Figura 28: Gráficos de distribución del diámetro

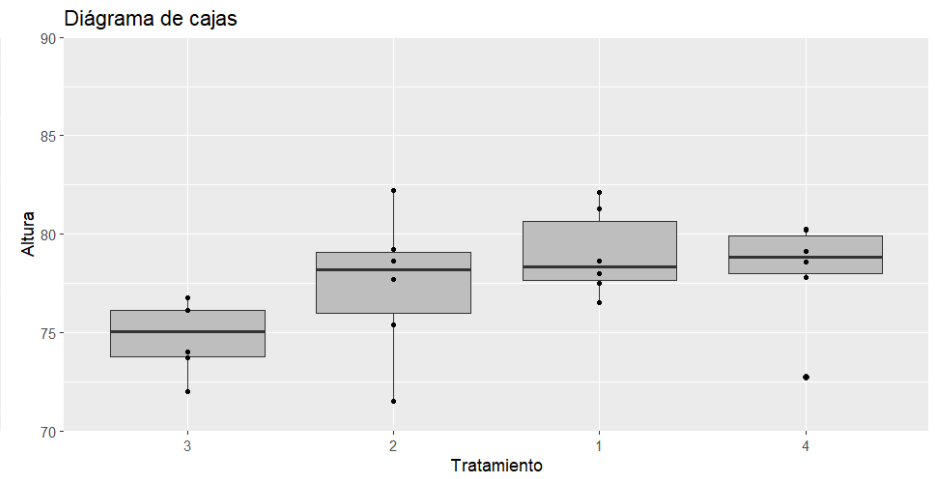
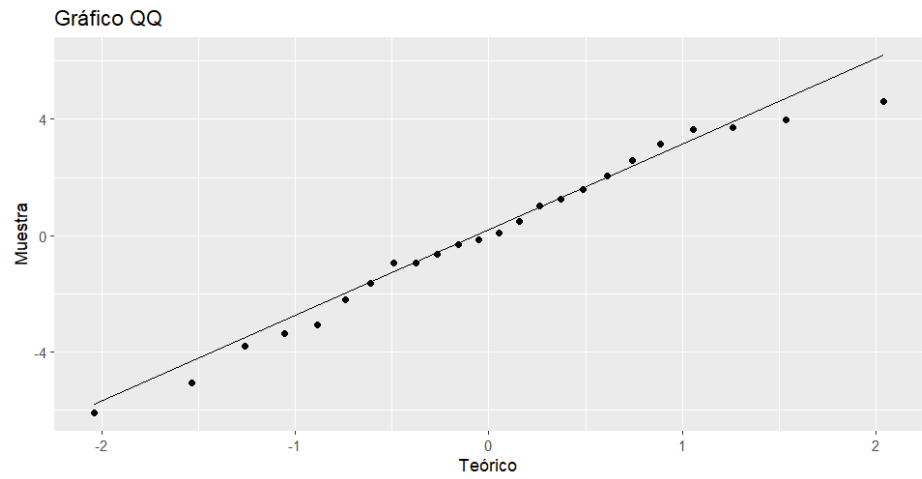
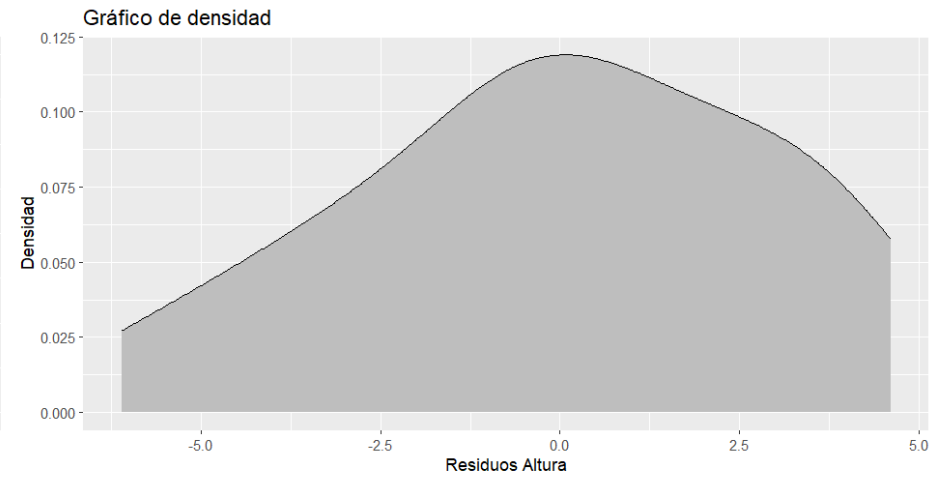
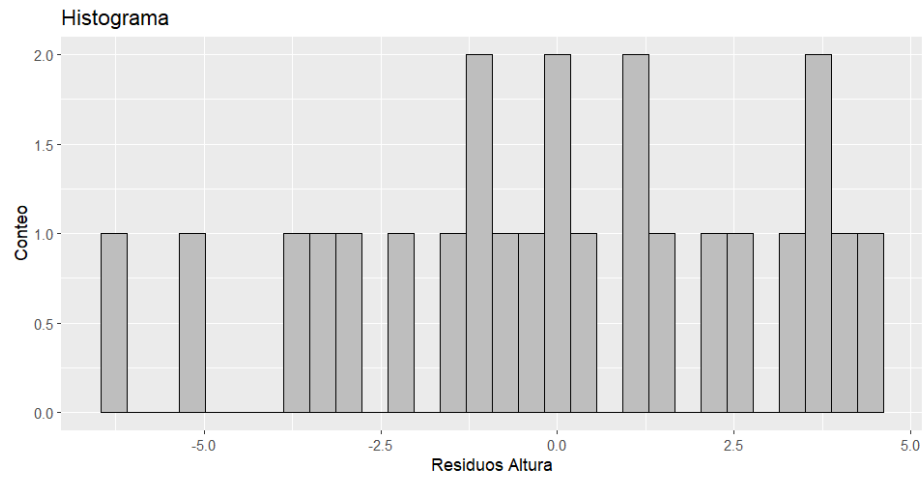


