



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE RIEGO Y
AJUSTE DEL USO CONSUNTIVO (K_c) MEDIANTE
LISIMETRÍA EN EL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium
cepa L.*) var. Burguesa EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL TUNSHI**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA:

ERIKA TATIANA MOROCHO QUERA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE RIEGO Y
AJUSTE DEL USO CONSUNTIVO (K_c) MEDIANTE
LISIMETRÍA EN EL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium
cepa L.*) var. Burguesa EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL TUNSHI**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA AGRÓNOMA

AUTORA: ERIKA TATIANA MOROCHO QUERA

DIRECTOR: Ing. JUAN EDUARDO LEÓN RUIZ, PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Erika Tatiana Morocho Quera

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el derecho de autor.

Yo, **ERIKA TATIANA MOROCHO QUERA**, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de julio de 2022.

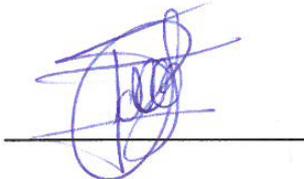
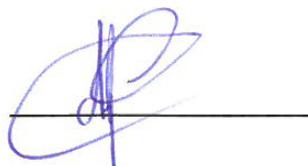


Erika Tatiana Morocho Quera

C.I. 0605111335

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA AGRONOMÍA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, “**COMPARACIÓN DE TRES MÉTODOS DE RIEGO Y AJUSTE DEL USO CONSUNTIVO (Kc) MEDIANTE LISIMETRÍA EN EL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa L.*) var. Burguesa EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI**”, realizado por la señorita: **ERIKA TATIANA MOROCHO QUERA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Víctor Alberto Lindao Córdova. PhD PRESIDENTE DE TRIBUNAL		2022/07/15
Ing. Juan Eduardo León Ruiz. PhD DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022/07/15
Ing. Alfonso Leonel Suarez Tapia. PhD MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022/07/15

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación, a mi madre, Angela María Quera López por su apoyo constante e incondicional, y por confiar en mí a lo largo de mi carrera profesional. A mis hermanos Carlos y Fernanda quienes estuvieron siempre apoyándome en cada paso que daba. Y a mi esposo Anthony quien estuvo ahí siempre semestre a semestre apoyándome ayudándome en lo que podía y alentándome cada vez que quise darme por vencida brindándome su aliento y ánimos para culminar mi carrera.

Erika

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre, hermanos y esposo por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y su apoyo durante toda mi vida.

A la Estación Experimental TUNSHI, por la oportunidad de llevar a cabo este proyecto de investigación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería en Agronómica, por haberme permitido formarme como una profesional con ética e integridad, así mismo a mis docentes y tutores de tesis, gracias a su guía y comprensión he logrado alcanzar este sueño.

Erika

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Recurso Hídrico.....	4
1.1.1. <i>Importancia del agua</i>	4
1.1.2. <i>Requerimientos de agua en el cultivo</i>	5
1.2. Riego.....	5
1.2.1. <i>El agua en el suelo</i>	6
1.2.2. <i>Métodos de Riego</i>	6
1.2.3. <i>Programación del riego</i>	7
1.2.1.1. <i>Programación en tiempo real</i>	7
1.2.4. <i>Riego tecnificado</i>	7
1.3. Coeficiente del cultivo (Kc).....	8
1.3.1. <i>Cálculo del coeficiente de cultivo</i>	8
1.3.2. <i>Evaporación</i>	9
1.3.3. <i>Transpiración</i>	9
1.3.4. <i>Evapotranspiración</i>	9
1.3.5. <i>Evapotranspiración de referencia (Eto)</i>	10
1.3.6. <i>Evapotranspiración del cultivo (Etc)</i>	10
1.3.7. <i>Medición de la Evapotranspiración</i>	11
1.4. Eficiencia de riego.....	11
1.4.1. <i>Eficiencia de aplicación (Ea)</i>	11
1.4.2. <i>Riego por goteo</i>	12
1.4.2.1. <i>Especificaciones técnicas de los goteros auto compensados</i>	12
1.4.2.2. <i>Cálculo de la eficiencia</i>	13

1.4.3.	<i>Riego por aspersión</i>	13
1.4.3.1.	<i>Cálculo de la eficiencia</i>	14
1.4.4.	<i>Riego por gravedad o superficial</i>	14
1.4.4.1.	<i>Cálculo de eficiencia</i>	14
1.5.	Diseño agronómico	15
1.5.1.	<i>Frecuencia de riego</i>	15
1.5.2.	<i>Lamina neta y bruta</i>	16
1.5.3.	<i>Volumen de riego</i>	16
1.6.	Diseño hidráulico	17
1.7.	Lisímetros de drenaje	17
1.7.1.	<i>Lisímetro Tipo A</i>	17
1.7.2.	<i>Lisímetro Tipo B</i>	18
1.8.	Huella hídrica	20
1.9.	Cultivo de cebolla	20
1.9.1.	<i>Etapas fenológicas</i>	21
1.9.2.	<i>Características del cultivo burguesa</i>	21
1.9.3.	<i>Requerimientos de cultivo</i>	22
1.9.4.	<i>Requerimientos nutricionales</i>	22

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	24
2.1.	Características del sitio de estudio	24
2.1.1.	<i>Localización</i>	24
2.1.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	24
2.1.3.	<i>Condiciones climáticas</i>	24
2.1.4.	<i>Clasificación ecológica</i>	24
2.2.	Materiales y equipos	24
2.2.1.	<i>Material vegetativo</i>	24
2.2.2.	<i>Material y equipos de campo</i>	25
2.2.3.	<i>Materiales de oficina</i>	25
2.3.	Métodos	25
2.3.1.	<i>Diseño experimental</i>	25
2.3.2.	<i>Ajuste del coeficiente de cultivo</i>	28
2.3.2.1.	<i>Calibración de los lisímetros de drenaje</i>	28
2.3.2.2.	<i>Contenido de humedad del suelo (%)</i>	29

2.3.2.3.	<i>Ajuste del Kc</i>	30
2.3.3.	Métodos de evaluación	30
2.3.3.1.	<i>Altura de la planta (cm)</i>	30
2.3.3.2.	<i>Diámetro de pseudotallo (mm)</i>	31
2.3.3.3.	<i>Días a la cosecha</i>	31
2.3.3.4.	<i>Conductancia estomática</i>	32
2.3.3.5.	<i>Materia seca de la planta (%)</i>	32
2.3.3.6.	<i>Materia seca del bulbo (%)</i>	33
2.3.3.7.	<i>Rendimiento por categoría (Kg/ha)</i>	34
2.3.3.8.	<i>Contenido relativo del agua (WRC)</i>	34
2.4.	Manejo de ensayo	35
2.4.1.	<i>Preparación del suelo</i>	35
2.4.2.	<i>Surcado y trasplante</i>	36
2.4.3.	<i>Delimitación de parcelas en cada tratamiento</i>	36
2.4.4.	<i>Determinación de láminas y frecuencias de riego</i>	36
2.4.5.	<i>Instalación del sistema de riego</i>	36
2.4.6.	<i>Estimaciones de huella hídrica</i>	37
2.4.7.	<i>Eficiencia de riego</i>	38
2.4.7.1.	<i>Eficiencia de riego por gravedad</i>	38
2.4.7.2.	<i>Eficiencia de riego por goteo</i>	38
2.4.7.3.	<i>Eficiencia de riego por Aspersión</i>	39
2.4.8.	<i>Lamina de riego aplicada</i>	40

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1.	Identificación de las etapas fenológicas del ciclo del cultivo	41
3.1.1.	<i>Etapa inicial</i>	41
3.1.2.	<i>Etapa de desarrollo</i>	42
3.1.3.	<i>Etapa intermedia</i>	43
3.1.4.	<i>Etapa final</i>	44
3.1.5.	<i>Duración total del ciclo del cultivo</i>	45
3.2.	Coeficiente del cultivo (Kc) ajustado de cebolla colorada (<i>Allium cepa</i> L.) var. Burguesa mediante la metodología de lisímetría, en el tratamiento 2	46
3.3.	Altura de la planta	48
3.3.1.	<i>Altura de la planta a los 17 DDT (Etapa inicial)</i>	48

3.3.2.	<i>Altura de la planta a los 53 DDT (Etapa de Desarrollo)</i>	48
3.3.3.	<i>Altura de la planta a los 95 DDT (Etapa Intermedia)</i>	49
3.3.4.	<i>Altura de la planta a los 109 DDT (Etapa Final)</i>	50
3.4.	Diámetro del pseudotallo	52
3.4.1.	<i>Diámetro del pseudotallo a los 11 DDT (Etapa inicial)</i>	52
3.4.2.	<i>Diámetro del pseudotallo a los 53 DDT (Etapa de Desarrollo)</i>	52
3.4.3.	<i>Diámetro del pseudotallo a los 95 DDT (Etapa Intermedia)</i>	53
3.4.4.	<i>Diámetro del pseudotallo a los 109 DDT (Etapa Final)</i>	53
3.5.	Peso total de planta	55
3.6.	Peso del bulbo	56
3.7.	Diámetro del bulbo	58
3.7.1.	<i>Diámetro polar</i>	58
3.7.2.	<i>Diámetro ecuatorial</i>	59
3.8.	Rendimiento por categoría	61
3.8.1.	<i>Rendimiento por categoría de la parcela neta</i>	61
3.8.1.1.	<i>Categoría primera</i>	61
3.8.1.2.	<i>Categoría segunda</i>	62
3.8.1.3.	<i>Categoría tercera</i>	63
3.8.2.	<i>Rendimiento total</i>	64
3.9.	Contenido relativo de agua en las hojas ubicadas en diferentes partes de la planta	65
3.10.	Porcentaje de materia seca	66
3.10.1.	<i>Porcentaje de materia seca a los días 145 DDT</i>	66
3.11.	Huella hídrica	68
3.12.	Eficiencia de riego	70
3.13.	Lamina de riego	71
3.14.	Análisis económico	72
CONCLUSIONES		74
RECOMENDACIONES		75
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Eficiencia de aplicación de tres métodos de riego	12
Tabla 2-1:	Interpretación de CU.....	13
Tabla 1-2:	Características del campo experimental.....	26
Tabla 2-2:	Clasificación de la cebolla de acuerdo con el diámetro ecuatorial	34
Tabla 3-2:	Formulas usadas para el diseño agronómico	37
Tabla 1-3:	Duración de la etapa inicial	41
Tabla 2-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 17 DDT.....	48
Tabla 3-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 53 DDT.....	49
Tabla 4-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 95 DDT.....	49
Tabla 5-3:	Análisis de varianza para altura de la planta a los 109 DDT.....	50
Tabla 6-3:	Análisis de varianza para diámetro del pseudotallo (cm) a los 11 DDT	52
Tabla 7-3:	Análisis de varianza para diámetro del pseudotallo (cm) a los 53 DDT	52
Tabla 8-3:	Análisis de varianza para diámetro del pseudotallo (cm) a los 95 DDT	53
Tabla 9-3:	Análisis de varianza para diámetro del pseudotallo (cm) a los 109 DDT	54
Tabla 10-3:	Análisis de varianza para el peso total de plantas (g) a los 145 DDT.....	55
Tabla 11-3:	Análisis de varianza para el peso del bulbo (g) a los 145 ddt	57
Tabla 12-3:	Análisis de varianza para el diámetro polar (cm) a los 145 DDT	58
Tabla 13-3:	Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial (cm) a los 145 DDT	59
Tabla 14-3:	Análisis de varianza de la categoría grande	61
Tabla 15-3:	Análisis de varianza de la categoría mediana	63
Tabla 16-3:	Análisis de varianza de la categoría pequeña	63
Tabla 17-3:	Análisis de varianza para el rendimiento total (kg/ha).....	64
Tabla 18-3:	Análisis de varianza para el coeficiente relativo de agua (%), parte superior	66
Tabla 19-3:	Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca	66
Tabla 20-3:	Análisis de varianza para la huella hídrica (L/kg) a los 150 DDT.....	68
Tabla 21-3:	Análisis de varianza para la eficiencia de riego.....	70
Tabla 22-3:	Rentabilidad de los tratamientos.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Diseño de lisímetro tipo A	18
Figura 2-1:	Diseño de lisímetro tipo B.....	18
Figura 3-1:	Diseño 3D bloque de siete lisímetros de drenaje.....	19
Figura 1-2:	Diseño de la parcela.....	27
Figura 2-2:	Mantenimiento de los lisímetros y compactación del suelo.....	29
Figura 3-2:	Porcentaje de humedad	29
Figura 4-2:	Altura de la planta.....	30
Figura 5-2:	Diámetro del pseudotallo	31
Figura 6-2:	Días a la cosecha	31
Figura 7-2:	Días a la cosecha	32
Figura 8-2:	Materia seca de la planta.....	33
Figura 9-2:	Materia seca del bulbo	33
Figura 10-2:	Categorización del bulbo	34
Figura 11-2:	Recolección de hojas muestra	35
Figura 12-2:	Preparación del suelo	35
Figura 13-2:	Cálculo de la eficiencia.....	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Duración de la etapa de desarrollo	42
Gráfico 2-3:	Duración de la etapa intermedia.....	43
Gráfico 3-3:	Duración de la etapa final	44
Gráfico 4-3:	Duración del total del ciclo del cultivo.....	45
Gráfico 5-3:	Coeficiente del cultivo (kc) ajustado de cebolla mediante la metodología de lisímetría	46
Gráfico 6-3:	Coeficiente del cultivo (kc) ajustado de cebolla mediante la metodología de lisímetría	47
Gráfico 7-3:	Altura de la planta a los 109 días	51
Gráfico 8-3:	Diámetro del pseudotallo de la planta etapa final	54
Gráfico 9-3:	Peso total de la planta	56
Gráfico 10-3:	Peso del bulbo	57
Gráfico 11-3:	Diámetro polar	59
Gráfico 12-3:	Diámetro ecuatorial	60
Gráfico 13-3:	Categoría grande	62
Gráfico 14-3:	Rendimiento total	65
Gráfico 15-3:	Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca	67
Gráfico 16-3:	Huella hídrica.....	69
Gráfico 17-3:	Eficiencia de riego.....	70
Gráfico 18-3:	Lamina de riego	72

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** VOLÚMENES DE AGUA ALMACENADOS (EFICIENCIA DE RIEGO POR GOTEO)
- ANEXO B:** VOLÚMENES DE AGUA ALMACENADOS (EFICIENCIA DE RIEGO POR ASPERSIÓN)
- ANEXO C:** PRECIPITACIÓN DURANTE TODO EL CICLO DE CULTIVO (ESTACIÓN METEREOLÓGICA TUNSHI)
- ANEXO D:** EVAPOTRANSPIRACIÓN DURANTE TODO EL CICLO DE CULTIVO (ESTACIÓN METEREOLÓGICA TUNSHI)
- ANEXO E:** PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR GRAVEDAD
- ANEXO F:** PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO
- ANEXO G:** PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

RESUMEN

La presente investigación consistió en determinar el método de riego más eficiente en el cultivo de *Allium cepa* L. (cebolla) var. Burguesa y ajuste del coeficiente de cultivo (Kc) mediante lisimetría. A partir de un análisis de la eficiencia de aplicación de tres métodos de riego: aspersión, gravedad y goteo, se construyeron las curvas del Kc mediante la utilización de lisímetros de drenaje de acuerdo a las etapas fenológicas de la cebolla. Para cumplir con los objetivos planteados se consideró una metodología que se partió desde la preparación del suelo e instalación de los tres métodos de riego y calibración de lisímetros pasando por indicadores que evalúan la eficiencia del riego, estrés hídrico y ajuste del Kc; además, se evaluaron indicadores del cultivo de plántulas de cebolla colorada como fueron: altura de la planta, diámetro del pseudotallo, los días transcurridos hasta la cosecha, el rendimiento por categoría y por último el análisis económico que se aprecia con la relación beneficio/costo. Para determinar las diferencias entre los indicadores de cultivo establecidos se usó el programa Infostat para el análisis funcional y su debida prueba de Tukey al 5 %. Por último, se determinó la huella hídrica para realizar el análisis económico a través de la relación beneficio/costo. Se identificó que en los tres tratamientos de estudio se consiguieron coeficientes de cultivo ajustado semejantes para la cebolla colorada, los mejores valores los obtuvo la reposición de agua por goteo (T2) con Kc de: 0,6, 0,9, 1,3 y 0,8 para las etapas: inicial, de desarrollo, media y final, respectivamente. El método de riego por goteo tuvo un 92,29% de eficiencia, aspersión: 82,19% y gravedad: 51,28%; se recomienda validar los resultados del coeficiente de cultivo Kc bajo las condiciones edafoclimáticas del cantón Riobamba.

Palabras clave: <MÉTODOS DE RIEGO>, <COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc)>, <CEBOLLA (*Allium cepa* L.)>, <LISIMETRÍA>, <FENOLOGÍA>, <HUELLA HÍDRICA>.


D.B.R.A.I.
Ing. Cristian Castillo



1642-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The present investigation aimed to determine the most efficient irrigation method in the *Allium cepa* L. (onion) crop var. Burguesa and adjust the crop coefficient (Kc) by means of lysimetry. From an analysis of the application efficiency of three irrigation methods: sprinkling, gravity and drip, Kc curves were constructed using drainage lysimeters according to the phenological stages of onion. A methodology about soil preparation and installation of the three irrigation methods and lysimeter calibration by using indicators evaluating irrigation efficiency, water stress and Kc adjustment was used to get the objectives. In addition, red onion seedling crop indicators were evaluated such as: plant height, pseudotal diameter, days to harvest, yield per category and finally the economic analysis that is appreciated with the benefit/cost ratio. To determine the differences among the established crop indicators, the Infostat program was used for the functional analysis and its corresponding Tukey test at 5%. Finally, the water footprint was determined for the economic analysis through the benefit/cost ratio. It was identified that in the three study treatments similar adjusted crop coefficients were achieved for red onion, the best values were obtained by drip water replenishment (T2) with Kc of: 0.6, 0.9, 1.3 and 0.8 for the initial, development, middle and final stages, respectively. The drip irrigation method had 92.29% efficiency, sprinkling: 82.19% and gravity: 51.28%. It is recommended to validate the results of the crop coefficient Kc under the edaphoclimatic conditions of Riobamba canton.