Figura 29: Gráficos de distribución de la altura

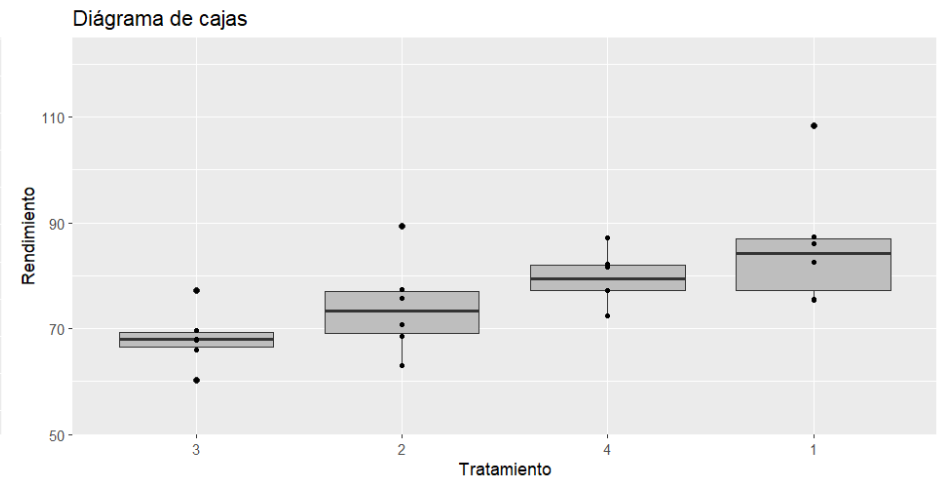
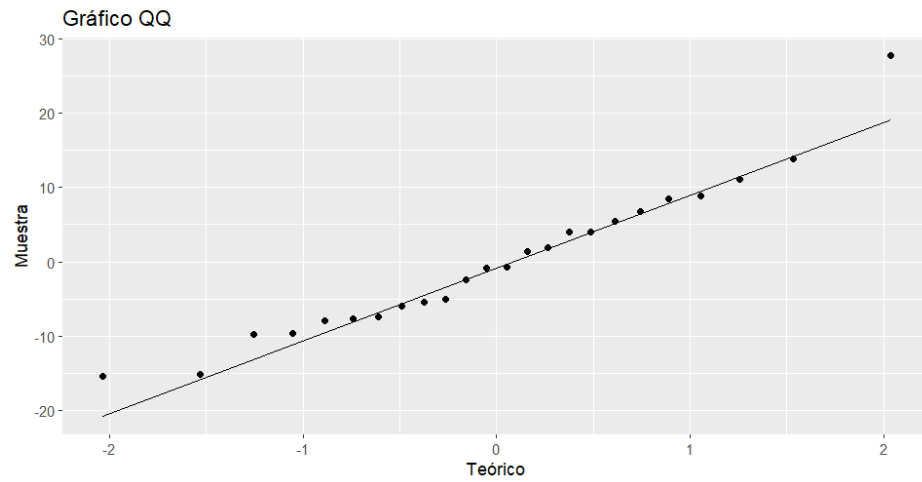
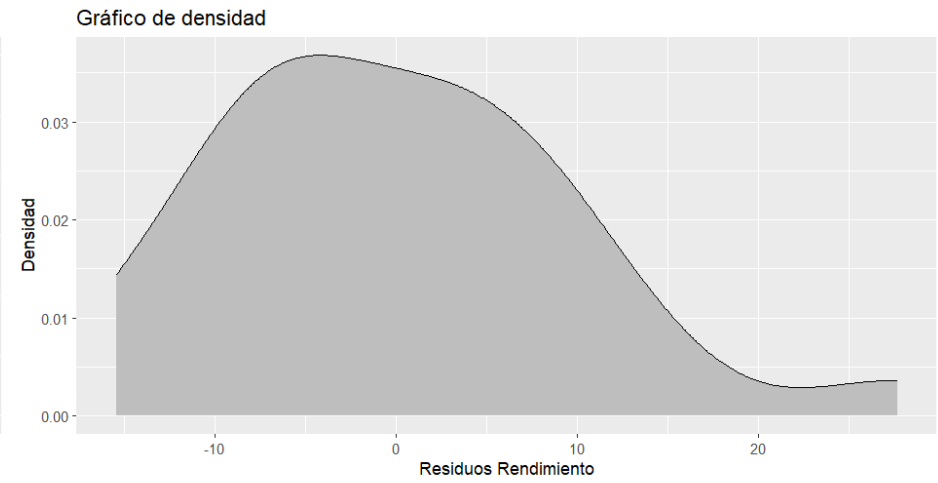
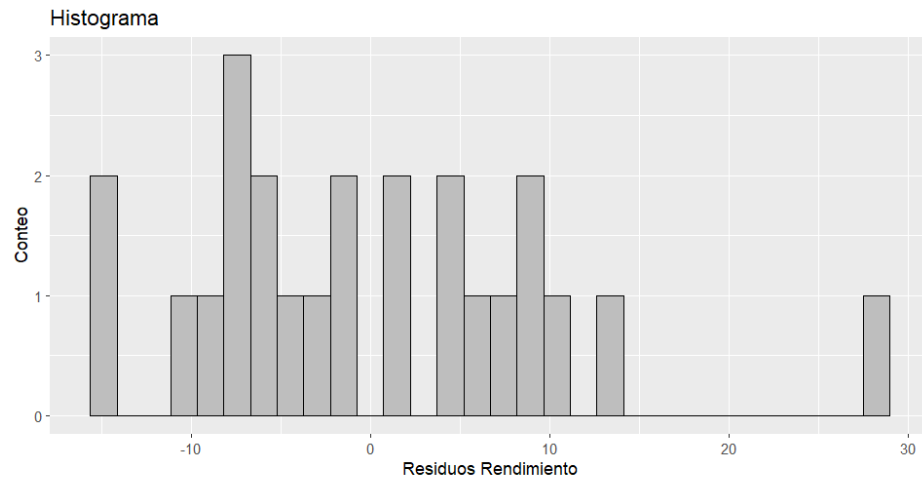