Key words: <IRRIGATION METHODS>, <CROP COEFFICIENT (Kc)>, <ONION (*Allium cepa* L.)>, <LISIMETRY>, <PHENOLOGY>, <HYDRIC FOOTPRINT>.



ESTHELA ISABEL COLCHA GUASHPA

0603020678

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se conoce que en el planeta el agua es un recurso reducido que forma parte importante de la actividad agrícola, su adecuada administración tiene por consiguiente impacto directo en el rendimiento de los cultivos con la función de mejorar la calidad para exportación como para el consumo local aportando un beneficio económico a las regiones rurales, como lo indica Quispe et al. (2020, p. 291). La idónea dotación de agua en el proceso de riego no solo es determinante para el desarrollo de los cultivos, un mal riego puede de forma indirecta dañar la totalidad del suelo y ocasionar un ambiente propicio para el desarrollo y transmisión de patologías, contar con del recurso hídrico no asegura una eficiencia en su dotación, un sistema de riego con una idónea metodología evita los excesos y la deficiencia como lo indica López et al. (2015, p. 621).

En la investigación de Cuesta et al. (2015, p. 212), el riego en los cultivos es un medio eficaz para mejorar la producción y la productividad agrícola. A lo largo de la última década, el crecimiento de la producción de alimentos fue atribuido primordialmente a la extensión de las regiones bajo riego. Mendoza et al. (2016, p. 3), identificaron los riegos deficitarios pueden proporcionar retornos económicos por unidad de superficie, iguales o superiores que los riegos para máxima producción, lo que evidentemente indica eficiencias de uso de aguas también iguales o superiores.

El suministro de agua en el suelo, ya sea por riego, lluvia o flujos internos es indispensable para la emergencia, crecimiento, desarrollo y producción de las plantas, debido a que el agua desempeña varios papeles importantes en el desarrollo de las plantas (Villca, 2013, p. 41).

Lima (2019, p. 11), identificó que el riego de cebolla, establece que este cultivo es muy sensible a la humedad del suelo y que responde positivamente a umbrales altos de humedad. Además, que Romero (2019, p. 33), determinó que el agua es uno de los factores ambientales más importantes en la producción, cada cultivo presenta un consumo específico de agua que optimiza sus funciones metabólicas y favorece el crecimiento y producción. Por tanto, aplicar agua más allá de este consumo es desperdicio y reducción de otras oportunidades de uso, por tales consideraciones es de vital importancia definir una lámina adecuada de riego para el cultivo de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) que le permita incrementar sus características como su rendimiento.

PROBLEMA

Por lo cual esta investigación se desarrolla gracias a los bajos rendimientos del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) Var. Burguesa por el desconocimiento del método de riego más eficiente, y la carencia de información de coeficientes de cultivo Kc ajustada a el sector de análisis para la aplicación del riego en oportunidad y eficiencia. Entonces en este análisis se pretende que los agricultores usen el método de riego más eficiente, no solo para una mejor producción, sino que, además para no desperdiciar el recurso agua, y que los agricultores comprendan que, con lo necesario, se obtendrá una buena producción, y utilizando los Kc diarios obtenidos en este análisis, se aumente el rendimiento y la productividad.

El cultivo de cebolla es uno de los principales cultivos en la zona de Chimborazo y frecuentemente se usa el método de riego por gravedad que tiene una eficiencia del entre un 50 a 60%, mientras el riego por goteo y aspersión no son usadas con frecuencia por falta de información de los beneficios que otorgan al cultivo en rendimientos y aprovechamiento del agua en el sector.

JUSTIFICACIÓN

Para determinar la cantidad óptima de agua a aplicar durante el riego se deben conocer los requerimientos hídricos del cultivo, los cuales dependen de la interacción entre el clima (temperatura, velocidad del viento, radiación solar, humedad relativa y pluviometría), suelo (textura y propiedades físico-hídricas), y características propias de la planta (variedad, porcentaje de cobertura del cultivo, sistema radical, etc.) (Martínez, 2003, p. 101).

El riego está enfocado en reducir las pérdidas de agua y mejorar el suministro de agua a las plantas para un correcto desarrollo en su ciclo de cultivo, las precipitaciones no son suficientes para suplir las necesidades de agua de la planta, y que debe estar bien distribuida en la zona radicular en cantidades optimas y siempre disponible (Demin, 2014, p.24).

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el método de riego más eficiente en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) var. Burguesa y ajuste del (Kc) mediante lisimetría.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la eficiencia de aplicación de 3 métodos de riego aspersión gravedad y goteo.
- Construir curvas del Kc mediante la utilización de lisímetros de drenaje de acuerdo a las etapas fenológicas de la cebolla (*Allium cepa* L.) var. Burguesa.
- Determinar la huella hídrica.
- Realizar el análisis económico a través de la relación beneficio costo.

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS NULA

Ningún método de riego influye en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) var. Burguesa.

HIPÓTESIS ALTERNA

Al menos uno de los métodos de riego influye en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) var. Burguesa.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Recurso Hídrico

Según Olmos et al. (2018, p. 1), el agua que requieren los cultivos es aportada en forma natural por las precipitaciones, pero cuando ésta es escasa o su distribución no coincide con los períodos de máxima demanda de las plantas, es necesario aportarla artificialmente, es decir a través del riego.

Polón et al. (2018, p. 93), manifiestan que la agricultura es continuamente el más grande cliente de todos los recursos hídricos tomados en su grupo: la lluvia (agua verde) y el agua en los ríos, lagos y acuíferos (agua azul). Hablado sector absorbe en torno al 70% del consumo mundial, mientras tanto que al uso de la casa se destina 10% y a los usos industriales 21%. Medio consumo mundial del agua en la agricultura se pierde por evaporación e infiltración, aun cuando además se discute que la segunda no es plenamente pérdida.

El agua es de gran trascendencia para casi cada una de las ocupaciones económicas y procesos del medio ambiente. Varios usuarios, con diversos objetivos, tienen la posibilidad de usar el mismo caudal, y ya que los recursos hídricos permanecen físicamente conectados, mientras tanto que la utilización del agua acarrea muchas externalidades y la forma en que éstos son utilizados en un espacio perjudica a otros usuarios en otros sitios (Cano, 2018, p. 5).

1.1.1. Importancia del agua

Las tierras de regadío, que representan solamente un 20% de las tierras cultivables de todo el mundo, generan cerca del 40% del abastecimiento mundial de alimentos y el 60% de los cereales. Aun cuando es más beneficioso que la agricultura de secano, el riego ha pasado a ser objeto de estrecha vigilancia por su subjetivamente bajo rendimiento comparativamente con los recursos que usa (Martínez y Escobedo, 2015, p. 21). La creciente escasez de agua en muchas zonas impone a usar el agua en la agricultura de forma muchísimo más provechosa y a que se establezcan mecanismos de repartición del agua más transparentes entre los sectores, prestando particular atención a las necesidades ambiental (Mamani, 2015, p. 1).

1.1.2. Requerimientos de agua en el cultivo

Los requerimientos hídricos de los cultivos están sujetos a los factores climáticos, el consumo de agua de la especie vegetal y la etapa fenológica del cultivo, estos factores intervienen en el contenido de humedad que rodea a las raíces en el suelo, todos estos datos se usan en el método de balance hídrico donde se determina el contenido de agua necesario para el desarrollo de cultivo (Mossande et al., 2015, pp. 5-10).

En el estudio de Ávila y Rojas (2020, p. 27), identificaron que los requerimientos de agua en un cultivo corresponden al agua que usa la planta para realizar sus funcionalidades fisiológicas, incluyendo la que expulsa la planta por medio de las hojas, la que se pierde del suelo donde está el cultivo (evaporación) y el agua interceptada por el follaje. Además, Dublan (2018, p. 5), manifiesta que la elección de las necesidades de agua de los cultivos es el paso anterior para establecer los volúmenes de agua que será fundamental ofrecer con el riego. Entre los métodos investigados para predeterminar estas necesidades, quizás sean los más utilizados los que se basan en la evapotranspiración. El consumo de agua no solo depende del cultivo, sino de los restantes elementos climáticos, que se explica en la evapotranspiración.

1.2. Riego

Según Fortis et al. (2019, p. 329), para que el cultivo tenga un desarrollo óptimo, requiere de un cierto volumen de agua, el mismo que podría ser cubierto en ciertos sitios sólo con la lluvia y en otros se necesita complementarle con el riego. Sin embargo, no únicamente es necesario de determinada proporción de agua, sino que la aplicación de esta debería dosificarse correctamente a lo largo de la época que rige el periodo vegetativo, a partir de la siembra hasta la cosecha. Si el agua escasea a lo largo de períodos considerables, el rendimiento de los cultivos reduce proporcionalmente al déficit de humedad que padezcan, logrando llegar a marchitarse y fallecer prematuramente si la escasez de agua se extiende. Además, una vez que la proporción de agua es desmesurada y el sobrante no puede drenarse de forma fácil, la humedad impide la respiración de las raíces y el cultivo se ve perjudicado (Centurión y Flores, 2014, p. 28).

En riego, continuamente se tienen que minimizar las pérdidas de agua, realizando un uso más eficiente de la misma. La eficiencia de riego es la proporción de agua disponible para el cultivo que queda en el suelo luego de un riego, relacionadas al total del agua que se aplicó (Cerpa, 2018, p. 24).

1.2.1. El agua en el suelo

Según Funcia y Sánchez (2017, p. 69), una vez que el suelo se humedece por impacto de la lluvia o riego exuberante, el agua llenara todos los espacios porosos construyendo una cinta gruesa cerca de las partículas. Bajo estas condiciones está establecido un estado de saturación y por esto el agua no está poderosamente retenida a las partículas del suelo. Razón por la cual, el contenido de humedad o cantidad de agua que tiene o retiene una muestra de suelo se puede expresar en términos de masa o peso, volumen o lámina de agua.

Para lo cual hay que considerar la capacidad de campo, una vez que se otorgan las condiciones idóneas para que se efectúe un desagüe, comenzaran a vaciarse el agua contenida en los macroporos, empero aun de esta forma continúan llenos los poros capilares o microporos, este estado se llama capacidad de campo (Saud, 2012, p. 21). Luego hay que considerar la marchitez permanente que se alcanza una vez que el contenido de agua del suelo es tan bajo que las hojas de las plantas no se recuperan de la marchitez, aunque se sitúa en una atmosfera saturada, este punto se estima una constante del suelo y caria sutilmente con la función de la planta para absorber agua (Cerpa, 2018, p. 28). Por último, se considera el agua disponible en un intervalo comprendido entre la capacidad de campo (0,33 atm) y le punto de marchitez permanente (15 atm) lo conocemos como agua disponible o aprovechable (ACLO, 2020, p. 32).

1.2.2. Métodos de Riego

Los procedimientos de riego engloban las distintas maneras que hay de utilizar el agua al suelo (Centurión y Flores, 2014, p. 32). Han evolucionado de forma notable con la época, a partir de la ejecución del riego en las primeras culturas basándose en la observación de las crecidas y bajadas del grado del agua en los ríos y el funcionamiento conveniente del agua y el suelo, hasta los riegos plenamente tecnificados, controlados y automatizados que aprovechan el razonamiento existente actualmente de ciencias como la agronomía, hidráulica o la electrónica (Ávila y Rojas, 2020, p. 62). Estos pueden ser:

- Riego superficial o gravedad: El agua se distribuye por la superficie del campo por gravedad, esto es, a través de surcos, melgas, cuadros, terrazas, etc.
- Riego por aspersión: El agua se distribuye en forma de lluvia artificial a través de equipo especial de rociado.
- Riego por goteo: El agua se suministra en forma de gotas directamente a la zona radicular de cada planta.

- Riego subterráneo: El humedecimiento del suelo se hace mediante humidificadores colocados abajo de la planta, alrededor de a 40 - 45 centímetros. Además, puede regarse en forma subterránea, por medio del control de niveles freáticos, donde se conserva la humedad del lote en niveles deseados (Villca, 2013, p. 8).

1.2.3. Programación del riego

La técnica más amplia para hacer un conveniente desempeño del agua en la agricultura bajo riego es la programación de riego, la cual identifica el instante y la proporción de agua que se ha de dar al cultivo en cada riego y cuyo funcionamiento se puede hacer con base a diferentes criterios agronómicos (maximizar la producción total de la explotación agrícola, conseguir el más alto beneficio económico, etcétera.). La aplicación de esta técnica necesita de un entendimiento extenso de los componentes que condicionan los diversos procesos implicados (Aceldo, 2017, p. 6).

De acuerdo a Cisneros (2020, p. 66) cuando se refiere a programación de riego es necesario responder a las preguntas ¿Cuándo regar? ¿Cuánto regar? que básicamente es saber lamina de riego, frecuencias de riego y tiempos de riego. Existen algunos tipos de métodos de programación de riego donde se encuentra el método de balance hídrico y son necesarios para tener los mejores rendimientos en los cultivos.

1.2.3.1. Programación en tiempo real

Consiste en cubrir las demandas de agua del cultivo tomando datos de evapotranspiración del cultivo del último riego, sin tomar en cuenta el almacenamiento de agua en el suelo, se debe acompañar de los datos meteorológicos donde se considera el tanque evaporímetro tipo A y el coeficiente de cultivo (Kc).

1.2.4. Riego tecnificado

En Ecuador apenas el 13,8% del área bajo riego cuenta con riego tecnificado. Esta clase de tecnología posibilita a los pequeños agricultores optimizar la utilización del agua y proporcionar a los cultivos la porción elemental de forma eficiente para su desarrollo, reduciendo así el desperdicio de este importante recurso que es cada vez más poco (Vásquez, 2019, p. 9). La eficiencia provechosa del riego tecnificado se puede manifestar como la proporción de productos agrícolas logrados por cada metro cúbico aplicado de agua, el cual cambia por el tipo de cultivo, el clima, el costo de la producción obtenida y la proporción de agua usada (Sánchez y Pezzola, 2015, p. 3).

1.3. Coeficiente del cultivo (K_c)

Según Ibañez (2016, p. 24), un importante parámetro para el manejo del riego es el Coeficiente de cultivo (k_c), que integra en un solo valor la influencia real de la evaporación del suelo y la transpiración de un cultivo, en una relación con la evapotranspiración del cultivo de referencia (E_{To}), constituyendo una excelente herramienta para la planificación del riego y la programación de calendarios básicos de riego en períodos mayores a un día. Así mismo, Forero et al. (2015, p. 45), sugiere que el coeficiente de cultivo explica las variaciones de la proporción de agua que las plantas extraen del suelo mientras se van desarrollando, a partir de la siembra hasta la cosecha, por ser dependiente de las propiedades anatómicas, morfológicas y fisiológicas de la planta. El k_c cambia con el lapso de aumento de la planta y con el clima; por igual, es dependiente de la función de la planta para sustraer agua del suelo, según su estado de desarrollo vegetativo.

1.3.1. Cálculo del coeficiente de cultivo

Las diferencias en la anatomía de las hojas, propiedades de las estomas, las características aerodinámicas, e inclusive el albedo, provocan que la evapotranspiración del cultivo difiera de la evapotranspiración del cultivo de alusión bajo las mismas condiciones climáticas. Gracias a variaciones en las propiedades del cultivo, a lo largo de los diferentes períodos de incremento, para un definido cultivo (Collaguazo, 2014, p. 38). El Coeficiente de Cultivo (k_c) es el resultado de la relación entre la evapotranspiración de un cultivo durante una etapa definida con la evapotranspiración del cultivo de referencia, este parámetro se calcula con la siguiente fórmula (FAO, 2006, p. 196):

$$K_c = \frac{E_{tc}}{E_{to}} \quad \text{(Ecuación2)}$$

Donde

Etc= Evapotranspiración del cultivo

Eto= Evapotranspiración de referencia.

La finalidad principal del cálculo del coeficiente de cultivo en este estudio fue identificar el diseño y planificación, manejo, calendarios de riego, así mismo, el calendario de riego en tiempo real para aplicaciones no frecuentes de agua, debido a que las variaciones en las características propias del cultivo durante las diferentes etapas de crecimiento en el K_c que cambia durante la siembra hasta la cosecha (Cely, 2010, p. 23).

La curva generalizada del k_c , representa los cambios del coeficiente del cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento; la forma de la curva representa los cambios en la vegetación y el grado de cobertura del suelo durante el desarrollo de la planta y la maduración, los cuales afectan el cociente entre ET_c y ET_o . A partir de esta curva se puede derivar el valor del coeficiente k_c y en consecuencia el valor de ET_c , para cualquier período de la temporada de crecimiento (Paguay, 2017, p. 13).

1.3.2. Evaporación

La evaporación representa el paso del agua, del estado líquido al estado de vapor, sea cual fuere el área en la que se genere y requiere calor, fundamentalmente 600 calorías por gramo que, en la mayoría de los casos, es aportado por la energía radiante del sol (Brown et al., 2004, p. 720). Además, que la evaporación del agua depende del poder evaporante en cada punto en que se produce; pero también de la cantidad de agua en la superficie evaporante y estado de dicha agua, debido a que casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y sólo una pequeña parte se convierte en cierta medida de los tejidos vegetales (Castillo, 2013, p. 27). Mientras que la transpiración al igual que la evaporación directa, es dependiente del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la rapidez del viento. Por consiguiente, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento además tienen que ser considerados en su decisión (Andrade, 2018, p. 31).

1.3.3. Transpiración

Según Yepes y Silveira (2017, p. 214), una parte es la transpiración que forma parte de la evaporación del agua del área de la planta hacia la atmósfera o en los espacios intercelulares y luego por difusión por medio de las estomas hacia la atmósfera. Así mismo, que la transpiración foliar es dependiente de la demanda evaporativa de la atmósfera, que está en funcionalidad de la humedad relativa del aire, la temperatura ambiente y el viento. Una vez que esa demanda es mayor a la función de transpiración de la planta, se corre el peligro de deshidratación por pérdida de agua de constitución de las células. El exclusivo medio que dispone la planta para mantener el agua interior de sus células es cerrar sus estomas (Pérez, 2017, p. 38).

1.3.4. Evapotranspiración

En la investigación de Alegria (2016, p. 29), se identificó que la evapotranspiración es la pérdida total de agua de una cubierta vegetal bajo forma de vapor por medio de la evaporación y

transpiración a lo largo de un intervalo de tiempo dado. En consecuencia, existen factores afectan a la evapotranspiración como es el clima, las características del cultivo, el manejo y medio de desarrollo.

Los factores meteorológicos que determinan la evapotranspiración son los componentes del tiempo que proporcionan energía para la vaporización y extraen vapor de agua de una superficie evaporante (Collaguazo, 2014, p. 31). Mientras que las variables climáticas que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros. La fuerza evaporativa de la atmósfera puede ser expresada por la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o) (Chimborazo, 2015, p. 18).

1.3.5. Evapotranspiración de referencia (Eto)

Esta representa por una superficie de referencia como un pasto, sin restricción de agua y es independiente del suelo, desarrollo de cultivo y las prácticas de manejo, es por esto por lo que su única restricción son las condiciones meteorológicas. Como consecuente los valores de ET_o se obtienen de datos climáticos y son datos específicos de la región donde se las obtiene, es el método más eficiente por representar y abordar varios datos climáticos como velocidad del viento, evaporación, heliofanía y humedad relativa (Cerpa, 2018, p. 21):

$$E_{to} = E_v * K_p \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde:

E_{to}= evapotranspiración de cultivo de referencia (mm/día)

E_v= Evaporación acumulada (mm)

K_p= datos climáticos: humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s), barlovento

1.3.6. Evapotranspiración del cultivo (Etc)

Una vez que la evapotranspiración se crea sin ni una restricción de agua en el suelo se sabe cómo evapotranspiración del cultivo (ET_c) y corresponde a la proporción de agua que debería ser aportada al suelo estacionalmente por medio de lluvia o riego (Villca, 2013, p. 18). Este proceso es bajo en los primeros estados de la fase de aumento de la planta; aumenta mientras la planta crece en elevación y en área foliar, hasta conseguir un más alto en la fase de bulbificación y después reduce progresivamente hasta la fase de cosecha. Por consiguiente, la evapotranspiración del

cultivo (ETc) cambia básicamente conforme el estado fenológico del cultivo y el clima (Cerpa, 2018, p. 31). Este parámetro se calcula con la siguiente fórmula:

$$Etc = Eto * Kc \quad \text{(Ecuación4)}$$

Dónde:

ETc= Evapotranspiración del cultivo en mm/día

ETo= Evapotranspiración de referencia en mm/día

Kc= Coeficiente de cultivo (adimensional)

1.3.7. Medición de la Evapotranspiración

Valcarce (2020, p. 57), indicó en su investigación que hay una enorme proporción de procedimientos para estimar la evapotranspiración en los cultivos, clasificándolos en procedimientos directos e indirectos. Los directos otorgan información directa del total de agua solicitada por los cultivos por medio de la implementación de aparatos que dan valores bastante cercanos a la verdad y que a la vez sirven para ajustar procedimientos empíricos; entre ellos se hallan el gravimétrico y el lisimétrico. Los métodos indirectos otorgan una estimación del requerimiento de agua por medio de la utilización de fórmulas empíricas clasificándolos como climatológicos y micrometeorológicos. Mientras que Foster y Rovegno (2015, p. 17), aseguran lo hablado antes indicando que los procedimientos directos dan de manera directa el costo del consumo total del agua solicitada por las plantas, para lo cual se usan artefactos e aparatos en su decisión y que; los procedimientos indirectos otorgan un costo querido del agua solicitada por medio de todo el periodo vegetativo, por medio de la aplicación de fórmulas empíricas fundamentadas en datos climáticos.

1.4. Eficiencia de riego

1.4.1. Eficiencia de aplicación (Ea)

La eficiencia de aplicación de riego es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados (Demin, 2014, p. 3). Dependiendo del método de riego, se pueden producir grandes o pequeñas pérdidas durante la aplicación del agua al suelo. La Ea se define como la relación entre el volumen de agua almacenado en la zona de la raíz para uso consuntivo y el volumen total aplicado, es decir, la Ea

indica el porcentaje de agua aprovechado por el cultivo (FAO, 2006, p. 195). Además, que las tres eficiencias citadas la más difícil de evaluar es la eficiencia de aplicación (Ea). Según el método de riego se requiere utilizar diferentes metodologías. El grado de complejidad de estas técnicas aumenta cuando más tradicional es el método de riego. También se puede expresar en términos de lámina: lámina almacenada en zona de raíces (LZR) versus lámina total aplicada (LTA); o lámina neta (Ln) respecto de lámina bruta (Lb) (FAO, 2006, p. 197) y se utiliza la siguiente fórmula:

$$Ea = \frac{Ln}{Lb} \quad \text{(Ecuación5)}$$

Tabla 1-1: Eficiencia de aplicación de tres métodos de riego

Método de riego	Rango de eficiencia de aplicación en porcentaje
Riego por surcos	40 - 85
Riego por aspersión	50 - 90
Riego por goteo	65 - 95

Fuente: Demin, 2014

1.4.2. Riego por goteo

Según Liotta (2015, p. 5), los sistemas de riego por goteo permiten conducir el agua por medio de una red de tuberías y aplicarlas a los cultivos por medio de emisores que entregan pequeños volúmenes de agua de forma periódica, posibilita una repartición del agua localizada y con alta frecuencia. El sistema tiene una fuente de abastecimiento, cabezal principal, tuberías de conducción principal, cabezales de campo, tuberías terciarias y laterales de riego con emisores, así mismo, la cantidad de agua se ajusta en cantidad y oportunidad a la evapotranspiración de los cultivos, se evita la pérdida por conducción ya que el agua se deposita de forma directa en la planta alcanzando una eficiencia de 90% a 95%.

1.4.2.1. Especificaciones técnicas de los goteros auto compensados

Los goteros auto compensados mantienen un caudal uniforme aun cuando varía la presión el flujo es turbulento y en su interior tiene una membrana que de silicona (diafragma) que se deforma por la diferencia de presión de previamente y luego de la misma modificando el conducto de paso y manteniendo el caudal constante; dichos goteros permanecen espaciados comúnmente a 20 o 60 centímetros. Este diseño tiene parámetros que se deben considerar en el proceso, en los cuales se tiene; caudales de 2, 4 y 8,5 L/h, presión mínima 5 mca y presión máxima 35 mca (Regaber, 2017, párr. 1-3).

1.4.2.2. Cálculo de la eficiencia

Consiste en capturar el volumen de agua y caudales de algunos goteros en el área de riego para luego aplicar la fórmula (García, 2010, p. 30):

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \times 100 \quad (3) \quad \text{(Ecuación6)}$$

Donde:

CU: coeficiente de uniformidad

q_{25} : Caudal medio recibido por el 25% de las plantas que recibieron menos caudal

q_a : Caudal medio recibido por todas las plantas.

Tabla 2-1: Interpretación de CU

Coefficiente de uniformidad	Interpretación
90% a mas	Uniformidad excelente
80% a 90%	Uniformidad buena
70% a 80%	Uniformidad regular
Menos del 70%	Uniformidad inaceptable

Fuente: García, 2010

1.4.3. Riego por aspersión

El riego por aspersión es un procedimiento que distribuye el agua sobre la integridad del área del suelo a modo de lluvia, usando para eso una red de riego que posibilita conducir el agua con la presión idónea hasta los recursos delegados a aplicarla, los aspersores. La proporción de agua que se infiltra, va a ser más o menos homogénea según sean las propiedades físicas del suelo y las propias propiedades de manejo de los aspersores (Fernández et al., 2010, p. 5). Con este procedimiento se alcanzan eficiencias de aplicación entre 80 y 85% empero hace falta una alta inversión inicial de capital en los sistemas de repartición y aplicación más el precio de la mano de obra y el mantenimiento de los grupos, para lo cual se utiliza el diseño de contrabalanceo, con una sola parte móvil, tamaños de entradas M NPT o caudales (0.78 a 6.97 gpm 177 a 1583 L/hr), baja deriva por viento y baja pérdida por evaporación a bajas presiones (Senninger, 2012, p. 1).

1.4.3.1. Cálculo de la eficiencia

Es importante que el sistema de riego otorgue distribuya correctamente el agua en el área de cultivo, la uniformidad baja representa que en algunos sectores del cultivo no llega a suficiente agua por motivos de fallas en el diseño, para hacer las correcciones en el diseño se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se coloca vasos pluviométricos o normales de unos 12 cm de diámetro y bordes finos en el suelo del área que cubren los aspersores.
2. Poner en funcionamiento el riego con los aspersores, teniendo en cuenta que entre más tiempo los vasos recogen la lluvia más precisos serán los resultados.
3. Una vez terminado de regar, se miden el volumen captado por los vasos.
4. Se hace el promedio de los volúmenes recogidos de cada vaso (V_m).

Se hace el promedio de los volúmenes en la cuarta parte de los vasos que han recogido menos agua (V_{25}) (Fernández, 2010, p. 50).

Se utiliza la siguiente formula:

$$CU = \frac{V_{25\%}}{V_m} \times 100 \quad (3) \quad \text{(Ecuación7)}$$

1.4.4. Riego por gravedad o superficial

El riego superficial por gravedad se caracteriza por repartir el agua sobre el área del suelo, gracias a la acción de la fuerza gravitacional, el agua fluye por pequeños cauces, mojando únicamente una sección del lote, conduciendo un caudal que puede variar entre 0,3 y 3 L/s, según pendiente y textura del suelo, mientras que la eficiencia del riego en condiciones tradicionales puede ser de 40 a 70 % (Ibañez, 2016, p. 32).

1.4.4.1. Cálculo de eficiencia

Para medir la validez del sistema de riego es necesario aplicar algunas técnicas en campo y surcos, ya que no se puede medir directamente como en otros métodos de riego, por lo que es necesario medir la escorrentía y la percolación en los surcos (Fernández et al., 2010, p. 64).

$$Ef = 100 - \text{relación de escorrentia (\%)} - \text{relación de filtración (\%)} \quad \text{(Ecuación8)}$$

Relación de escorrentía: Se debe colocar aforadores en tres puntos del surco y medir el caudal de escorrentía entre ellos, luego se calcula relación de escorrentía (Fernández et al., 2010, p. 64).

$$\text{Relación de escorrentía} = \frac{\text{Volumen de escorrentía}}{\text{Volumen aplicado}} \times 100$$

$$V. \text{ de escorrentía (lt)} = Q. \text{ de escorrentía} \left(\frac{\text{lt}}{\text{seg}} \right) \times T. \text{ de escorrentía (min)} \times 60$$

$$V. \text{ aplicado (lt)} = \text{Caudal aplicado} \left(\frac{\text{lt}}{\text{seg}} \right) \times \text{tiempo de aplicación (min)} \times 60$$

(Ecuación9)

Relación de filtración: Es necesario medir la filtración del agua en el suelo para conocer si se está suministrando correctamente el agua en el sistema, para esto es necesario conocer el volumen de filtración profunda y el volumen aplicado (Fernández et al., 2010, p. 50).

$$\text{Relación de filtración} = \frac{\text{Volumen de filtración profunda}}{\text{Volumen aplicado}} \times 100$$

$$V. f. \text{ profunda} = V. \text{ infiltrado} - V. \text{ de agua requerido}$$

$$V. \text{ infiltrado} = V. \text{ aplicado} - V. \text{ de escorrentía}$$

$$V. \text{ requerido} = \text{altura requerida (mm)} \times \text{longitud de surcos(m)} \times \text{espaciamiento (m)}$$

(Ecuación10)

1.5. Diseño agronómico

Según Polón (2018, p. 95), esto radica principalmente en establecer las necesidades hídricas del cultivo, se calcula la proporción de agua que requiere el cultivo para su común desarrollo sin provocar un déficit hídrico, dependiendo principalmente de componentes edafológicos y climatológicos prácticamente y otros propios del cultivo.

1.5.1. Frecuencia de riego

Según Schulbach (1999, pp. 3-4) se calcula el número de días transcurridos entre dos riegos consecutivos y se lo puede estimar mediante:

$$FR = \frac{Ln}{ETc}$$

(Ecuación11)

Donde:

FR: frecuencia de riego (días)

Ln: lámina neta (mm)

ETc: evapotranspiración del cultivo (mm/día)

1.5.2. Lámina neta y bruta

La lámina neta es la cantidad de agua que está disponible para la planta en el suelo y se la calcula mediante:

$$L_n = \text{umbral} * A_u \quad \text{(Ecuación12)}$$

Donde:

L_n: lámina neta (mm)

Umbral: Umbral de riego

A_u: Agua útil o lámina total de agua disponible por las plantas en las raíces

Los valores de umbral representan la sensibilidad del cultivo al estrés hídrico y dependen del cultivo, para el caso de flores y hortalizas los valores están entre el 0,3 y 0,4, y para cultivos menos sensibles se puede asumir el 0,5 (León, 2012, pp. 49-50).

La lámina bruta de riego es la cantidad de agua que aplicaremos al cultivo y se resuelve mediante:

$$L_b = \frac{ET_c \times FR}{E_f} \quad \text{(Ecuación13)}$$

Donde:

L_b: lámina bruta de riego (mm)

FR: frecuencia de riego

ETc: evapotranspiración del cultivo (mm/día)

E_f: eficiencia de aplicación del agua (%) (León, 2012, pp. 49-50).

1.5.3. Volumen de riego

En áreas pequeñas se suele primero calcular el volumen de agua disponible y luego la superficie de riego, cuando las áreas son mayores a la hectárea se hace lo contrario por lo que es necesario aplicar técnicas y fórmulas para estimar el volumen de riego (Chow, 2014, p. 3).

$$V = L_b * \text{área} \quad \text{(Ecuación14)}$$

Donde:

V: volumen de riego

Lb: lámina bruta

1.6. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico se basa en decidir las magnitudes de los diferentes elementos del sistema de tal forma que funcione correctamente con elevados niveles de uniformidad. El dimensionamiento del sistema está definido por las condiciones de operación previstas, en funcionalidad de las propiedades de la topografía, el suelo y el cultivo (Lima, 2019, p. 19).

1.7. Lisímetros de drenaje

Un lisímetro es un gran recipiente que engloba una cierta cantidad de suelo con área sin ropa o con una cubierta vegetal, localizado en campo para exponer condiciones naturales y que se usa para decidir la evapotranspiración de un cultivo en aumento, de una cubierta vegetal de alusión, o la evaporación de un suelo sin ropa (Cano, 2018, p. 18). Además, los lisímetros son tanques aislados llenados con suelo disturbado o no disturbado en los cuales el cultivo crece y se realiza. En lisímetros de pesaje de exactitud, la evapotranspiración se puede obtener con una precisión de centésimos de milímetro, donde la pérdida de agua es medida de manera directa por el cambio de masa y períodos pequeños como por ejemplo una hora tienen la posibilidad de ser considerados (Castillo, 2013, p. 36). En lisímetros de drenaje, la evapotranspiración es medida por un lapso dado, restando la proporción de agua de drenaje, recogida en el fondo de los lisímetros, de la porción total de agua ingresada. Un requerimiento de los lisímetros es que la vegetación dentro y de inmediato fuera del lisímetro sea idéntica (Cely, 2010, p. 27).

1.7.1. Lisímetro Tipo A

El lisímetro tipo A tiene forma prisma pentagonal con las siguientes dimensiones:

Ancho: 1.97 m

Largo: 2.49 m

Profundidad inicial: 0.60 m

Profundidad de zonas de drenaje: 1.10 m

El desnivel de profundidades tiene como objetivo de provocar el drenaje correspondiente, en la profundidad de zona de drenaje se coloca una tubería de 50 mm de material PVC acompañado de una válvula de bola de 50 mm de material PVC (Figura 1-1).

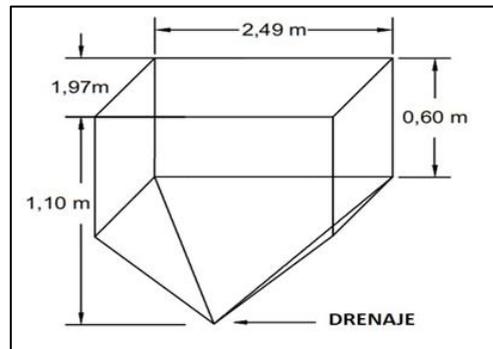


Figura 1-1. Diseño de lisímetro tipo A

Fuente: Salazar, 2020

1.7.2. Lisímetro Tipo B

El lisímetro tipo B tiene forma prisma trapezoidal con las siguientes dimensiones:

Ancho: 1,97 m

Largo: 2,49 m

Profundidad inicial: 0,60 m

Profundidad de zonas de drenaje: 1,10 m

El desnivel de profundidades tiene como objetivo de provocar el drenaje correspondiente, en la profundidad de zona de drenaje se coloca una tubería de 50 mm de material PVC acompañado de una válvula de bola de 50 mm de material PVC (Figura 2-1).

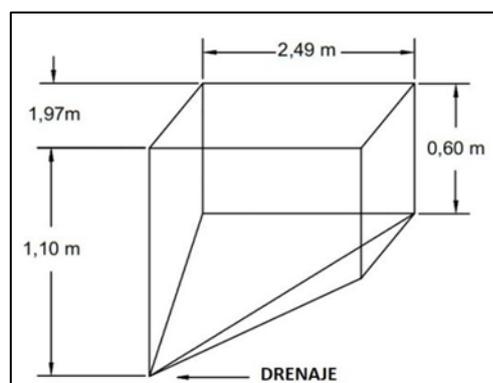


Figura 2-1. Diseño de lisímetro tipo B

Fuente: Salazar, 2020

Con el diseño de los dos tipos de lisímetros se procedió a formar el bloque de siete lisímetros con las siguientes características (Figura 3-1).