Figura 30: Gráficos de distribución del rendimiento

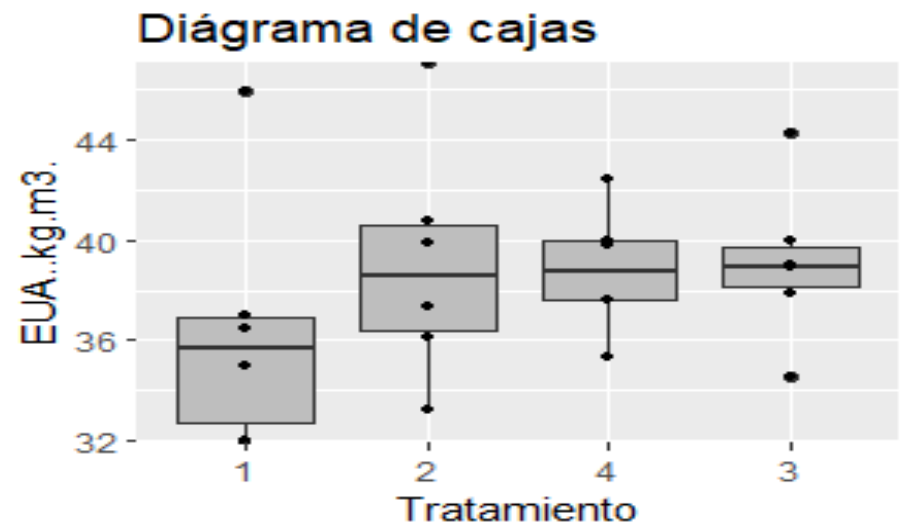
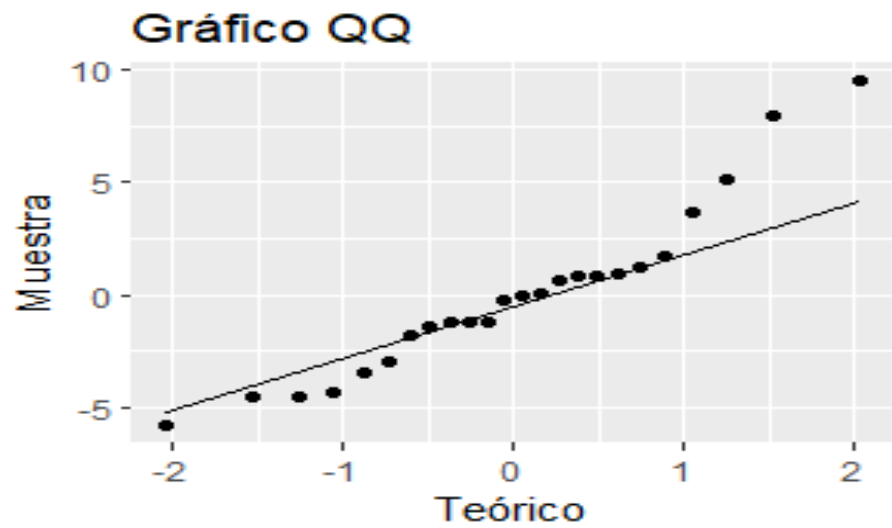
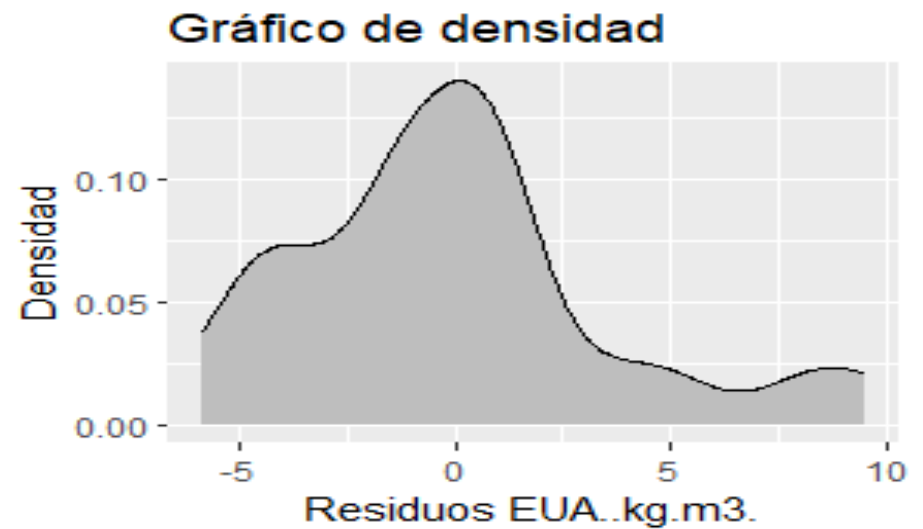
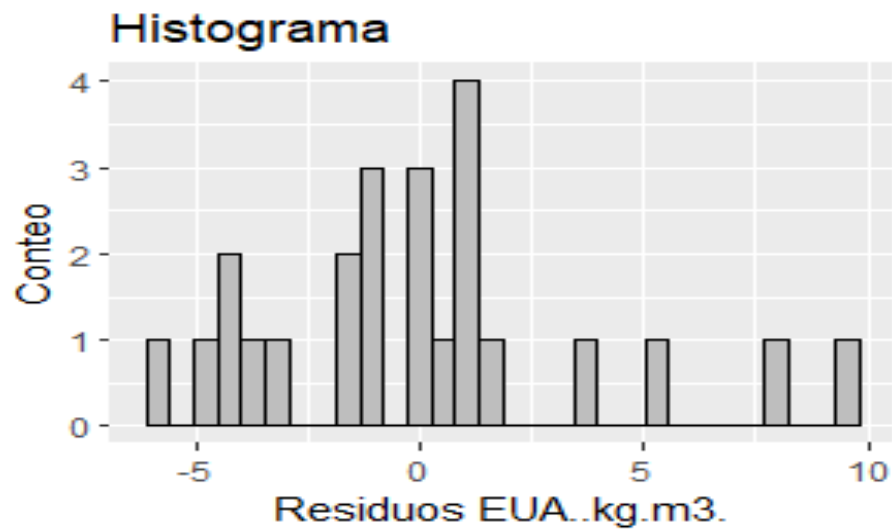