Lisímetro 1: Tipo B

Lisímetro 2: Tipo A

Lisímetro 3: Tipo B

Lisímetro 4: Tipo B

Lisímetro 5: Tipo A

Lisímetro 6: Tipo B

Lisímetro 7: Tipo A

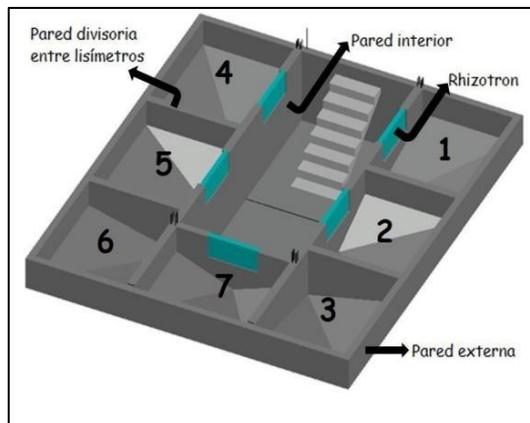


Figura 3-1. Diseño 3D bloque de siete lisímetros de drenaje.

Fuente: Salazar, 2020

La división entre cada lisímetro y la pared interna del bloque con un espesor de 0.17 m y la pared externa del bloque con un espesor de 0.15 m.

Se diseñó un marco metálico de dimensiones 1.1 m por 0.5 m con doble entrada, en entrada interior se colocará vidrio templado de 10 mm, en la entrada exterior se colocará geomembrana de 1000 micras de espesor con dimensiones de 1.1 m por 0.5 m, estos marcos se ubicarán en la parte frontal interna de los lisímetros 1, 2, 4, 5 y 7.

Para ingresar al cuarto de observación se diseñaron gradas con dimensiones de 0.3 m por 1 m con una altura de 0.2 m.

Se diseñó 7 depósitos de drenaje de vidrio cubierto con estructura metálica con dimensiones de 0.5 m por 0.5 m por 0.4 m, acompañada en el lado derecho con una regleta metálica para determinar la altura o la lámina de agua drenada.

1.8. Huella hídrica

Según Tambo (2016, p. 34), el concepto mencionado anteriormente la huella hídrica es un volumen de agua que de manera directa o indirecta es consumido en la producción de diferentes frutos, hortalizas, verduras, etc., durante todas sus fases fenológicas. Este indicador multidimensional indica todo el volumen de consumo de agua de acuerdo al origen y su nivel de contaminación.

La huella hídrica es un indicador que estima el volumen de agua dulce consumida en un determinado objeto o producto en un lugar en específico y se puede clasificar en colores como verde, azul y gris (Rendón, 2015, p. 35); es útil para analizar los recursos hídricos, la disponibilidad y el uso del agua, puede ayudar a calmar los escases de agua en estudios de ahorro del recurso en sectores áridos y de poca disponibilidad de agua, pero también expone la dependencia del agua en la fabricación de bienes o servicios (Tolón et al., 2013, pp. 57-58).

1.9. Cultivo de cebolla

La cebolla es un cultivo bianual, su origen primario se halla en el continente asiático central, y como centro secundario el Mediterráneo, forma parte del núcleo familiar *Liliaceae*, su nombre científico es *Allium cepa L.*, hoy se cultiva extensamente internacionalmente, como especie anual, para el consumo de sus bulbos frescos, en mantiene o deshidratados (Andrade, 2018, p. 30).

Según Daza et al. (2017, p. 513), las características botánicas de la cebolla perla se consideran como una planta bienal, algunas veces vivaz, de tallo limitado a una plataforma que da sitio por abajo a varias raíces y encima a hojas, cuya base carnosa e hinchada constituye el bulbo. Las características de esta planta son las siguientes:

Bulbo. El bulbo se compone por varias capas gruesas y carnosas al interior, que hacen funcionalidades de reserva de sustancias nutritivas primordiales para la ingesta de alimentos de los brotes, y permanecen recubiertas de membranas secas, delgadas y transparentes, que son la base de las hojas. La parte longitudinal muestra un eje caulinar denominado cormo, cónico, provisto en la base de raíces fasciculadas (Mamani, 2015, p. 15).

Pseudotallo. El tallo es bastante rudimentario y diminuto, debido a que alcanza solo unos milímetros de longitud, realmente se denomina falso tallo al grupo de hojas que conforman el punto apical. El tallo de la planta está limitado a un disco basal, a partir del cual salen las hojas

para conformar el bulbo, en el que las hojas más viejas rodean a las más novedosas y conforman una cubierta defensora del color característico de la diversidad (Cano, 2018, p. 10).

Hojas. La planta de cebolla está conformada por hojas de manera cilíndrica, huecas y demostrando fibras longitudinales; las cuales en la parte inferior conforman un bulbo que es el resultado de la acumulación de recursos alimenticios. Las hojas van en número de 4 a 7 con un extenso de 45 –70 centímetros (Quesada, 2017, p. 67).

Flores. Según Daza et al. (2017, p. 514), son pequeñas, verdosas, blancas o violáceas, que se agrupan en umbelas y se hallan finalmente de un escapo extenso y hueco.

Semilla. La semilla es de color negro, anguloso, aplastado y rugoso. Un gramo contiene entre 250- 300 semillas y la densidad de ésta es de 0,5 g/cm³ (Martínez y Escobedo, 2015, p. 25).

1.9.1. Etapas fenológicas

Según la sucesión de fenómenos que entienden el aumento y desarrollo de la cebolla de bulbo, puede decirse que muestra las próximas etapas fenológicas primordiales son la emergencia ocurre cuando la raíz principal crece hacia abajo y el cotiledón se elonga (Centurión y Flores, 2014, p. 38). Después aparece la primera hoja verdadera que crece dentro del cotiledón y emerge a través de él; simultáneamente se presenta el crecimiento de las raíces adventicias en la base del tallo. Luego aparece la plántula que se caracteriza por la formación de nuevas hojas y raíces adventicias y la diferenciación del pseudotallo. Mientras que la iniciación de la formación del bulbo donde algunas hojas modifican sus vainas envolventes para recibir fotosintetizados y así aumenta el diámetro del pseudotallo (Cerpa, 2018, p. 34). En esta fenofase comienza la translocación intensa de carbono asimilado, el cual se utiliza para almacenamiento y crecimiento del bulbo, pues éste empieza a ser el principal sitio de recepción y utilización de los compuestos asimilados. Por consiguiente, aparece el máximo desarrollo vegetativo que comprende desde la iniciación hasta la terminación del llenado del bulbo; durante esta fase fenológica, las plantas logran la mayor expresión de los parámetros área foliar y peso seco de las hojas. Por último, se da la terminación del llenado del bulbo donde la planta entra en senescencia (Vargas, 2008, p. 11).

1.9.2. Características del cultivo burguesa

Según Mendoza et al. (2016, p. 4), la cebolla híbrida de día corto que crea bulbos de manera semiachatado, siendo su característica primordial el centro exclusivo. Tiene tolerancia a raíz

rosada y *Fusarium*. Apta para climas fríos como cálidos. Ideal para la exportación por su capacidad de almacenaje, el tipo hídrico de cebolla roja para días cortos muy precoz se considera el periodo vegetativo a partir de una siembra con transplante de 40 a 45 días y una cosecha de 95 a 105 días. En el caso de los bulbos hay que considerar que la cebolla tiene un color rojo de forma globo achatada, con un tamaño de 75 a 95 mm de diámetro y pungencia media (Aceldo, 2017, p. 33). Mientras que la tolerancia de resistencia es de raíz rosada y buena media a *Fusarium*. Esta posee un excelente color rojo intenso exterior y su color interior es bien definido. Muy buena adaptabilidad tanto en climas fríos como en climas cálidos (Centurión y Flores, 2014, p. 40).

1.9.3. Requerimientos de cultivo

En el caso del suelo preferido, suelos francos bien drenados, sin embargo, puede sembrarse en cualquier tipo de suelo, constantemente y una vez que se le den las condiciones para no padecer de encharcamiento, que es su más grande problema (Calderón, 2014, p. 17). En el caso del clima Se desarrolla mejor en temperaturas frescas que van desde los 13 a los 24 grados centígrados, y a una altura de 500 a 1,800 metros sobre el nivel del mar. Mientras que la precipitación no tolera excesos de agua; se produce en zonas con una precipitación que va entre los 500 y 1200 mm/año, además que la cebolla se acomoda a diversos tipos de temperatura; realiza bien en climas cálidos, templados y fríos, entendidos entre los 50 y 300 m. de elevación; produciéndose mejor en altitudes arriba de los 900 msnm., con ambiente seco y luminoso; temperatura ambiental entre los 18 y los 25°C (Chimborazo, 2015, p. 22). Las condiciones ideales para el cultivo de la cebolla son temperaturas frescas se otorgan a lo largo de la fase inicial del cultivo (11-22°C) y temperaturas cálidas a lo largo de la madures (13-24°C). Por consiguiente, las temperaturas optimas fluctúan en medio de las 12-24°C. Por último, en la fertilización Lo primero que se debería realizar, es hacer muestreo de suelo, y enviarlo al laboratorio para su respectivo estudio, y de esta forma obtener datos confiables del estado generalmente de aquel suelo (disponibilidad de los recursos, pH, salinidad, materia orgánica, conductividad eléctrica, C.I.C., etcétera.). Con base a los resultados del estudio del suelo y los requerimientos del cultivo, tendremos la posibilidad de calcular la proporción de fertilizantes a utilizar por unidad de área (Ávila y Rojas, 2020, p. 53).

1.9.4. Requerimientos nutricionales

Una producción de 35 t/ha de cebolla extrae alrededor de: 128 kg/ha de N, 24 kg/ha de P, 99 kg/ha de K, 28 kg/ha de Ca y 6,3 kg/ha de miligramo. Un desbalance en cualquier persona de los nutrientes afecta en la calidad y no en el rendimiento total, por esta razón los nutrientes no tienen que faltar en una estrategia de fertilización. El requerimiento nutricional en el cultivo de la cebolla

es: nitrógeno (N) 170 kg/ha, fósforo (P_2O_5) 85 kg/ha, potasio (K_2O) 177 kg/ha, magnesio (Mg O) 35 kg/ha, azufre (S) 30 kg/ha y zinc (Zn) 3,6 kg/ha (Cely, 2010, p. 27).

Riego: Esta hortaliza pertenece a los cultivos exigentes en riegos debido principalmente al exuberante y superficial de su sistema radicular, por esa razón una vez que la provisión de agua es poca los bulbos reducen de tamaño, es de esta forma que se ha llegado a decidir que los rendimientos de cebolla permanecen relacionadas directa con el riego proporcionado al cultivo (Lima, 2019, p. 21). Según Polón (2018, p. 95), el riego inmediato desde el trasplante es vital, no obstante, unos 20 días anterior a la cosecha se debería suspender. El exceso de riego además puede producir una reducción de la producción. La frecuencia de riego es dependiente de la edad de cultivo, y estación, en verano, de esta forma los 8 primeros días se debería ofrecer riegos cotidianos y después pasando un día hasta que la sexta semana se habrá de dosificar 2 veces por semana.

Deshierbas: La cebolla colorada al ser un cultivo de lento aumento y exponer raíces superficiales, poco follaje es bastante sensible en lo cual tiene relación con la competencia por agua, luz y nutrientes, por ello se necesita conservar limpia la plantación de malezas; además con esta medida se disminuye la incidencia de patologías (Centurión y Flores, 2014, p. 43).

En el caso de las plagas existen varios tipos de insectos plaga que inciden en los problemas de producción de la cebolla. Además, de enfermedades presentadas comúnmente en el cultivo de cebolla colorada son causadas en su mayoría por hongos y el rendimiento del cultivo de cebolla colorada variedad burguesa alcanza los 43304,73 kg/ha (Foster y Rovegno, 2015, p. 15).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Características del sitio de estudio

2.1.1. Localización

La presente investigación se realizó en el Centro experimental del riego (CER) perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la Parroquia Licto en el Cantón Riobamba de la Provincia de Chimborazo.

2.1.2. Ubicación geográfica

Altitud: 2821 m.s.n.m

Latitud: 1°39'18,82''S

Longitud: 78°40'39.99'' (Salazar, 2020, p. 31).

2.1.3. Condiciones climáticas

Precipitaciones: 350 mm/año

Temperatura: 13.5 °C

Humedad relativa: 66.4% (Salazar, 2020, p. 31).

2.1.4. Clasificación ecológica

La localidad se encuentra clasificada como estepa espinosa Montano Bajo (EEME).

2.2. Materiales y equipos

2.2.1. Material vegetativo

En este estudio el material vegetativo que se utilizó fueron plántulas de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) var. Burguesa, para aprovechar los primeros estados de desarrollo de la planta, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas, así mismo fue posible reconocer las plántulas de las malas hierbas al menos a nivel de género.

2.2.2. Material y equipos de campo

En el estudio de campo fueron fundamentales los equipos para cultivar, para lo que se consideró que el material vegetativo este en excelentes condiciones. Para lo cual se utilizó un tractor, azadones, baldes, estacas, piolas, rastrillos, tuberías, sistema de riego aspersión y goteo, fungicidas, plaguicidas, estufa, recipientes metálicos, tensiómetros, lisímetro.

2.2.3. Materiales de oficina

Los materiales que fueron esenciales en la investigación y que compartieron una función fundamental en tiempos de pandemia fueron la computadora, internet, impresora, cuaderno de campo y calculadora.

2.3. Métodos

2.3.1. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó en esta investigación fue de DCA con tres tratamientos de estudio (riego por goteo, aspersión y gravedad), cada uno con sus tres repeticiones, dentro de estas cada repetición con su parcela neta, donde se tomó 10 plantas al azar para su estudio. Luego se realizó el análisis funcional a partir del programa de Infostat con un a prueba de Tukey al 5% de significancia al existir una diferencia significativa entre los tratamientos. Para la realización de este diseño de estudio fue importante considerar las especificaciones de campo que se indican en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Características del campo experimental

Descripción	Unidad
Forma de la parcela	Rectangular
Área total	4000 m ²
Numero de tratamientos	3
Numero de repeticiones	3
Largo de la parcela	100 m ²
Ancho de la parcela	40 m ²
Largo de las subparcelas	40m
Ancho de las subparcelas	30m
Número de unidades experimentales	9
Número de plantas a evaluar por repetición	10
Número de plantas a evaluar por tratamiento	30
Número de plantas a evaluar en el ensayo	90
Distancia de siembra entre surcos	0,4 m
Distancia de siembra entre planta	0,20 m
Densidad total de plantas	50 000plt

Realizado por: Morocho, 2022

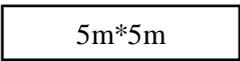
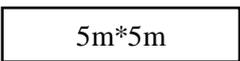
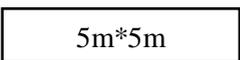
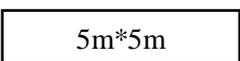
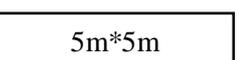
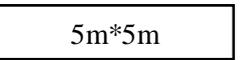
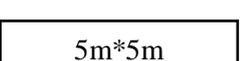
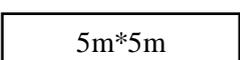
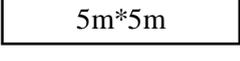
		40m		
30m	10m	Repetición 1	 Parcela neta	Tratamiento 1 Gravedad
	10m	Repetición 2	 Parcela neta	
	10m	Repetición 3	 Parcela neta	
30m	10m	Repetición 1	 Parcela neta	Tratamiento 2 Goteo
	10m	Repetición 2	 Parcela neta	
	10m	Repetición 3	 Parcela neta	
30m	10m	Repetición 1	 Parcela neta	Tratamiento 3 Aspersión
	10m	Repetición 2	 Parcela neta	
	10m	Repetición 3	 Parcela neta	

Figura 1-2. Diseño de la parcela

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.2. Ajuste del coeficiente de cultivo

2.3.2.1. Calibración de los lisímetros de drenaje

Los lisímetros de drenaje constan de 3 repeticiones para determinar la evapotranspiración del cultivo (Etc) y un lisímetro adicional para determinar evapotranspiración de referencia (Eto), cada uno con dimensiones de 2,49 m de largo y 1,97 de ancho, consta de 4 capas donde las 3 primeras de 20 cm, cada una rellena de suelo y 50 cm al fondo compuesta por canto rodado para facilitar el drenaje.

Las 3 primeras capas simulan las condiciones edáficas de un suelo sin disturbar como la fertilidad, compactación, aireación, textura, etc.

Con el objetivo de obtener las condiciones de aireación y compactación adecuadas en los lisímetros, se procedió a medir la compactación de en diferentes zonas de cada tratamiento al azar con la ayuda del penetrómetro teniendo una media de 520 Newton y se procedió a compactar con esta misma medida cada lisímetro.

Para conocer el volumen de agua a aplicar en cada lisímetro en el primer riego se aplicó la formula desarrollada por (Salazar, 2020, p. 96).

$$VCC = \frac{CC - CAS}{100} \times Z \times \frac{Dap}{pw} \times AL \dots (16)$$

Donde:

VCC: volumen a capacidad de campo (m³)

CC: Valor de capacidad de campo (%)

CAS: Contenido de agua en el suelo (%)

Z: Profundidad de capa (m)

Dap: Densidad aparente de la capa del suelo (gr/cm³)

pw: densidad del agua (gr/cm³)

AL: área del lisímetro (m²)

A cada valor obtenido se le adiciona el 25% o 50% adicional para provocar drenaje.