Figura 31: Gráficos de distribución de la EUA

Anexo 10: Gráfico de líneas de agua consumida en los tratamientos

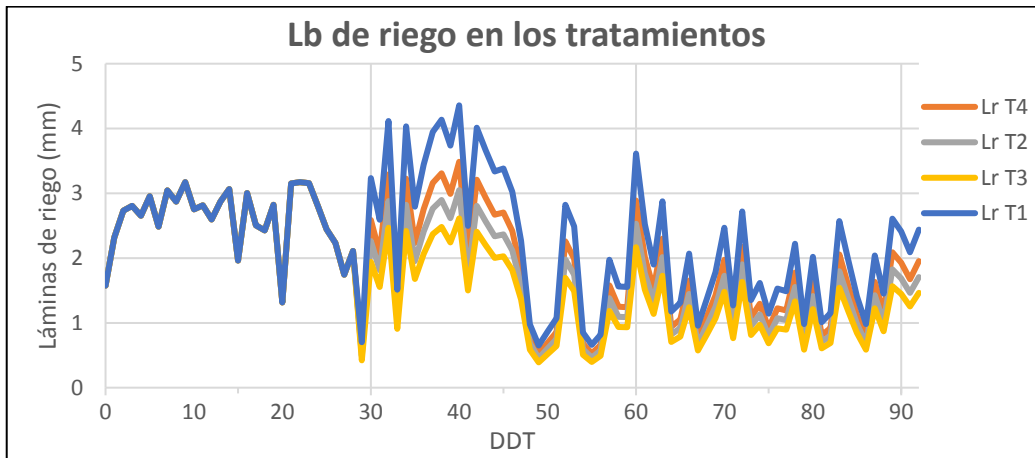


Figura 32: Láminas de riego por DDT

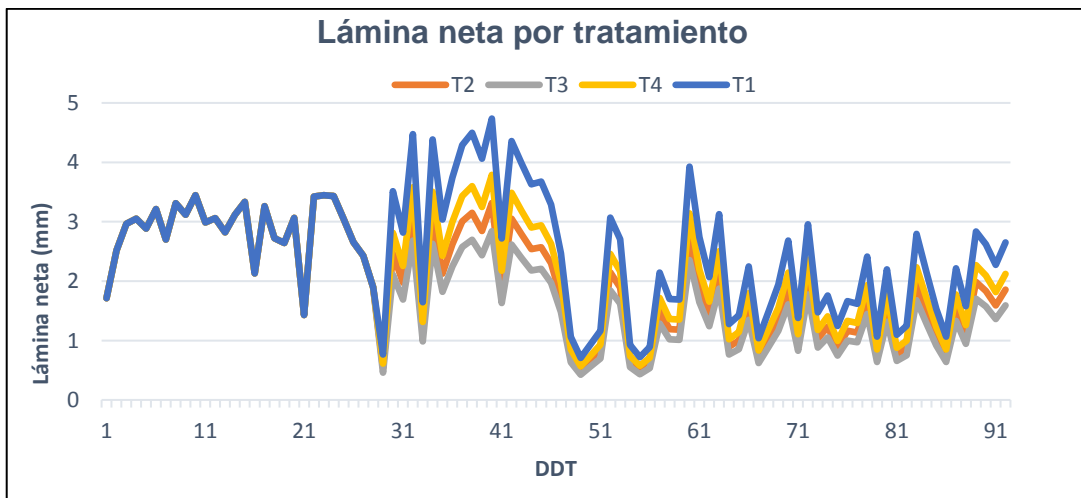


Figura 33: Lámina neta por DDT

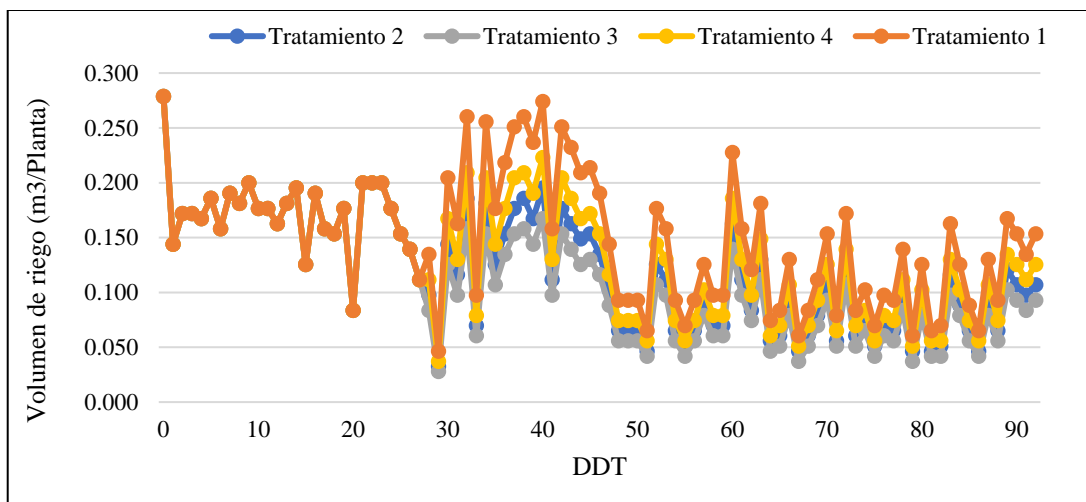


Figura 34: Volumen de riego (m3) por DDT

Anexo 11: Fotografías tomadas durante la investigación



Figura 35: Plantines de apio



Figura 36: Siembra



Figura 37: Tensado de cintas



Figura 38: Recalce de apio



Figura 39: Mullición del suelo



Figura 40: Arco de riego



Figura 41: Casetta de riego



Figura 42: Incorporación de materia orgánica

Anexo 12: Coeficiente de uniformidad

Funcionamiento	Valores de CU
Excelente	90-100%
Bueno	80-90%
Aceptable	70-80%
Inaceptable	<70%

FUENTE: Merriam y Keller (1978)



Figura 43: Prueba de C.U

Anexo 13: Cálculo de las necesidades hídricas

Fecha	Lámina diaria de Eto (mm)	Lámina acumulada	Fecha	Lámina diaria de Eto (mm)	Lámina acumulada	Fecha	Lámina diaria de Eto (mm)	Lámina acumulada
15-Mar	2.25	2.25	15-Abr	3.84	113.15	16-May	1.81	188
16-Mar	3.31	5.56	16-Abr	2.66	117.07	17-May	2.74	190.74
17-Mar	3.9	9.46	17-Abr	3.28	118.51	18-May	1.12	191.86
18-Mar	4.01	13.47	18-Abr	3.76	122.35	19-May	1.25	193.11
19-Mar	3.79	17.26	19-Abr	3.94	125.01	20-May	1.97	195.08
20-Mar	4.22	21.48	20-Abr	3.56	128.29	21-May	0.91	195.99
21-Mar	3.55	25.03	21-Abr	4.15	132.05	22-May	1.3	197.29
22-Mar	4.35	29.38	22-Abr	2.38	135.99	23-May	1.7	198.99
23-Mar	4.1	33.48	23-Abr	3.82	139.55	24-May	2.35	201.34
24-Mar	4.53	38.01	24-Abr	3.49	143.7	25-May	1.21	202.55
25-Mar	3.93	41.94	25-Abr	3.18	146.08	26-May	2.59	205.14
26-Mar	4.02	45.96	26-Abr	3.22	149.9	27-May	1.29	206.43
27-Mar	3.71	49.67	27-Abr	2.88	153.39	28-May	1.54	207.97
28-Mar	4.1	53.77	28-Abr	2.16	156.57	29-May	1.09	209.06
29-Mar	4.38	58.15	29-Abr	0.93	159.79	30-May	1.53	210.59
30-Mar	2.8	60.95	30-Abr	0.62	162.67	31-May	1.49	212.08
31-Mar	4.29	65.24	1-May	0.82	164.83	1-Jun	2.22	214.3
1-Abril	3.58	68.82	2-May	1.02	165.76	2-Jun	0.98	215.28
2-Abril	3.47	72.29	3-May	2.69	166.38	3-Jun	2.02	217.3
3-Abr	4.03	76.32	4-May	2.37	167.2	4-Jun	1.01	218.31
4-Abr	1.88	78.2	5-May	0.81	168.22	5-Jun	1.15	219.46
5-Abr	4.5	82.7	6-May	0.63	170.91	6-Jun	2.57	222.03
6-Abr	4.53	87.23	7-May	0.78	173.28	7-Jun	1.98	224.01
7-Abr	4.51	91.74	8-May	1.88	174.09	8-Jun	1.41	225.42
8-Abr	4.01	95.75	9-May	1.49	174.72	9-Jun	0.98	226.4
9-Abr	3.49	99.24	10-May	1.48	175.5	10-Jun	2.04	228.44
10-Abr	3.19	102.43	11-May	3.44	177.38	11-Jun	1.45	229.89
11-Abr	2.49	104.92	12-May	1.49	178.87	12-Jun	2.61	232.5
12-Abr	2.01	106.93	13-May	1.48	180.35	13-Jun	2.41	234.91
13-Abr	0.67	107.6	14-May	3.44	183.79	14-Jun	2.09	237
14-Abr	3.08	110.68	15-May	2.4	186.19	15-Jun	2.44	239.44