Figura 2-2. Mantenimiento de los lisímetros y compactación del suelo

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.2.2. Contenido de humedad del suelo (%)

Mediante el método gravimétrico mencionado por León (2012, p. 48), se recolectan muestras de suelo a los 30 cm de profundidad, se obtienen pesos de la muestra húmeda y se procede a meter en la estufa a una temperatura de 105°C por 24 horas para luego aplicar la fórmula:

$$\%H = \frac{PSH - PSS}{PSS} \times 100 \dots (1)$$

Donde:

%H: porcentaje de humedad

PSH: peso del suelo húmedo

PSS: peso del suelo seco



Figura 3-2. Porcentaje de humedad

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.2.3. Ajuste del K_c

Una vez adecuados los lisímetros de drenaje se proceden a aplicar la metodología para determinar la E_{tc} y E_{to} mencionada por (Salazar, 2020: p. 97).

$$E_{to} \text{ ó } E_{tc} = \frac{\text{agua agregada por riego o precipitaciones} - \text{agua drenada en el periodo de analisis}}{\text{Numero de días que hay de un riego a otro}} \dots (17)$$

El coeficiente de cultivo se obtendrá mediante la ecuación descrita por (León, 2012: p.48):

$$K_c = \frac{E_{tc}}{E_{to}} \dots (18)$$

Donde:

K_c = coeficiente de cultivo

E_{tc} = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

E_{to} = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

2.3.3. Métodos de evaluación

Para la evaluación de los parámetros se determinó la parcela neta en cada una de las repeticiones en donde se identificaron a diez plantas tomadas al azar a las cuales se realizó las mediciones respectivas, para lo cual se consideraron los siguientes parámetros biométricos.

2.3.3.1. Altura de la planta (cm)

Se utilizará una cinta métrica para medir desde la base del pseudotallo hasta la parte más alta de la planta, este registro se va a realizar cada 20 días después del trasplante (ddt) hasta el momento de la cosecha.



Figura 4-2. Altura de la planta

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.3.2. *Diámetro de pseudotallo (mm)*

Se utilizará un calibrador manual marca KYOTO este dato se registró en la base del pseudotallo, cada 20 días después del trasplante (ddt) hasta el momento de la cosecha.



Figura 5-2. Diámetro del pseudotallo

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.3.3. *Días a la cosecha*

Se contabilizarán los días transcurridos desde el momento del trasplante hasta el 75% pseudotallos doblados en la parcela neta.



Figura 6-2. Días a la cosecha

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.3.4. Conductancia estomática

Se realizará mediante la utilización del porómetro de hoja, que mide la apertura estomática en este caso antes y después del riego en cada método de riego. Donde en empleo la siguiente metodología descrita en el CER.

1. Se empieza haciendo una calibración del porómetro de hoja con el fin de reducir la humedad relativa acumulada en la cámara de difusión.
2. La calibración se la realiza según en manual de instrucciones del equipo y es importante hacerla cada vez que se hacen las lecturas en campo.
3. Se reemplaza el disecante que se encuentra en la cámara de lectura y luego nos dirigimos al menú de opciones del porómetro para seleccionar “Calibración”
4. Se agita la cámara hasta que la humedad relativa este por debajo del 10%.
5. Una vez la humedad sea menor al 10% se coloca inmediatamente la cámara sobre la hoja para tomar la lectura de la conductancia estomática.
6. La lectura no dura más de 30 segundos y en necesario agitar la cámara por cada lectura que vamos a realizar.



Figura 7-2. Días a la cosecha

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.3.5. Materia seca de la planta (%)

Se determinará usando la metodología descrita por Bonierbale et al. (2010, p. 25), para lo cual fue necesario recoger las plantas seleccionadas por cada tratamiento, etiquetarlas y llevarlas al laboratorio del CER.

Se separó los bulbos de las plantas en cada muestra, para luego pesarlas y obtener el peso húmedo, luego se colocó en la estufa a una temperatura constante de 105 °C por 24 horas, luego se retiró y peso las muestras obteniendo así el peso seco para luego aplicar la fórmula:

$$\% \text{ de materia seca} = (\text{Peso de materia seca} / \text{Peso de materia húmeda}) \times 100$$



Figura 8-2. Materia seca de la planta

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.3.6. *Materia seca del bulbo (%)*

Se aplicará la misma metodología realizada para la materia seca de la planta y aplicando la fórmula de Bonierbale et al., (2010, p. 25), con la diferencia de que se utilizó los bulbos separados de las plantas muestras, troceándolos para facilitar la pérdida de humedad.



Figura 9-2. Materia seca del bulbo

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.3.7. Rendimiento por categoría (Kg/ha)

Se considerará el peso en kg de los bulbos que conformaron la parcela neta, según el diámetro ecuatorial del bulbo especificado en la siguiente tabla (Tacuri, 2016):

Tabla 2-2: Clasificación de la cebolla de acuerdo con el diámetro ecuatorial

Tipo (Tamaño)	Diámetro (mm)	
	Mínimo	Máximo
I (Grande)	≥ 70	
II (Mediano)	60	69
III (Pequeño)		≤ 50

Fuente: Tacuri, 2016



Figura 10-2. Categorización del bulbo

Realizado por: Morocho, 2022

2.3.3.8. Contenido relativo del agua (WRC)

El contenido relativo de agua se obtendrá al final del ciclo de cultivo, para lo cual se seleccionaran hojas del tercio medio de las plantas muestra, se empleó un sacabocado #4 para retirar una submuestra de la parte central de la hoja para pesar y obtener el peso fresco, luego se colocará cada muestra en una caja Petri con agua destilada por 12 horas, después de este lapso de tiempo se pesará y se obtendrá el peso turgente y para finalizar se colocarán las submuestras en la estufa a una temperatura de 65 °C por 48 horas, y así se obtendrá el tercer peso que es el seco. Una vez obtenidos los pesos se aplicará la fórmula descrita por Gaibor (2019, pp. 45-46) donde WRC es igual a:

$$\% WRC = \frac{\text{Peso fresco} - \text{Peso seco}}{\text{Peso turgente} - \text{Peso seco}} \times 100$$



Figura 11-2. Recolección de hojas muestra

Realizado por: Morocho, 2022

2.4. Manejo de ensayo

2.4.1. Preparación del suelo

Se aplicarán herbicidas de contacto para eliminar las malezas de hoja ancha y angosta presentes en el suelo, donde posteriormente se tractorará con pases de arado y rastra para la remoción del terreno.



Figura 12-2. Preparación del suelo

Realizado por: Morocho, 2022

2.4.2. Surcado y trasplante

Cuando el terreno esté sin presencia de malas hierbas vivas y removido correctamente, se procederá a realizar el surcado manual y mecánico con el tractor considerando 0.50 m entre surcos. Posteriormente se aplicará un riego abundante un día antes de la siembra para facilitar el trasplante de plántulas de cebolla (*Allium cepa* L) var. Burguesa.

2.4.3. Delimitación de parcelas en cada tratamiento

Luego de una semana de haber realizado el trasplante, se procederá a medir y delimitar las parcelas de los tres tratamientos (Aspersión, Goteo y Gravedad), donde cada uno tuvo un área de 1200 m² (Parcela bruta), se realizaron 3 repeticiones en cada tratamiento con 25 m² cada una (Parcela neta), dando un total 9 unidades experimentales. En cada unidad experimental se seleccionaron 10 plantas al azar (Plantas muestra) para realizar las evaluaciones periódicas según la duración del ensayo.

2.4.4. Determinación de láminas y frecuencias de riego

Para la determinación de láminas de riego se utilizó “CALENDARIO DE RIEGO” donde se tomó en cuenta la evapotranspiración del cultivo (Etc) obtenidos en los lisímetros de drenaje, para luego trasladarlos a un calendario de riego donde consideramos el área de los tratamientos, el caudal de ingreso, tipo de emisores y tipo de sistema de riego (ANEXOS J, K y L).

Con la finalidad de conocer el momento indicado para regar fue necesario instalar tensiómetros en cada tratamiento, para calibrar el tensiómetro se instaló uno en cada método de riego para luego tomar la lectura 12 horas después, luego de este tiempo se obtiene el porcentaje de humedad en el suelo en ese momento, conocidos los valores de la humedad del suelo y del tensiómetro se los relaciono para reconocer el estado hídrico del suelo, ya sea capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

2.4.5. Instalación del sistema de riego

Para la instalación del sistema de riego fue necesario el diseño agronómico y diseño hidráulico que determinará la distribución de las tuberías y distanciamientos de cada uno de ellos. Para lo cual se consideró un diseño agronómico a partir de las fórmulas que están ilustradas en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Formulas usadas para el diseño agronómico

Parámetro	Ecuación	Descripción
Agua útil	$AU = (CC - PMP) * DA * Z$	<p>Au: agua útil o lámina total de agua disponible en la zona radicular. (mm)</p> <p>Z: profundidad de la zona radicular. (mm).</p> <p>Cc: contenido de humedad a capacidad de campo (m/m³).</p> <p>Pmp: contenido de humedad a punto de marchitez permanente (m³/m³)</p> <p>Da: densidad aparente del suelo (gr/cm³).</p> <p>Au: agua útil disponible para las plantas en la zona radicular. (mm).</p>
Lámina neta	$Ln = umbral * Au$	<p>Umbral: umbral de riego (fracción)</p> <p>Ln: lámina neta. (mm)</p>
Frecuencia de riego	$FR_{max} = \frac{Ln}{ETc}$	<p>FR_{mzx}: frecuencia de riego máxima (días).</p> <p>Ln: lámina neta (mm).</p> <p>Etc: evaporación del cultivo (mm/día).</p> <p>Lb: lámina bruta.</p>
Lámina bruta	$Lb = \frac{ETc * FR}{Ef}$	<p>Etc: evaporación del cultivo (mm/día)</p> <p>Fr: frecuencia d riego (días).</p> <p>Ef: eficiencia de aplicación del agua (fracción).</p>
Volumen de riego	$VR = Lb * Area$	<p>Vr: volumen de riego</p> <p>Lb: lámina bruta de riego</p> <p>Área cultivada (m²)</p>

Fuente: León, 2012

2.4.6. Estimaciones de huella hídrica

Una vez culminada la investigación se procedió a cuantificar el volumen de agua aplicado en cada tratamiento, este volumen del agua es la suma de los litros de agua aplicados en cada riego, además de también sumar el volumen de agua acumulado por precipitaciones, este valor se lo dividió para el rendimiento obtenido en cada tratamientos, el resultado de dividir el volumen aplicado en riego para el rendimiento equivale a la huella hídrica azul y al dividir el agua acumulada por precipitaciones para el rendimiento equivale a la huella hídrica verde.

2.4.7. Eficiencia de riego

2.4.7.1. Eficiencia de riego por gravedad

Para la evaluación del riego por gravedad se lo realizó en base a la uniformidad de distribución, se determina mediante la fórmula de uniformidad o coeficiente de Christiansens, además de requerir datos de infiltración a lo largo del surco (León, 2012, p. 15). La fórmula para el coeficiente de uniformidad.

$$CUC = \left(1 - \frac{\text{Desviación promedio de la lámina promedio aplicada}}{\text{Lámina aplicada}}\right) * 100$$

Procedimiento

Se colocan estacas a una separación de 5 metros a lo largo del surco para determinar el tiempo de llegada del agua y el tiempo en que este desaparece, con el tiempo efectivo podemos calcular la lámina infiltrada en las secciones del surco y poder encontrar las desviaciones con respecto a las láminas infiltradas en dichas secciones, para así aplicar la formula anteriormente mencionadas. Se debe resaltar que el tiempo efectivo es aquel que va desde que el agua llega a la estaca hasta cuando este desaparece.

$$CUC = \left(1 - \frac{1.76 \text{ mm}}{3.61 \text{ mm}}\right) * 100$$

$$CUC = 51.25 \%$$

2.4.7.2. Eficiencia de riego por goteo

El método de goteo se fundamenta en la ecuación de uniformidad y de coeficiente de Christiansen que parten de los conceptos de distribución de agua de manera uniforme a lo largo del terreno. Se delimita un área significativa para tal propósito donde se colocan vasos en cada gotero del cual se mide la cantidad de agua obtenida en un periodo de tiempo dado y con ello se distinguen las diferencias entre los caudales obtenidos en cada uno de los vasos para determinar la uniformidad con la que el agua es dotada al área del cultivo (León, 2012, p. 17).

Se colocaron 15 vasos pequeños en 3 cintas de riego para recoger el volumen el agua almacenada durante un tiempo de riego.

Luego de haber recolectado los volúmenes (Anexo A) se promedian el 25% de vasos con los vasos que obtuvieron menor volumen (Q25) y también se promedian el volumen de todos los vasos (Qa) para luego aplicar la fórmula:

$$CU = \frac{Q_{25}}{Q_a} \times 100$$

Especificaciones técnicas de los goteros

Los goteros auto compensados mantienen un caudal uniforme, aunque la presión varíe el flujo sea turbulento, en su interior posee una membrana que es de silicona (diafragma) que se deforma por la diferencia de presión ante y después de la misma modificando el conducto de paso y manteniendo el caudal constante (Liotta, 2015, p. 21).

Se empleó el gotero DripNet PC auto compensado, que se maneja con caudales de 3.8 L/h, con una distancia entre goteros de 20 cm, es una cinta fina de 0.5 mm de grosor, fue necesario usar 78 cintas de goteo con 40 m de largo.

2.4.7.3. Eficiencia de riego por Aspersión

El método para la determinación de la eficiencia del riego por aspersión es similar al de goteo, se delimitó un área representativa del terreno para la evaluación, se colocaron vasos separados a una distancia de dos metros entre sí en cada línea de aspersores.

Con el sistema en funcionamiento y un tiempo dado, se midió la cantidad de agua almacenada en los vasos (Anexo B), y se determinó mediante las fórmulas de coeficiente de uniformidad de agua en el área del cultivo (León, 2012, p. 16).

Se empleó aspersores de tipo bailarina Xcel Wobbler boquilla dorada #6, separados a 8 metros entre aspersores dando un total de 12 aspersores.

Se realizó el promedio del 25% de vasos que tuvieron el menor volumen (Q25), luego del total de vasos (Qa), para luego aplicar la fórmula:

$$CU = \frac{Q_{25}}{Q_a} \times 100$$



Figura 13-2. Cálculo de la eficiencia

Realizado por: Morocho, 2022

2.4.8. Lámina de riego aplicada

Una vez finalizado el ciclo de cultivo se contabilizó la lámina de riego aplicada en cada tratamiento según el calendario de riego.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación de las etapas fenológicas del ciclo del cultivo

Durante el ciclo de cultivo de la cebolla colorada (*Allium cepa* L.) var. Burguesa se determinaron cuatro estados fenológicos: formación de nuevas hojas, crecimiento y desarrollo vegetativo, bulbificación y maduración, en cada etapa se evidenciaron cambios en las variables estudiadas desde el momento del trasplante hasta la cosecha.

Las etapas fenológicas del ciclo del cultivo de la cebolla fueron identificadas, mediante una visualización directa al cultivo en estudio, en base al desarrollo y crecimiento.

3.1.1. Etapa inicial

Esta etapa se inició desde el día del trasplante hasta cuando el 30% de las plantas de la parcela neta emitieron nuevas hojas, teniendo esta etapa una duración de 17 días en los tres tratamientos, como se indican en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Duración de la etapa inicial

Tratamientos	Duración de la etapa (días)
T1 (gravedad)	17
T2 (goteo)	17
T3 (aspersión)	17

Realizado por: Morocho, 2022

La primera etapa del ciclo del cultivo de cebolla colorada (*Allium Cepa* L.) var. Burguesa tuvo una duración de 17 DDT para los tres tratamientos, resultados que se acercan a lo señalado por la FAO (2016, p. 1), en la que manifiesta que la etapa inicial tiene una duración de 16 días.

Al respecto Romero (2019, p. 55), mencionó que durante la Etapa I el área foliar es pequeña ocurre solo como evaporación, concordando con los resultados señalados en esta investigación en la que no existió diferencias entre tratamientos en estudio, esto nos indica que las necesidades hídricas del cultivo de cebolla en la variedad burguesa son bajas y por lo tanto no se puede evidenciar el

efecto de los métodos de riego en el crecimiento del cultivo, sin contar además los días en la que las plántulas se mantuvieron en bandejas para su germinación.

3.1.2. Etapa de desarrollo

Cuando se culminó la etapa de inicio se pasó a la de desarrollo cuando el 30% de la de plantas de la parcela neta iniciaron a formar bulbos, en el cual se identificó que la duración de esta etapa en gravedad fue de 50 días, en goteo de 46 días y aspersión con 35 días, por tanto, se determinó que al utilizar el método de riego por aspersión el desarrollo de las plantas fue menor, como se observa en el gráfico 1-3.

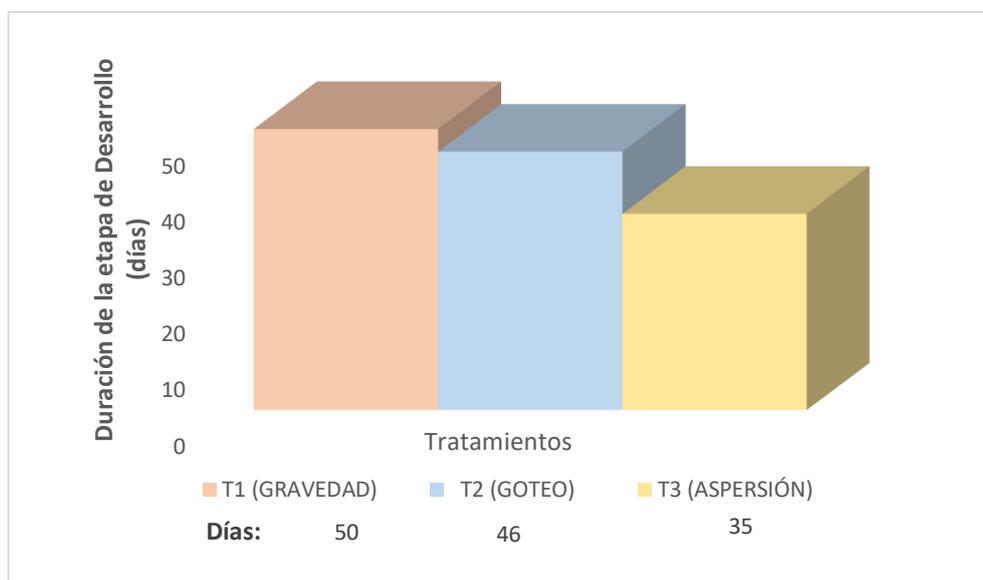


Gráfico 1-3. Duración de la etapa de desarrollo

Realizado por: Morocho, 2021

Los resultados que se acerca con lo expuesto por FAO (2016, p. 3), en la que menciona que la etapa de desarrollo tiene una duración aproximada de 35 días, esto nos indica que los tratamientos de goteo y gravedad incrementan la duración de la etapa de desarrollo, siendo mayor en gravedad, posiblemente a los volúmenes de agua aplicados, en gravedad se da un riego desmesurado donde en algunos sectores de la zona radicular puede haber excesos y en otros una falta, afectando al buen crecimiento de las plantas.