Fecha	Lámina diaria de Etc (mm)	Lámina acumulada	Fecha	Lámina diaria de Etc (mm)	Lámina acumulada	Fecha	Lámina diaria de Etc (mm)	Lámina acumulada
15-Mar	1.575	1.575	15-Abr	2.5935	82.0855	16-May	1.9005	160.678
16-Mar	2.317	3.892	16-Abr	4.116	86.2015	17-May	2.877	163.555
17-Mar	2.73	6.622	17-Abr	1.512	87.7135	18-May	1.176	164.731
18-Mar	2.807	9.429	18-Abr	4.032	91.7455	19-May	1.3125	166.0435
19-Mar	2.653	12.082	19-Abr	2.793	94.5385	20-May	2.0685	168.112
20-Mar	2.954	15.036	20-Abr	3.444	97.9825	21-May	0.9555	169.0675
21-Mar	2.485	17.521	21-Abr	3.948	101.9305	22-May	1.365	170.4325
22-Mar	3.045	20.566	22-Abr	4.137	106.0675	23-May	1.785	172.2175
23-Mar	2.87	23.436	23-Abr	3.738	109.8055	24-May	2.4675	174.685
24-Mar	3.171	26.607	24-Abr	4.3575	114.163	25-May	1.2705	175.9555
25-Mar	2.751	29.358	25-Abr	2.499	116.662	26-May	2.7195	178.675
26-Mar	2.814	32.172	26-Abr	4.011	120.673	27-May	1.3545	180.0295
27-Mar	2.597	34.769	27-Abr	3.6645	124.3375	28-May	1.617	181.6465
28-Mar	2.87	37.639	28-Abr	3.339	127.6765	29-May	1.1445	182.791
29-Mar	3.066	40.705	29-Abr	3.381	131.0575	30-May	1.53	184.321
30-Mar	1.96	42.665	30-Abr	3.024	134.0815	31-May	1.49	185.811
31-Mar	3.003	45.668	1-May	2.268	136.3495	1-Jun	2.22	188.031
1-Abril	2.506	48.174	2-May	0.9765	137.326	2-Jun	0.98	189.011
2-Abril	2.429	50.603	3-May	0.651	137.977	3-Jun	2.02	191.031
3-Abr	2.821	53.424	4-May	0.861	138.838	4-Jun	1.01	192.041
4-Abr	1.316	54.74	5-May	1.071	139.909	5-Jun	1.15	193.191
5-Abr	3.15	57.89	6-May	2.8245	142.7335	6-Jun	2.57	195.761
6-Abr	3.171	61.061	7-May	2.4885	145.222	7-Jun	1.98	197.741
7-Abr	3.157	64.218	8-May	0.8505	146.0725	8-Jun	1.41	199.151
8-Abr	2.807	67.025	9-May	0.6615	146.734	9-Jun	0.98	200.131
9-Abr	2.443	69.468	10-May	0.819	147.553	10-Jun	2.04	202.171
10-Abr	2.233	71.701	11-May	1.974	149.527	11-Jun	1.45	203.621
11-Abr	1.743	73.444	12-May	1.5645	151.0915	12-Jun	2.61	206.231
12-Abr	2.1105	75.5545	13-May	1.554	152.6455	13-Jun	2.41	208.641
13-Abr	0.7035	76.258	14-May	3.612	156.2575	14-Jun	2.09	210.731
14-Abr	3.234	79.492	15-May	2.52	158.7775	15-Jun	2.44	213.171

Anexo 14: Cálculo de tiempo de riego

Eficiencia de riego (%)	92
Área mojada (m ²)	0.19625
Caudal (l/h)	0.95
Tiempo de riego (min) =	$\text{Lamina neta (m)} \times \text{Área mojada (m}^2\text{)} / \text{Caudal (m}^3\text{/min)}$

Fecha	Lámina neta (m)	Tiempo (min)	Fecha	Lámina neta (m)	Tiempo (min)	Fecha	Lámina neta (m)	Tiempo (min)
15-Mar	-	60.00	15-Abr	0.00282	34.94	16-May	0.002066	25.60
16-Mar	0.0025185	31.22	16-Abr	0.00447	55.45	17-May	0.003127	38.76
17-Mar	0.0029674	36.78	17-Abr	0.00164	20.37	18-May	0.001278	15.84
18-Mar	0.0030511	37.82	18-Abr	0.00438	54.32	19-May	0.001427	17.68
19-Mar	0.0028837	35.74	19-Abr	0.00304	37.63	20-May	0.002248	27.87
20-Mar	0.0032109	39.80	20-Abr	0.00374	46.40	21-May	0.001039	12.87
21-Mar	0.0027011	33.48	21-Abr	0.00429	53.19	22-May	0.001484	18.39
22-Mar	0.0033098	41.02	22-Abr	0.0045	55.74	23-May	0.00194	24.05
23-Mar	0.0031196	38.67	23-Abr	0.00406	50.36	24-May	0.002682	33.24
24-Mar	0.0034467	42.72	24-Abr	0.00474	58.71	25-May	0.001381	17.12
25-Mar	0.0029902	37.06	25-Abr	0.00272	33.67	26-May	0.002956	36.64
26-Mar	0.0030587	37.91	26-Abr	0.00436	54.04	27-May	0.001472	18.25
27-Mar	0.0028228	34.99	27-Abr	0.00398	49.37	28-May	0.001758	21.79
28-Mar	0.0031196	38.67	28-Abr	0.00363	44.98	29-May	0.001244	15.42
29-Mar	0.0033326	41.31	29-Abr	0.00368	45.55	30-May	0.001663	20.61
30-Mar	0.0021304	26.41	30-Abr	0.00329	40.74	31-May	0.00162	20.07
31-Mar	0.0032641	40.46	1-May	0.00247	30.56	1-Jun	0.002413	29.91
1-Abril	0.0027239	33.76	2-May	0.00106	13.16	2-Jun	0.001065	13.20
2-Abril	0.0026402	32.72	3-May	0.00071	8.77	3-Jun	0.002196	27.21
3-Abr	0.0030663	38.01	4-May	0.00094	11.60	4-Jun	0.001098	13.61
4-Abr	0.0014304	17.73	5-May	0.00116	14.43	5-Jun	0.00125	15.49
5-Abr	0.0034239	42.44	6-May	0.00307	38.05	6-Jun	0.002793	34.62
6-Abr	0.0034467	42.72	7-May	0.0027	33.53	7-Jun	0.002152	26.68
7-Abr	0.0034315	42.53	8-May	0.00092	11.46	8-Jun	0.001533	19.00
8-Abr	0.0030511	37.82	9-May	0.00072	8.91	9-Jun	0.001065	13.20
9-Abr	0.0026554	32.91	10-May	0.00089	11.03	10-Jun	0.002217	27.48
10-Abr	0.0024272	30.08	11-May	0.00215	26.59	11-Jun	0.001576	19.54
11-Abr	0.0018946	23.48	12-May	0.0017	21.08	12-Jun	0.002837	35.16
12-Abr	0.002294	28.43	13-May	0.00169	20.94	13-Jun	0.00262	32.47
13-Abr	0.0007647	9.48	14-May	0.00393	48.66	14-Jun	0.002272	28.16
14-Abr	0.0035152	43.57	15-May	0.00274	33.95	15-Jun	0.002652	32.87