En la etapa de desarrollo, ya se va observando las diferencias entre tratamientos, según el CER cuando el 30% de la de plantas de la parcela neta iniciaron a formar bulbos, donde el tratamiento de goteo se acerca más a la bibliografía encontrada, debido a que este satisface las necesidades hídricas del cultivo.

3.1.3. Etapa intermedia

Luego de la etapa de desarrollo se inició la intermedia cuando el 30% de las plantas de la parcela neta comenzaron a desarrollar los bulbos, como se indica en el gráfico 2-3. Además, la tercera etapa (intermedia) del ciclo del cultivo de cebolla colorada (*Allium Cepa L.*) var. Burguesa tuvo una duración de 55, 52 y 43 días en cada tratamiento T1, T2 y T3 respectivamente.

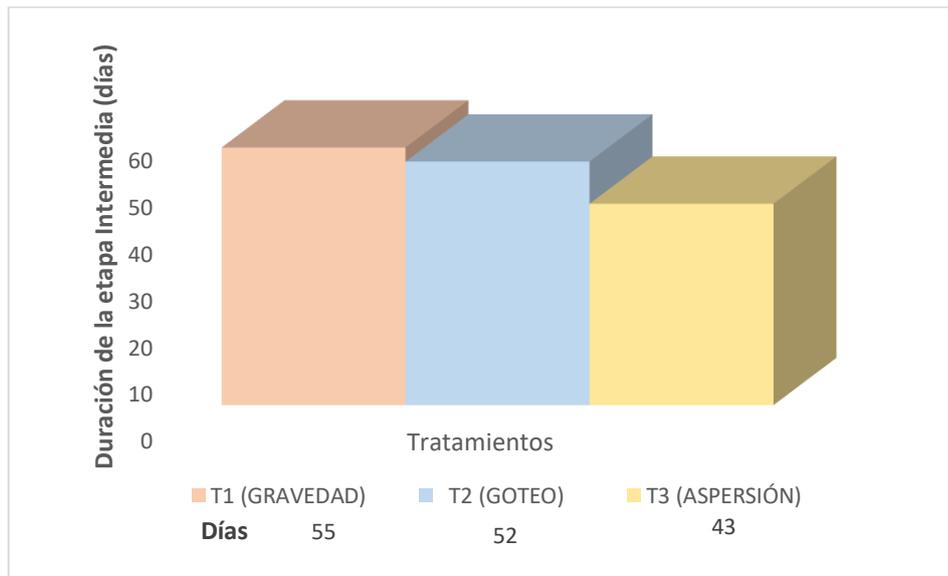


Gráfico 2-3. Duración de la etapa intermedia

Realizado por: Morocho, 2021

Aceldo (2017, p. 48), afirma que esta etapa del cultivo tiene una duración de 49 días; al respecto Cano (2018, p. 28), manifiesta que una restricción hídrica moderada en el cultivo de cebolla adelantaría el inicio de la bulbificación y por ende el ciclo de cultivo, durante la etapa intermedia las necesidades hídricas en los cultivos de ciclo corto son los más elevados con respecto a la otras etapas, en este caso por la bulbificación, donde la generación de fotoasimilados es mayor y la que más le conviene al agricultor para generar buenos rendimientos, durante esta etapa crítica el abasto de agua para las plantas debe ser la adecuada para satisfacer sus necesidades, el método de riego por gravedad alargo la duración de esta etapa, pero esto no representa un mejor desarrollo de la planta y el bulbo, posteriormente en la investigación se observara cual método de riego es el más efectivo para generar mejores resultados y si es necesario una mayor o menor duración de la etapa intermedia.

En la etapa de intermedia, también se observa diferencias entre tratamientos, según el CER cuando el 30% de las plantas de la parcela neta comenzaron a desarrollar los bulbos, donde el tratamiento de goteo se acerca más a la bibliografía encontraba debido a la buena distribución del

agua y por ende de riego. Se pudo observar que el riego por aspersión va teniendo menor ciclo de cultivo, pero esto no significa que mejores resultados, cuando la planta no tiene la suficiente agua acelera su ciclo de cultivo.

3.1.4. Etapa final

Esta etapa inició cuando culminó la etapa intermedia hasta cuando las plantas de la parcela neta presentaron el 75% de los pseudotallos doblados, como se ilustra en el grafico 3-3. Se observa la etapa final del ciclo del cultivo de cebolla colorada (*Allium Cepa L.*) var. Burguesa, el cual tuvo una duración de 35, 32 y 28 días para los tratamientos de gravedad, goteo y aspersión, respectivamente.

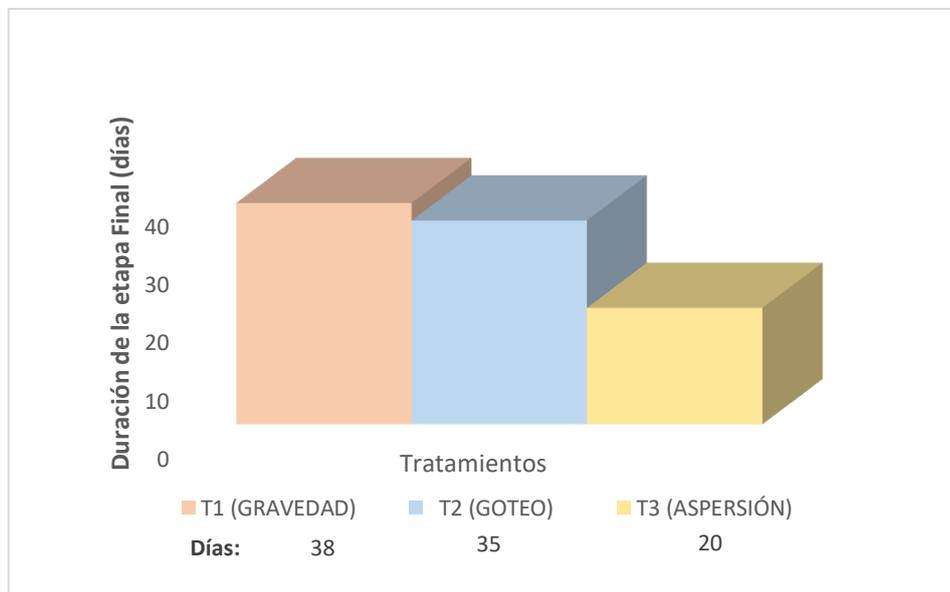


Gráfico 3-3. Duración de la etapa final

Realizado por: Morocho, 2021

Vásquez (2019, p. 37), menciona en su trabajo realizado, la duración de esta etapa del cultivo de cebolla es de aproximadamente de 34 días, comportamiento similar al señalado en esta investigación y por Bernal et al. (2015, p. 33), en la que afirma que la duración de esta etapa final fue de 35 días. La diferencia entre tratamientos se debe a las diferentes láminas de riegos aplicados en cada uno de los tratamientos, al respecto la FAO (2016, p. 6), afirma que el clima, la genética y su manejo presenta una incidencia directa en la duración en las etapas fenológicas del cultivo los cuales son propias de cada localidad.

Durante esta etapa del ciclo de cultivo las necesidades hídricas en el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*) var. Burguesa van disminuyendo con respecto a la etapa intermedia, esto se debe

principalmente a que el cultivo entra un periodo de reposo hasta llegar a la floración, la parte vegetativa va decayendo y secándose con el fin de acumular la mayor cantidad de fotoasimilados en el bulbo, el método de riego por aspersión recorto la duración de la etapa con al menos 15 días con respecto a los otros tratamientos, debido a que las láminas de riego son menores y al ser un riego que cae en forma de lluvia facilita la evaporación del agua suministrada, diferente es el caso de goteo y gravedad donde el agua entra en contacto directo con el suelo.

3.1.5. Duración total del ciclo del cultivo

En el grafico 4-3, se aprecia la duración total del ciclo del cultivo de la cebolla colorada (*Allium cepa* L.) var. Burguesa. En el cual, se observó que el ciclo total del cultivo de la cebolla colorada (*Allium cepa* L.) var. Burguesa teniendo una duración para gravedad de 160 ddt, para goteo 150 ddt, y para aspersión 120 ddt. En la investigación de Chimborazo (2015, p. 53), identificó un comportamiento similar con la presente investigación, en la cual menciona que el ciclo del cultivo obtenido en su ensayo tuvo una duración de 147 días, también manifiesta que las diferencias en el ciclo del cultivo se deben a los diferentes volúmenes y frecuencias de riego aplicados al cultivo.

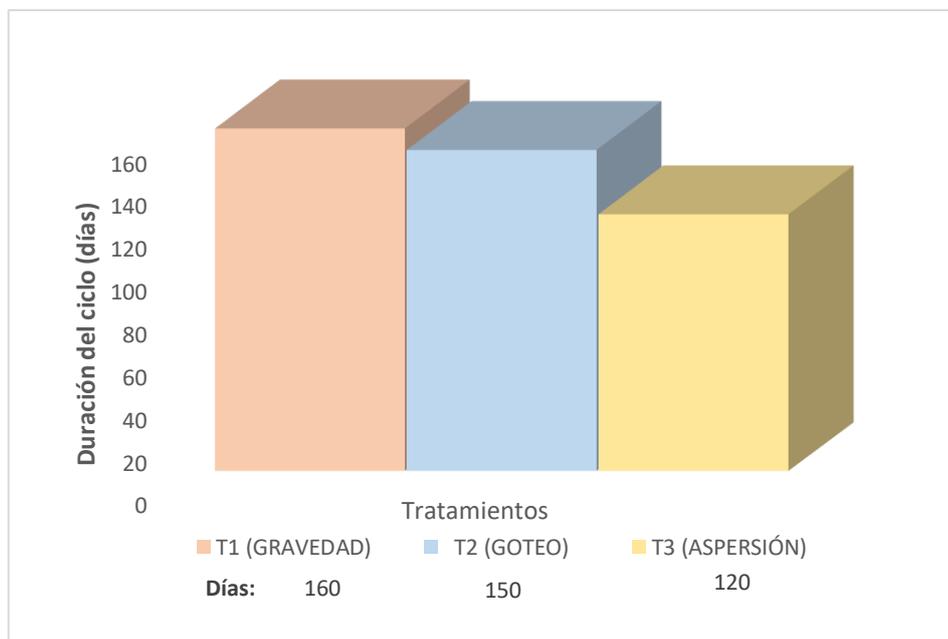


Gráfico 4-3. Duración del total del ciclo del cultivo

Realizado por: Morocho, 2021

Una vez contabilizados los días de desarrollo del cultivo se puede observar que el método de riego que más se acerca a los valores de la literatura citada es goteo, siendo aspersión el que reduce el ciclo de cultivo con alrededor de 30 días y gravedad alarga el ciclo con 10 días, es evidente la influencia de los métodos de riego en el desarrollo de cultivo, donde acotar o aumentar el ciclo

no significa tener mejores resultados, gravedad es afectado por el exceso y mala distribución del agua en la zona de absorción, mientras que aspersión es afectado por las condiciones climáticas y el desarrollo foliar de la misma planta que impide que el agua llegue a cubrir la zona de absorción en el suelo.

Andrade (2018, p. 34), mencionó que dentro de un mismo cultivo existe diferencias en el consumo de agua, por aspectos de tamaño, aerodinámica, como su parte anatómica, como consecuencia, variaciones en el crecimiento, desarrollo y por ende variación en la culminación de la etapa fenológica del cultivo.

3.2. Coeficiente del cultivo (Kc) ajustado de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) var. Burguesa mediante la metodología de lisímetría, en el tratamiento 2.

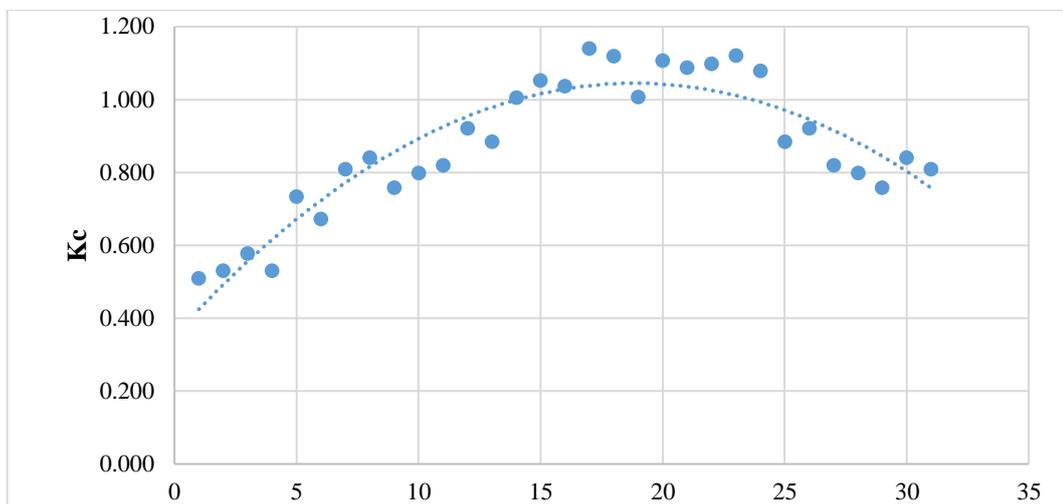


Gráfico 5-3. Coeficiente del cultivo (kc) ajustado de cebolla mediante la metodología de lisímetría

Realizado por: Morocho, 2022

En el análisis del coeficiente del cultivo se identificó que el coeficiente del cultivo (kc) ajustado de cebolla mediante la metodología de lisímetría en el tratamiento 2, en el cual, el punto inicial fue de 0,673 hasta 0,884 donde inicio la etapa de desarrollo y terminó en 1,008 para iniciar la etapa intermedia que permaneció estable para culminar con la etapa final en 0,809 como se ilustra en el gráfico 5-3.

Al comparar estos resultados del estudio de Aceldo (2017, p. 39), se corroboraron los resultados obtenidos debido a que el Kc del estudio tuvo Kc inicial de 0,45 que fue semejante y su punto más alto en el desarrollo fue a partir de 0,68 y su etapa final llegó a 0,91.

El Kc en la etapa inicial es bajo debido a que la cobertura del suelo es poca y las necesidades hídricas de la planta es baja, el Kc en la etapa de desarrollo va aumentando debido a que ya tenemos más cobertura vegetal y las necesidades hídricas aumentan debido a que la planta va desarrollando, el Kc en la etapa intermedia se mantiene debido a que la planta ya alcanzó su máximo desarrollo y las necesidades hídricas son constantes, el Kc en la etapa final baja debido a que la planta entra en periodo de reposo y va secándose con el fin de acumular la mayor cantidad de fotoasimilados en el bulbo.

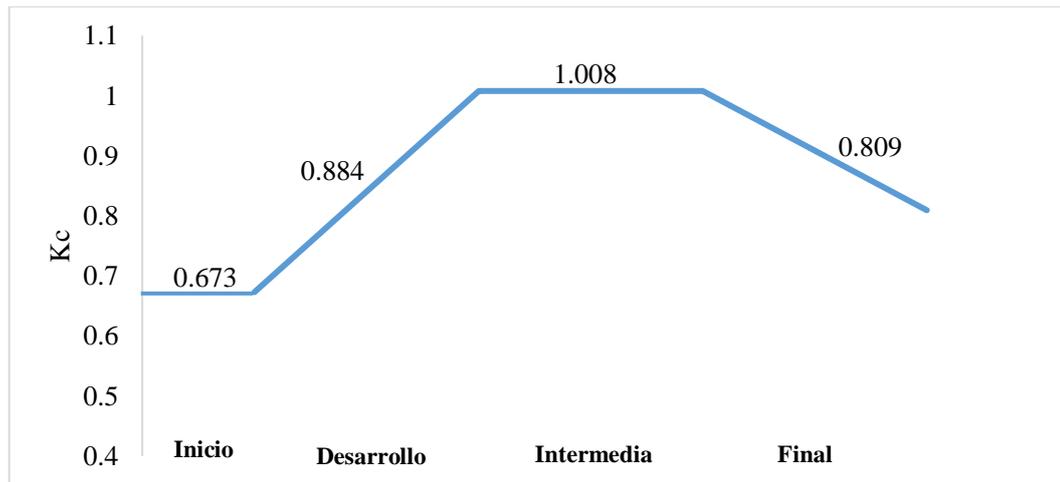


Gráfico 6-3. Coeficiente del cultivo (kc) ajustado de cebolla mediante la metodología de lisímetría

Realizado por: Morocho, 2022

En el gráfico 6-3 podemos observar un modelo polinómico del coeficiente del cultivo ajustado para el cultivo de la cebolla colorada (*Allium cepa* L.) var. Burguesa obtenida por el método de lisímetría, además, se puede apreciar el coeficiente del cultivo (kc) ajustado por etapa fenológica del ciclo del cultivo. Siendo los valores obtenidos de: 0,67; 0,88; 1,00 y 0,80 y una duración de 17, 46, 52 y 35 días para la etapa inicial, desarrollo, media y final respectivamente, en la que se aplicó una lámina de riego de 529,2mm en todo el ciclo del cultivo el cual tuvo una duración de 135ddt. A esto Valverde (2007; citado en Paguay, 2017, p. 65) reporta valores de kc por etapa del cultivo de cebolla, así: etapa inicial 0,50, etapa de desarrollo 0,75, etapa media 1,03 y en la etapa final registra un kc de 0,6, los cuales muestran cercanía a los encontrados en la presente investigación.