Anexo 15: Cálculo de volumen (m3) utilizado por unidad experimental

Q (l/h)	0.95	#Goteros x surco	270
CU	0.92	Q (l/h/surco)	278.8
Volumen (l) = Tiempo (min) x Q (l/min)			

Día	Tiempo (min)	Tiempo total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado	Día	Tiempo (min)	Tiempo total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado	Día	Tiempo (min)	Tiempo total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado
15-Mar	60.00	60	0.28	0.28	15-Abr	34.94	35	0.16	5.36	16-May	25.60	26	0.12	10.55
16-Mar	31.22	31	0.14	0.42	16-Abr	55.45	56	0.26	5.62	17-May	38.76	39	0.18	10.73
17-Mar	36.78	37	0.17	0.59	17-Abr	20.37	21	0.10	5.72	18-May	15.84	16	0.07	10.80
18-Mar	37.82	37	0.17	0.77	18-Abr	54.32	55	0.26	5.97	19-May	17.68	18	0.08	10.89
19-Mar	35.74	36	0.17	0.93	19-Abr	37.63	38	0.18	6.15	20-May	27.87	28	0.13	11.02
20-Mar	39.80	40	0.19	1.12	20-Abr	46.40	47	0.22	6.37	21-May	12.87	13	0.06	11.08
21-Mar	33.48	34	0.16	1.28	21-Abr	53.19	54	0.25	6.62	22-May	18.39	18	0.08	11.16
22-Mar	41.02	41	0.19	1.47	22-Abr	55.74	56	0.26	6.88	23-May	24.05	24	0.11	11.27
23-Mar	38.67	39	0.18	1.65	23-Abr	50.36	51	0.24	7.11	24-May	33.24	33	0.15	11.43
24-Mar	42.72	43	0.20	1.85	24-Abr	58.71	59	0.27	7.39	25-May	17.12	17	0.08	11.51
25-Mar	37.06	38	0.18	2.03	25-Abr	33.67	34	0.16	7.55	26-May	36.64	37	0.17	11.68
26-Mar	37.91	38	0.18	2.20	26-Abr	54.04	54	0.25	7.80	27-May	18.25	18	0.08	11.76
27-Mar	34.99	35	0.16	2.37	27-Abr	49.37	50	0.23	8.03	28-May	21.79	22	0.10	11.86
28-Mar	38.67	39	0.18	2.55	28-Abr	44.98	45	0.21	8.24	29-May	15.42	15	0.07	11.93
29-Mar	41.31	42	0.20	2.74	29-Abr	45.55	46	0.21	8.45	30-May	20.61	21	0.10	12.03
30-Mar	26.41	27	0.13	2.87	30-Abr	40.74	41	0.19	8.64	31-May	20.07	20	0.09	12.12
31-Mar	40.46	41	0.19	3.06	1-May	30.56	31	0.14	8.79	1-Jun	29.91	30	0.14	12.26
1-Abril	33.76	34	0.16	3.22	2-May	13.16	20	0.09	8.88	2-Jun	13.20	13	0.06	12.32
2-Abril	32.72	33	0.15	3.37	3-May	8.77	20	0.09	8.97	3-Jun	27.21	27	0.13	12.45
3-Abr	38.01	38	0.18	3.55	4-May	11.60	20	0.09	9.07	4-Jun	13.61	14	0.07	12.51
4-Abr	17.73	18	0.08	3.63	5-May	14.43	14	0.07	9.13	5-Jun	15.49	15	0.07	12.58
5-Abr	42.44	43	0.20	3.83	6-May	38.05	38	0.18	9.31	6-Jun	34.62	35	0.16	12.75
6-Abr	42.72	43	0.20	4.03	7-May	33.53	34	0.16	9.47	7-Jun	26.68	27	0.13	12.87
7-Abr	42.53	43	0.20	4.23	8-May	11.46	20	0.09	9.56	8-Jun	19.00	19	0.09	12.96
8-Abr	37.82	38	0.18	4.41	9-May	8.91	15	0.07	9.63	9-Jun	13.20	14	0.07	13.02
9-Abr	32.91	33	0.15	4.56	10-May	11.03	20	0.09	9.72	10-Jun	27.48	28	0.13	13.15
10-Abr	30.08	30	0.14	4.70	11-May	26.59	27	0.13	9.85	11-Jun	19.54	20	0.09	13.25
11-Abr	23.48	24	0.11	4.81	12-May	21.08	21	0.10	9.94	12-Jun	35.16	36	0.17	13.42
12-Abr	28.43	29	0.13	4.94	13-May	20.94	21	0.10	10.04	13-Jun	32.47	33	0.15	13.57
13-Abr	9.48	10	0.05	4.99	14-May	48.66	49	0.23	10.27	14-Jun	28.16	29	0.13	13.70
14-Abr	43.57	44	0.20	5.20	15-May	33.95	34	0.16	10.43	15-Jun	32.87	33	0.15	13.86

Figura 44: Volumen (m3) para T1

Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado	Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado	Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado
15-Mar	60	60	0.279	0.279	15-Abr	24.5	25	0.116	5.200	16-May	18.2	18	0.084	8.875
16-Mar	31	31	0.144	0.423	16-Abr	39.2	40	0.186	5.386	17-May	27.3	28	0.130	9.005
17-Mar	37	37	0.172	0.595	17-Abr	14.7	15	0.070	5.455	18-May	11.2	12	0.056	9.061
18-Mar	37	37	0.172	0.767	18-Abr	38.5	39	0.181	5.636	19-May	12.6	13	0.060	9.122
19-Mar	36	36	0.167	0.934	19-Abr	26.6	27	0.125	5.762	20-May	19.6	20	0.093	9.214
20-Mar	40	40	0.186	1.120	20-Abr	32.9	33	0.153	5.915	21-May	9.1	10	0.046	9.261
21-Mar	34	34	0.158	1.278	21-Abr	37.8	38	0.177	6.092	22-May	12.6	13	0.060	9.321
22-Mar	41	41	0.191	1.468	22-Abr	39.2	40	0.186	6.278	23-May	16.8	17	0.079	9.400
23-Mar	39	39	0.181	1.650	23-Abr	35.7	36	0.167	6.445	24-May	23.1	23	0.107	9.507
24-Mar	43	43	0.200	1.849	24-Abr	41.3	42	0.195	6.640	25-May	11.9	12	0.056	9.563
25-Mar	38	38	0.177	2.026	25-Abr	23.8	24	0.112	6.752	26-May	25.9	26	0.121	9.684
26-Mar	38	38	0.177	2.203	26-Abr	37.8	38	0.177	6.928	27-May	12.6	13	0.060	9.744
27-Mar	35	35	0.163	2.365	27-Abr	35	35	0.163	7.091	28-May	15.4	16	0.074	9.819
28-Mar	39	39	0.181	2.546	28-Abr	31.5	32	0.149	7.240	29-May	10.5	11	0.051	9.870
29-Mar	42	42	0.195	2.742	29-Abr	32.2	33	0.153	7.393	30-May	14.7	15	0.070	9.939
30-Mar	27	27	0.125	2.867	30-Abr	28.7	29	0.135	7.528	31-May	14	14	0.065	10.004
31-Mar	41	41	0.191	3.058	1-May	21.7	22	0.102	7.630	1-Jun	21	21	0.098	10.102
1-Abril	34	34	0.158	3.216	2-May	14	14	0.065	7.695	2-Jun	9.1	10	0.046	10.148
2-Abril	33	33	0.153	3.369	3-May	14	14	0.065	7.760	3-Jun	18.9	19	0.088	10.237
3-Abr	38	38	0.177	3.545	4-May	14	14	0.065	7.825	4-Jun	9.8	10	0.046	10.283
4-Abr	18	18	0.084	3.629	5-May	9.8	10	0.046	7.872	5-Jun	10.5	11	0.051	10.334
5-Abr	43	43	0.200	3.829	6-May	26.6	27	0.125	7.997	6-Jun	24.5	25	0.116	10.451
6-Abr	43	43	0.200	4.029	7-May	23.8	24	0.112	8.109	7-Jun	18.9	19	0.088	10.539
7-Abr	43	43	0.200	4.229	8-May	14	14	0.065	8.174	8-Jun	13.3	14	0.065	10.604
8-Abr	38	38	0.177	4.405	9-May	10.5	11	0.051	8.225	9-Jun	9.8	10	0.046	10.650
9-Abr	33	33	0.153	4.558	10-May	14	14	0.065	8.290	10-Jun	19.6	20	0.093	10.743
10-Abr	30	30	0.139	4.698	11-May	18.9	19	0.088	8.378	11-Jun	14	14	0.065	10.808
11-Abr	24	24	0.112	4.809	12-May	14.7	15	0.070	8.448	12-Jun	25.2	26	0.121	10.929
12-Abr	20.3	21	0.098	4.907	13-May	14.7	15	0.070	8.517	13-Jun	23.1	23	0.107	11.036
13-Abr	7	7	0.033	4.939	14-May	34.3	35	0.163	8.680	14-Jun	20.3	21	0.098	11.134
14-Abr	30.8	31	0.144	5.084	15-May	23.8	24	0.112	8.792	15-Jun	23.1	23	0.107	11.240

Figura 45: Volumen (m3) para T2

Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado	Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado	Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado
15-Mar	60	60	0.279	0.279	15-Abr	35	28	0.130	5.255	16-May	26	21	0.098	9.456
16-Mar	31	31	0.144	0.423	16-Abr	56	45	0.209	5.465	17-May	39	32	0.149	9.605
17-Mar	37	37	0.172	0.595	17-Abr	21	17	0.079	5.544	18-May	16	13	0.060	9.665
18-Mar	37	37	0.172	0.767	18-Abr	55	44	0.204	5.748	19-May	18	15	0.070	9.735
19-Mar	36	36	0.167	0.934	19-Abr	38	31	0.144	5.892	20-May	28	23	0.107	9.842
20-Mar	40	40	0.186	1.120	20-Abr	47	38	0.177	6.069	21-May	13	11	0.051	9.893
21-Mar	34	34	0.158	1.278	21-Abr	54	44	0.204	6.273	22-May	18	15	0.070	9.963
22-Mar	41	41	0.191	1.468	22-Abr	56	45	0.209	6.482	23-May	24	20	0.093	10.056
23-Mar	39	39	0.181	1.650	23-Abr	51	41	0.191	6.673	24-May	33	27	0.125	10.181
24-Mar	43	43	0.200	1.849	24-Abr	59	48	0.223	6.896	25-May	17	14	0.065	10.246
25-Mar	38	38	0.177	2.026	25-Abr	34	28	0.130	7.026	26-May	37	30	0.139	10.385
26-Mar	38	38	0.177	2.203	26-Abr	54	44	0.204	7.230	27-May	18	15	0.070	10.455
27-Mar	35	35	0.163	2.365	27-Abr	50	40	0.186	7.416	28-May	22	18	0.084	10.539
28-Mar	39	39	0.181	2.546	28-Abr	45	36	0.167	7.583	29-May	15	12	0.056	10.595
29-Mar	42	42	0.195	2.742	29-Abr	46	37	0.172	7.755	30-May	21	17	0.079	10.674
30-Mar	27	27	0.125	2.867	30-Abr	41	33	0.153	7.909	31-May	20	16	0.074	10.748
31-Mar	41	41	0.191	3.058	1-May	31	25	0.116	8.025	1-Jun	30	24	0.112	10.859
1-Abril	34	34	0.158	3.216	2-May	20	16	0.074	8.099	2-Jun	13	11	0.051	10.911
2-Abril	33	33	0.153	3.369	3-May	20	16	0.074	8.174	3-Jun	27	22	0.102	11.013
3-Abr	38	38	0.177	3.545	4-May	20	16	0.074	8.248	4-Jun	14	12	0.056	11.069
4-Abr	18	18	0.084	3.629	5-May	14	12	0.056	8.304	5-Jun	15	12	0.056	11.124
5-Abr	43	43	0.200	3.829	6-May	38	31	0.144	8.448	6-Jun	35	28	0.130	11.254
6-Abr	43	43	0.200	4.029	7-May	34	28	0.130	8.578	7-Jun	27	22	0.102	11.357
7-Abr	43	43	0.200	4.229	8-May	20	16	0.074	8.652	8-Jun	19	16	0.074	11.431
8-Abr	38	38	0.177	4.405	9-May	15	12	0.056	8.708	9-Jun	14	12	0.056	11.487
9-Abr	33	33	0.153	4.558	10-May	20	16	0.074	8.782	10-Jun	28	23	0.107	11.594
10-Abr	30	30	0.139	4.698	11-May	27	22	0.102	8.885	11-Jun	20	16	0.074	11.668
11-Abr	24	24	0.112	4.809	12-May	21	17	0.079	8.964	12-Jun	36	29	0.135	11.803
12-Abr	29	24	0.112	4.921	13-May	21	17	0.079	9.043	13-Jun	33	27	0.125	11.928
13-Abr	10	8	0.037	4.958	14-May	49	40	0.186	9.228	14-Jun	29	24	0.112	12.040
14-Abr	44	36	0.167	5.125	15-May	34	28	0.130	9.359	15-Jun	33	27	0.125	12.165