Durante el ciclo del cultivo, los valores del coeficiente del cultivo llegan a un límite donde se mantienen constantes, la planta llega a su máximo crecimiento y desarrollo, teniendo su máxima actividad fisiológica requiriendo más agua y nutrientes que en etapas anteriores, este periodo de necesidades hídricas y nutricionales coinciden en la etapa intermedia donde si por algún motivo

no cumplen las necesidades de la planta, se verá afectada en su rendimiento sin importar las buenas condiciones que se les halla brindado en las primeras etapas del ciclo de cultivo.

3.3. Altura de la planta

3.3.1. *Altura de la planta a los 17 DDT (Etapa inicial)*

En el análisis de varianza para la altura de la planta a los 17 DDT (Tabla 2-3), no presento diferencias estadísticas significativas para ningún tratamiento. El promedio general fue de 11.61 cm y un coeficiente de variación de 9.89%.

Tabla 2-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 17 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	10,49	5,24	3,98	0,1118	ns
Error	4	5,27	1,32			
Total	6	18,16				
CV		9,89				

Nota: ns= no significativo

Realizado por: Morocho, 2022

La altura de la planta a los 17 días de desarrollo del cultivo representa a la etapa inicial en el cultivo de cebolla, se puede observar que no existen diferencias en la altura, esto se debe a que las necesidades hídricas en el cultivo durante sus primeros días no son elevadas, el consumo de humedad no por acción de la planta sino por la evaporación y además no se toma en cuenta el tiempo antes del trasplante donde los métodos de riego seguramente tendrían un mayor efecto en el desarrollo.

3.3.2. *Altura de la planta a los 53 DDT (Etapa de Desarrollo)*

En el análisis de varianza para altura de la planta a los 53 DDT (Tabla 3-3), presento diferencias altamente significativas entre tratamientos. El promedio general fue de 27,45 cm y un coeficiente de variación de 4,54%.

Tabla 3-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 53 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	412,76	206,38	132,72	<0,0001	**
Error	6	9,33	1,56			
Total	8	412,09				
CV	4,54					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta a los 53 DDT, se evidencian diferencias significativas entre todos los tratamientos, primero goteo con una media de 36,05 cm, seguido de aspersión con una media de 26,80 cm y por último gravedad con una media de 19,50 cm.

La altura de la planta en la etapa de desarrollo está representada a los 53 días de desarrollo del cultivo, durante esta etapa el crecimiento en longitud de la planta es mayor, también es llamada etapa vegetativa porque se da la mayor diferenciación celular en la planta, en el caso de la cebolla también se da el mayor crecimiento radicular, las necesidades hídricas van en aumento según progresa el desarrollo de la planta, por lo que se pudo evidenciar las diferencias entre los tratamientos y se puede interpretar que existe un efecto significativo entre los métodos de riego sobre el cultivo.

3.3.3. *Altura de la planta a los 95 DDT (Etapa Intermedia)*

En la Tabla 4-3, se observan los resultados del análisis de varianza para la altura de la planta a los 95 DDT, presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El promedio general fue de 45,43 cm y un coeficiente de variación de 6,64%.

Tabla 4-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 95 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	178,06	89,03	9,78	0,0288	*
Error	4	36,40	9,10			
Total	6	223,13				
CV	6,64					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para la altura de la planta a los 95 DDT, se evidencian diferencias significativas entre todos los tratamientos, primero goteo con una media de 49,95 cm, seguido de aspersión con una media de 46,97 cm y por último gravedad con una media de 39,38 cm.

Los resultados del análisis estadístico expresan que en el inicio de la etapa intermedia correspondiente a los 95 días de desarrollo del cultivo existe un efecto de los métodos de riego sobre el cultivo, debido a que cuando se inicia la etapa intermedia el crecimiento en longitud se desacelera para dar paso al desarrollo del bulbo, durante esta etapa las exigencias de agua son mayores por tener también la mayor actividad fotosintética dirigida al desarrollo del bulbo.

3.3.4. Altura de la planta a los 109 DDT (Etapa Final)

En la Tabla 14, se observan los resultados del análisis de varianza para la altura de la planta a los 109 DDT (Tabla 5-3), presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El promedio general fue de 50,05 cm y un coeficiente de variación de 2,63%.

Tabla 5-3: Análisis de varianza para altura de la planta a los 109 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	130,88	65,44	37,63	0,0025	*
Error	4	6,96	1,74			
Total	6	143,54				
CV	2,63					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para la altura de planta a los 109 DDT o etapa final (Gráfico 7-3) presentó dos grupos, donde “A” se ubicó el método por goteo con una media de 55,05 cm, mientras que gravedad y aspersión se ubicaron en los grupos de B con valores de 49,30 y 45,80 cm respectivamente.

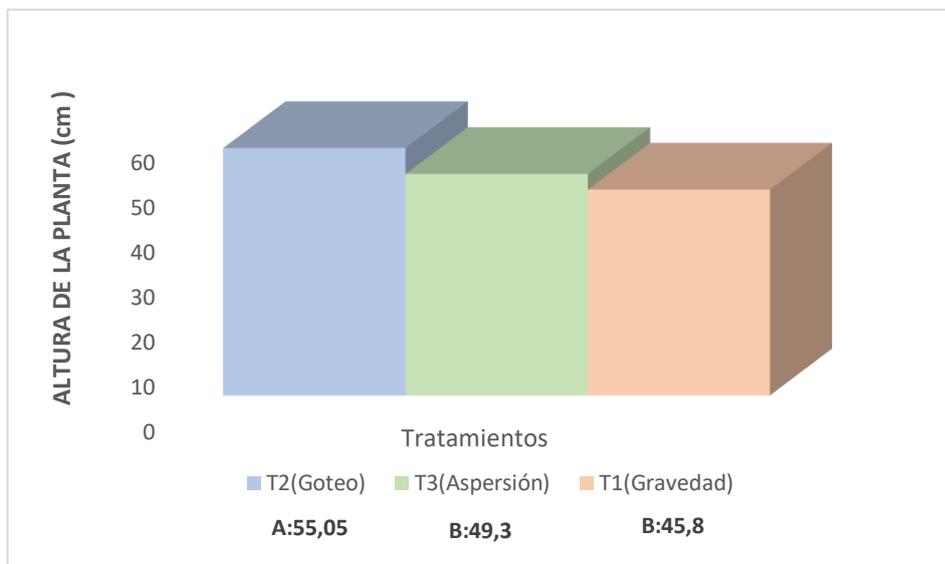


Gráfico 7-3. Altura de la planta a los 109 días

Realizado por: Morocho, 2022

La altura de la planta a los 109 días representa el inicio de la etapa final del cultivo de cebolla, se puede observar que el método de riego más efectivo para tener una mayor altura de la planta es goteo, durante este periodo los bulbos ya están formados, pero requieren un tiempo más para llegar a la madurez comercial y que su parte vegetativa esta seca para posteriormente estén listas para la cosecha. Durante esta etapa las necesidades hídricas del cultivo van disminuyendo, por lo que no hay más crecimiento, luego se encuentra aspersión y por último gravedad, demostrando que este último es el menos efectivo para el crecimiento en altura de la planta durante el ciclo de cultivo.

Según Espinoza (2016, p. 115), la altura de la planta es una característica fisiológica importante del desarrollo de la planta debido a que esta representa la acumulación de carbohidratos producidos en la fotosíntesis que posteriormente se dirigirán al pseudotallo, donde el abastecimiento de agua influye directamente, además Cargua (2013, p. 49) menciona que cuando hay una mayor densidad foliar, los bulbos se desarrollan mejor, por una mayor actividad fotosintética sin olvidar que cada anillo del bulbo corresponde a una hoja. Por lo tanto, goteo cuenta con mayor área foliar por lo que se espera un mejor rendimiento en comparación a los demás tratamientos.

3.4. Diámetro del pseudotallo

3.4.1. Diámetro del pseudotallo a los 11 DDT (Etapa inicial)

En la Tabla 6-3, se determinó el análisis de varianza para diámetro del pseudotallo 11 DDT, en el cual se identificó que entre los tratamientos no existieron diferencias significativas, con un promedio general de 0,21cm y un coeficiente de variación de 19,66%.

Tabla 6-3: Análisis de varianza para diámetro del pseudotallo (cm) a los 11 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	3,5E-03	1,7E-03	1,08	0,4217	ns
Error	4	0,01	1,6E-03			
Total	6	0,01				
CV	19,66					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

El diámetro del tallo a los 11 días representa la etapa inicial en el cultivo de cebolla, durante este periodo las plantas se han prendido en el suelo luego del trasplante, por lo tanto, no existe una diferencia entre los métodos de riego de gravedad, goteo y aspersión, además el desarrollo del bulbo no es representativo hasta etapas posteriores.

3.4.2. Diámetro del pseudotallo a los 53 DDT (Etapa de Desarrollo)

En la Tabla 7-3, se indican los resultados obtenidos del análisis de varianza para diámetro del pseudotallo 53 DDT, en el cual se identificó que no existió una diferencia significativa entre los tratamientos, el promedio general fue de 0,61cm y un coeficiente de variación de 27,42%.

Tabla 7-3: Análisis de varianza para diámetro del pseudotallo (cm) a los 53 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	0,36	0,18	6,30	0,0581	ns
Error	4	0,11	0,03			
Total	6	0,49				
CV	27,42					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

Durante la etapa de desarrollo correspondiente a los 53 días, no existen diferencias entre los métodos de riego empleados, durante este periodo hay un desarrollo longitudinal de la planta, desarrollo de hojas y crecimiento radicular, sin embargo, el diámetro del pseudotallo no se ve afectado y se mantiene igual entre los tratamientos, de igual manera se deduce que no hay efectos de los métodos de riego sobre las necesidades de agua de las plantas por lo tanto cumplen su función.

3.4.3. Diámetro del pseudotallo a los 95 DDT (Etapa Intermedia)

En la Tabla 8-3, se observan los resultados obtenidos del análisis de varianza para diámetro del pseudotallo a los 95 DDT, del cual se determinó que los tratamientos no presentaron una diferencia significativa al obtener un valor de p igual a 0,0974. Además, se identificó que el promedio general entre las metodologías de investigación fue 1,25 cm y un coeficiente de variación de 11,50%,

Tabla 8-3: Análisis de varianza para diámetro del pseudotallo (cm) a los 95 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	0,18	0,09	4,41	0,0974	ns
Error	4	0,08	0,02			
Total	6	0,29				
CV	11,50					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

El diámetro del pseudotallo durante la etapa intermedia correspondiente a los 95 días de desarrollo del cultivo, donde se observan que al igual que la las etapas de inicio y desarrollo, no presentan diferencias entre el diámetro, donde se sobreentiende que la planta a alcanzado su máximo desarrollo vegetativo y detendrá su crecimiento para dar paso al desarrollo del bulbo según los nutrientes almacenados en sus hojas, hay que señalar también que durante esta etapa hay la mayor actividad fotosintética y por lo tanto las exigencias de agua son mayores que en otras etapas.

3.4.4. Diámetro del pseudotallo a los 109 DDT (Etapa Final)

Luego se realizó el análisis de varianza para diámetro del pseudotallo a los 109 DDT, como se indica en la Tabla 9-3. En el cual, se determinó una diferencia significativa entre los tratamientos de investigación. Además, se obtuvo un promedio general fue de 1,38 cm y un coeficiente de variación de 2,35%.

Tabla 9-3: Análisis de varianza para diámetro del pseudotallo (cm) a los 109 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	0,18	0,09	87,24	0,0005	*
Error	4	4,2E-03	1,1E-03			
Total	6	0,19				
CV	2,35					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En el gráfico 8-3, se observan los resultados de la prueba de Tukey al 5% para el diámetro del pseudotallo a los 109 DDT; presentó rangos: en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2 con una media de 1,57cm, y en el rango “B” se ubicó el tratamiento 3 con una media de 1,33 cm, y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 1 con una media de 1,23 cm. Por tanto, se determinó que al determinar el diámetro de pseudotallo a los 109 DDT en los tres tratamientos fueron diferentes entre ellos y no conseguir una semejanza entre sus medias aritméticas y se consideró que el mejor tratamiento fue al aplicar el procedimiento por goteo al obtener un valor de 1,57 cm.

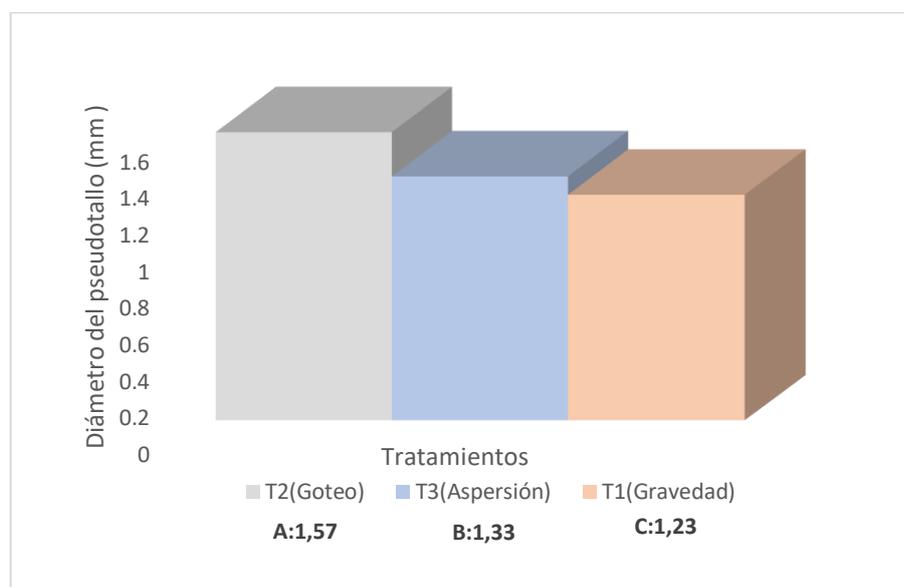


Gráfico 8-3. Diámetro del pseudotallo de la planta etapa final

Realizado por: Morocho, 2022

Los resultados son similares a los obtenidos por Paguay (2017, p. 64), de 1,68 cm y manifiesta que una planta de cebolla creciendo en óptimas condiciones puede llegar a crecer y desarrollarse en forma apropiada, parámetros que además pueden ser influenciados, entre otros factores como cantidad de agua, por la variedad, la temperatura y la época de siembra.

Para Polanco y Gómez (2017, p. 39), el diámetro del pseudotallo está altamente relacionado con la longitud de las hojas y la raíz, explicando que cuando más grandes son las hojas el diámetro disminuye dependiendo de las variedades, por lo que se deduce que el método de riego por gravedad cuenta con hojas más largas, pero tienen un diámetro angosto, pero esto no representa un mejor desarrollo, puesto a que un mayor diámetro del tallo representa una planta más vigorosa.

Una de las causas en la reducción en el diámetro del pseudotallo está vinculada también con la disponibilidad de agua, como los resultados obtenidos por Coca et al. (2012, p. 200), donde hay una reducción severa en la altura y el diámetro del pseudotallo en plantas de cebolla causado por un déficit hídrico, pero también puede haber una reducción por el exceso de agua debido a que hay una acumulación de sales en el área de absorción de las raíces, estas condiciones impiden el buen desarrollo de la planta, afectando luego al rendimiento total.

3.5. Peso total de planta

En la Tabla 10-3, se indican los resultados del análisis de varianza para el peso total de la planta, en el cual, se identificó una diferencia significativa entre los tratamientos, además que se obtuvo un promedio de 88,8 g y un coeficiente de variación de 1,66%.

Tabla 10-3: Análisis de varianza para el peso total de plantas (g) a los 145 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	3456,80	1728,40	796,24	<0,0001	**
Error	4	8,68	2,17			
Total	6	16894,28				
CV	1,66					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En el gráfico 9-3, se identifican los resultados de la prueba de Tukey al 5% para el peso total de plantas a los 140 DDT, presentaron tres rangos; del cual el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2 con una media de 115,16 g, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3 con una media de 83,03 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 1 con una media de 68,21 g.

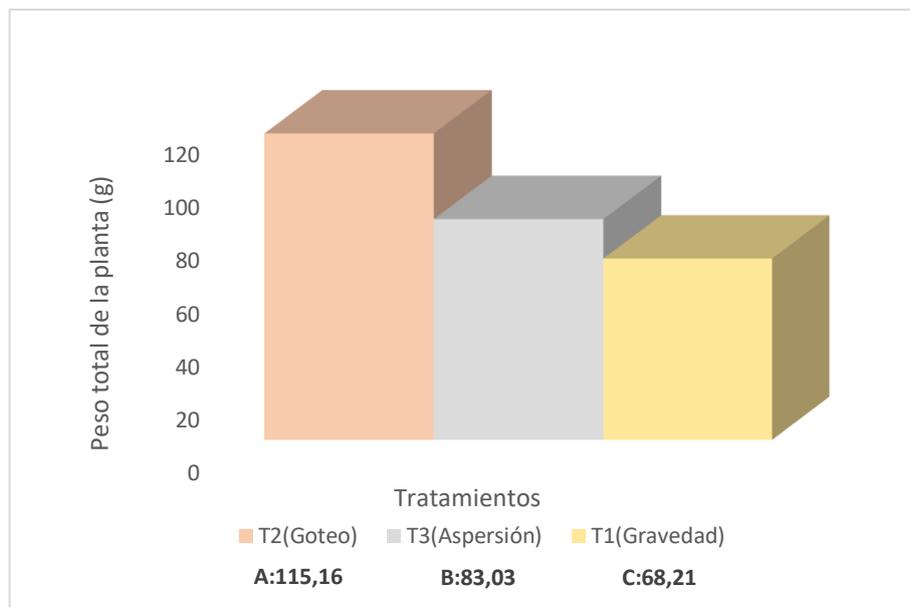


Gráfico 9-3. Peso total de la planta

Realizado por: Morocho, 2022

Por tanto, se determinó que los tratamientos fueron diferentes a partir de sus medias siendo el tratamiento por goteo aquel de mejor valor y al compararlo con el valor de 119,01 g se evidenció su semejanza con el resultado obtenido en el estudio, según Collaguazo (2014, p. 75), que menciona que hay mayor crecimiento y desarrollo de la planta existe mayor acumulación de sustancias fotosintéticas y carbohidratos que van desde las hojas hasta el bulbo porque la distribución correcta y apropiada del agua permite que los nutrientes necesarios sean utilizados por la planta y crecer de manera apropiada sin existir muertes por exceso o falta de este compuesto que es esencial para los seres vivos.