Figura 46: Volumen (m3) para T4

Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado	Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado	Día	Tiempo (min)	T. total (min)	Volumen (m3)	Volumen acumulado
15-Mar	60	60	0.279	0.279	15-Abr	35	21	0.098	5.144	16-May	26	16	0.074	8.308
16-Mar	31	31	0.144	0.423	16-Abr	56	34	0.158	5.302	17-May	39	24	0.112	8.420
17-Mar	37	37	0.172	0.595	17-Abr	21	13	0.060	5.362	18-May	16	10	0.046	8.466
18-Mar	37	37	0.172	0.767	18-Abr	55	33	0.153	5.515	19-May	18	11	0.051	8.517
19-Mar	36	36	0.167	0.934	19-Abr	38	23	0.107	5.623	20-May	28	17	0.079	8.596
20-Mar	40	40	0.186	1.120	20-Abr	47	29	0.135	5.757	21-May	13	8	0.037	8.634
21-Mar	34	34	0.158	1.278	21-Abr	54	33	0.153	5.911	22-May	18	11	0.051	8.685
22-Mar	41	41	0.191	1.468	22-Abr	56	34	0.158	6.069	23-May	24	15	0.070	8.754
23-Mar	39	39	0.181	1.650	23-Abr	51	31	0.144	6.213	24-May	33	20	0.093	8.847
24-Mar	43	43	0.200	1.849	24-Abr	59	36	0.167	6.380	25-May	17	11	0.051	8.899
25-Mar	38	38	0.177	2.026	25-Abr	34	21	0.098	6.478	26-May	37	23	0.107	9.005
26-Mar	38	38	0.177	2.203	26-Abr	54	33	0.153	6.631	27-May	18	11	0.051	9.056
27-Mar	35	35	0.163	2.365	27-Abr	50	30	0.139	6.770	28-May	22	14	0.065	9.122
28-Mar	39	39	0.181	2.546	28-Abr	45	27	0.125	6.896	29-May	15	9	0.042	9.163
29-Mar	42	42	0.195	2.742	29-Abr	46	28	0.130	7.026	30-May	21	13	0.060	9.224
30-Mar	27	27	0.125	2.867	30-Abr	41	25	0.116	7.142	31-May	20	12	0.056	9.280
31-Mar	41	41	0.191	3.058	1-May	31	19	0.088	7.230	1-Jun	30	18	0.084	9.363
1-Abril	34	34	0.158	3.216	2-May	20	12	0.056	7.286	2-Jun	13	8	0.037	9.400
2-Abril	33	33	0.153	3.369	3-May	20	12	0.056	7.342	3-Jun	27	17	0.079	9.479
3-Abr	38	38	0.177	3.545	4-May	20	12	0.056	7.398	4-Jun	14	9	0.042	9.521
4-Abr	18	18	0.084	3.629	5-May	14	9	0.042	7.439	5-Jun	15	9	0.042	9.563
5-Abr	43	43	0.200	3.829	6-May	38	23	0.107	7.546	6-Jun	35	21	0.098	9.661
6-Abr	43	43	0.200	4.029	7-May	34	21	0.098	7.644	7-Jun	27	17	0.079	9.740
7-Abr	43	43	0.200	4.229	8-May	20	12	0.056	7.700	8-Jun	19	12	0.056	9.795
8-Abr	38	38	0.177	4.405	9-May	15	9	0.042	7.741	9-Jun	14	9	0.042	9.837
9-Abr	33	33	0.153	4.558	10-May	20	12	0.056	7.797	10-Jun	28	17	0.079	9.916
10-Abr	30	30	0.139	4.698	11-May	27	17	0.079	7.876	11-Jun	20	12	0.056	9.972
11-Abr	24	24	0.112	4.809	12-May	21	13	0.060	7.937	12-Jun	36	22	0.102	10.074
12-Abr	29	18	0.084	4.893	13-May	21	13	0.060	7.997	13-Jun	33	20	0.093	10.167
13-Abr	10	6	0.028	4.921	14-May	49	30	0.139	8.136	14-Jun	29	18	0.084	10.251
14-Abr	44	27	0.125	5.046	15-May	34	21	0.098	8.234	15-Jun	33	20	0.093	10.344

Figura 47: Volumen (m3) para T3

Anexo 16: Manejo del cultivo del apio



Figura 48: Muestra visual de falta de humedad



Figura 49: Fertiirrigación con ácidos húmicos



Figura 50: Fertiirrigación con acidificante



Figura 51: Aplicaciones con mochila pulverizadora



Figura 52: Trampas ecológicas



Figura 53: Control de la humedad



Figura 54: Minador de hoja



Figura 55: Vista de la planta a los 45 días



Figura 56: Primeras semanas del trasplante



Figura 57: Profundidad de raíces



Figura 58: Vista del campo a los 2 meses DDT

Anexo 17: Panel fotográfico de la cosecha



Figura 59: Apio de 88.5 cm de altura



Figura 60: Cosecha de 2 m por tratamiento



Figura 61: Cosecha manual



Figura 62: Vista de la cosecha



Figura 63: Medición de altura con flexómetro



Figura 64: Etiquetado de muestras



Figura 65: Medición de altura con reglas



Figura 66: Apios separados por tratamiento