Gómez y Suquilanda (2005; citado en Paguay, 2017, p. 80), menciona que cuando hay mayor crecimiento y desarrollo de la planta existe mayor acumulación de sustancias fotosintéticas y carbohidratos que van desde las hojas hasta el bulbo.

3.6. Peso del bulbo

En la Tabla 11-3, se observan los resultados del análisis de varianza para el peso del bulbo, en el cual, se identificó la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 1,67%.

Tabla 11-3: Análisis de varianza para el peso del bulbo (g) a los 145 ddt

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	4170,71	2085,35	1209,20	<0,0001	**
Error	4	6,90	1,72			
Total	6	4179,88				
CV	1,67					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para el peso del bulbo; presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2 con una media de 106,97 g, el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3 con una media de 73,65 g y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 1 con una media de 54,91 g. En el gráfico 10-3, se puede observar que los resultados obtenidos del peso del bulbo presentan diferencias significativas entre los Tratamientos, sobresaliendo el Tratamiento 2 con una media de 106,97 g, seguido del Tratamiento 3 con una media de 73,65 g, el Tratamiento 1 con una media de 54,91 g el cual presenta menor peso del bulbo.

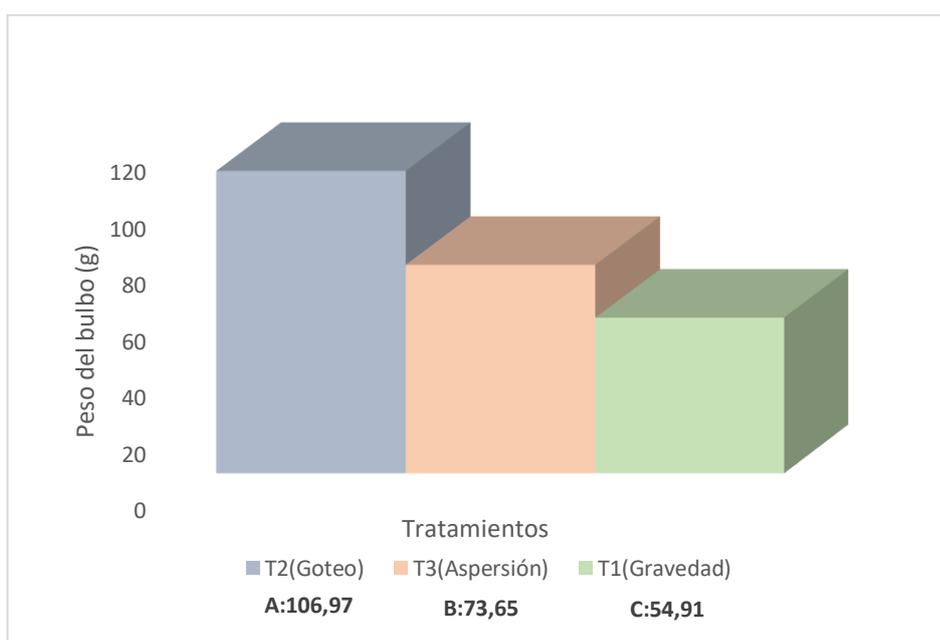


Gráfico 10-3. Peso del bulbo

Realizado por: Morocho, 2022

Mamani (2015, p. 8), afirmó que cuando el área foliar es mayor, los bulbos se desarrollan mucho más debido a la producción de sustancias fotosintéticas y carbohidratos que van desde las hojas hasta el bulbo, generando mayor peso de este, es por lo tanto el método de riego por goteo el que

mejores pesos genera en el bulbo de cebolla, favoreciendo de esta manera al rendimiento, mientras que gravedad no es el más eficiente por generar influir en un menor peso del bulbo.

3.7. Diámetro del bulbo

3.7.1. Diámetro polar

En la Tabla 12-3, se observan los resultados del análisis de varianza para el diámetro polar, en el cual se identificó la existencia de diferencia significativa entre los tratamientos de estudio, con un promedio general de 5,69 cm. El coeficiente de variación fue de 0,65%.

Tabla 12-3: Análisis de varianza para el diámetro polar (cm) a los 145 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	3,81	1,90	1382,57	<0,0001	**
Error	4	0,01	1,4E-03			
Total	6	3,82				
CV	0,65					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para el diámetro polar como se indica en el gráfico 11-3; presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2 con una media de 6,60 cm, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3 con una media de 5,32 cm y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 1 con una media de 5,14 cm. Por tanto, los resultados obtenidos del peso del bulbo presentan diferencias significativas entre los Tratamientos, sobresaliendo el Tratamiento 2 dato semejante al del estudio de López et al. (2015, p. 623), que fue de 7,01 cm.

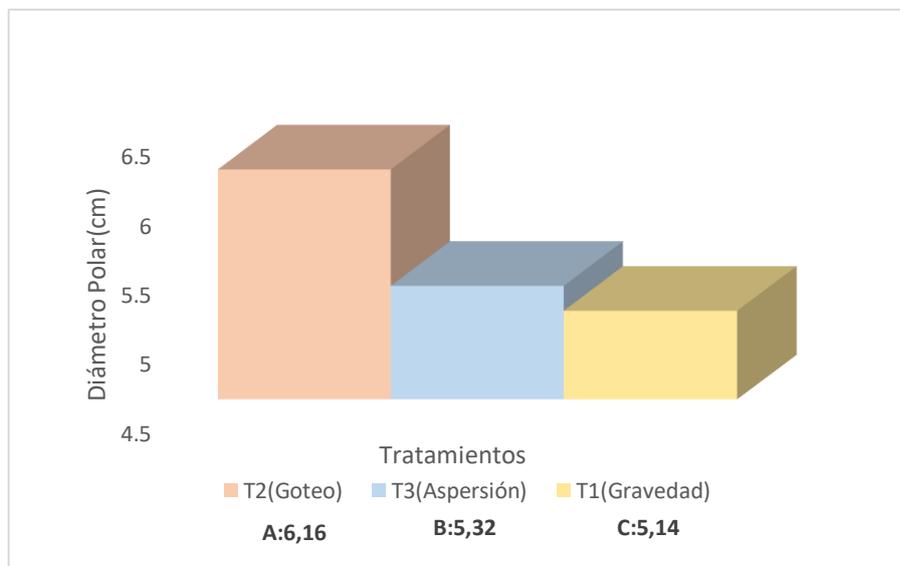


Gráfico 11-3. Diámetro polar

Realizado por: Morocho, 2022

Los resultados coinciden con los tratamientos según lo obtenido por Reynaldo (2017, p. 36), donde el valor más alto es de 7.42 cm y el inferior es de 5.77 cm en cebolla variedad burguesa, al probar dosis de fertilización utilizando riego por goteo, donde es importante señalar que hay un efecto al evaluar distintos sistemas de riego, en este caso goteo supera a los demás tratamientos con un mayor diámetro polar o altura del bulbo, mientras que aspersión y gravedad dan resultados similares. Estas diferencias entre los tratamientos se deben a una correcta aplicación del agua, que esto a su vez las plantas aprovechan para aumentar su tamaño sin olvidar que los tres métodos de riego estuvieron sometidos a similares condiciones edafoclimáticas.

3.7.2. Diámetro ecuatorial

En la Tabla 13-3, se indican los resultados del análisis de varianza para el diámetro ecuatorial, en el cual, se identificó que los tratamientos de estudio obtuvieron diferencias significativas entre ellos, con un promedio general de 5,88cm, El coeficiente de variación fue de 1,09%.

Tabla 13-3: Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial (cm) a los 145 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	4,22	2,11	517,35	<0,0001	**
Error	4	0,02	4,1E-03			
Total	6	4,24				
CV	1,09					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para el diámetro ecuatorial como se indica en el gráfico 12-3; presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2 con una media de 6,83cm, en el rango “B” se ubicó el Tratamiento 3 con una media de 5,61cm y en el rango “C” se ubicó el tratamiento 1 con una media de 5,22cm. Las diferentes láminas de riego aplicados: Tratamiento 1 de 591,3 mm, Tratamiento 2 de 550,7 mm y Tratamiento 3 con 529,2 mm respectivamente influenciaron de forma directa en el desarrollo de bulbos de cebolla colorada. Al respecto del diámetro polar presentan diferencias significativas entre tratamientos, donde el Tratamiento 2 supera con una media de 7,43 cm, seguido del Tratamiento 3 con una media de 7,16 cm, y con un diámetro inferior el Tratamiento 1 con una media de 6,79 cm.

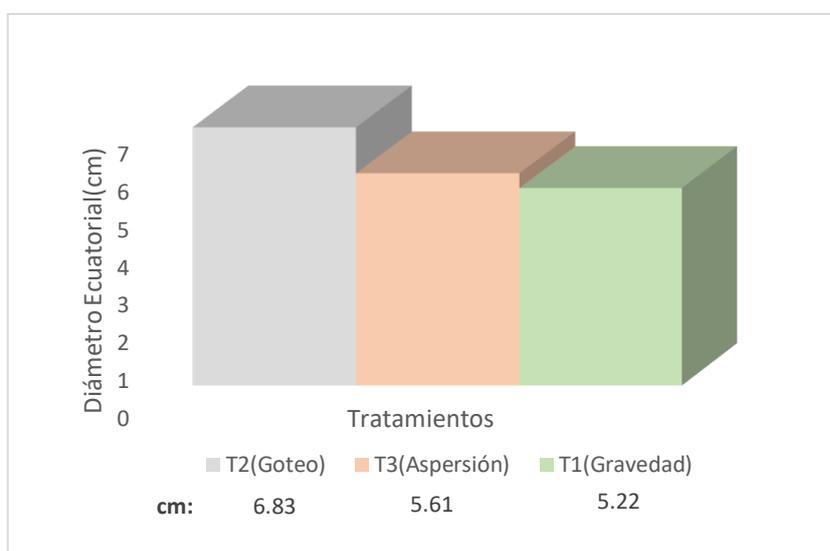


Gráfico 12-3. Diámetro ecuatorial

Realizado por: Morocho, 2022

Analizando el diámetro ecuatorial se observa que el Tratamiento 2 sigue presentando un diámetro superior con una media de 8,51 cm, en la parte intermedia el Tratamiento 3 con una media de 8,08 cm y con una media de 7,58 cm el Tratamiento 1 presentando menor diámetro del resto de los tratamientos, resultados obtenidos por Romero (2019, p. 48), afirma que el mayor diámetro de bulbos de cebolla colorada se obtienen con una lámina de 545 mm, resultado cercanos con lo obtenido en la presente investigación, que con una lámina de 550,7 mm (T2) se obtuvo bulbos de mayor tamaño.

El diámetro ecuatorial corresponde al ancho del bulbo y es importante por el mayor valor comercial en general, en este caso el método de riego por goteo supera a los demás con un mayor diámetro, demostrando que es el mejor en cuanto a obtención de cebollas más grandes y que posteriormente generan un mejor ingreso al agricultor, estos resultados coinciden con por

obtenidos por Tipantiza (2017, p. 46), donde el diámetro ecuatorial promedio en cebolla colorada es de 6.79 cm con riego por goteo en el sector de Cevallos-Ecuador, esto nos traduce que los métodos de riego por gravedad y aspersión afectan al correcto desarrollo de los bulbos de cebolla por obtener valores inferiores a la media, posiblemente por no suplir correctamente las necesidades hídricas ya sea por mala aplicación, por excesos y déficit de agua, viendo las consecuencias al momento de la cosecha.

3.8. Rendimiento por categoría

3.8.1. Rendimiento por categoría de la parcela neta

En el presente estudio se determinaron las tres categorías (primera, segunda y tercera), en el cual se identificaron las cantidades de producción de la cebolla con la finalidad de determinar la categoría de mayor producción.

3.8.1.1. Categoría primera

En la Tabla 14-3, se indican los resultados del análisis de varianza para la categoría grande de la cebolla, en el cual, se identificó que los tratamientos de estudio obtuvieron diferencias significativas entre ellos, con un promedio general de 12,08 kg. El coeficiente de variación fue de 12,02%.

Tabla 14-3: Análisis de varianza de la categoría primera

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	84,22	42,11	25,35	0,0049	**
Error	4	6,02	1,4			
Total	6	111,24				
CV	11,09					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para la categoría primera se indica en el gráfico 13-3; presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2 con una media de 15,87 kg, en el rango “B” se ubicó en los Tratamientos 3 y 1 con una media de 9,81 kg y 8,97 kg respectivamente. Por tanto, los resultados obtenidos de la categoría primera presentaron diferencias significativas entre los Tratamientos, sobresaliendo el Tratamiento 2 que fue semejante al resultado de 17,02 kg que obtuvo López et al. (2015, p. 623) en su estudio.

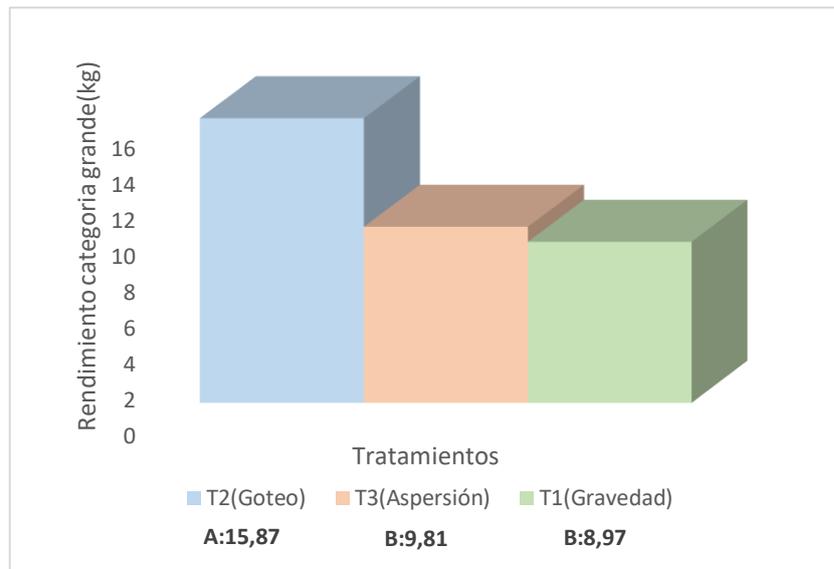


Gráfico 13-3. Categoría primera

Realizado por: Morocho, 2022

Según Tacuri (2016, p. 45), la cebolla de categoría primera por arriba de los 7 cm de diámetro ecuatorial y dentro del total del rendimiento obtenido por parcela neta en el tratamiento por goteo, se obtienen alrededor de 16 kg de cebolla de primera categoría, sin embargo los demás tratamientos obtienen casi menos de la mitad de cebollas con esta calidad, expresando que el tratamiento de goteo es el mejor método para obtener un mejor producto, que esto a su vez incrementa los ingresos al cosechar todo el tratamiento.

Marcial y Suquilanda (2003; citado en Paguay, 2017, p. 88), mencionan el mejor uso del agua, buena fertilización y un adecuado manejo del cultivo, se obtiene mayor altura promedio por planta y por lo tanto al tener una mayor área foliar se desarrollan de mejor manera los bulbos.

Se puede observar que la categoría primera por parcela neta es mayor en goteo y luego en aspersión, lo que demuestra la lógica en las variables agronómica investigadas anteriormente, donde goteo obtiene mayor altura, diámetro del pseudotallo, peso de la plata, diámetro ecuatorial y polar por lo cual se evidencia el efecto que tienen los métodos de riego sobre el rendimiento del cultivo.

3.8.1.2. Categoría segunda

En la Tabla 15-3, se indican los resultados del análisis de varianza para la categoría segunda de la cebolla, en el cual, se identificó que los tratamientos de estudio no obtuvieron diferencias

significativas entre ellos, con un promedio general de 7,8 kg, El coeficiente de variación fue de 17,81%.

Tabla 15-3: Análisis de varianza de la categoría mediana

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	14,33	6,99	2,85	0,1732	ns
Error	4	9,13	2,41			
Total	6	23,35				
CV	17,81					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

La categoría segunda corresponde a cebollas que están por debajo de los 7 cm de diámetro ecuatorial hasta los 6 cm, y según el análisis realizado ningún tratamiento sobresale de los demás en esta categoría, los métodos de riego por goteo, gravedad y aspersión tienen igual cantidad de cebollas medianas según lo obtenido por parcela neta.

3.8.1.3. Categoría tercera

En la Tabla 16-3, se indican los resultados del análisis de varianza para la categoría tercera de la cebolla, en el cual, se identificó que los tratamientos de estudio no obtuvieron diferencias significativas entre ellos, con un promedio general de 1,56 kg. El coeficiente de variación fue de 31,14%.

Tabla 16-3: Análisis de varianza de la categoría pequeña

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	3,31	1,62	4,35	0,1001	ns
Error	4	1,53	0,41			
Total	6	8,29				
CV	31,14					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

De igual manera que en la categoría segunda, la categoría tercera no presenta diferencias entre los tratamientos estudiados, esta categoría alberga a cebollas con un diámetro ecuatorial inferior a 5 cm, por lo tanto, se deduce que el método de riego por goteo ayuda en la producción de cebollas de primera categoría, mientras que los tratamientos de gravedad y aspersión producen

generalmente cebollas segundas y terceras que no beneficia a obtener un mayor retorno económico al agricultor.

3.8.2. Rendimiento total

En la Tabla 17-3, se indican los resultados del análisis de varianza del rendimiento total, en el cual, se identificó que los tratamientos de estudio obtuvieron diferencias significativas entre ellos, con un promedio general de 21 t/ha y un coeficiente de variación de 2.67%.

Tabla 17-3: Análisis de varianza para el rendimiento total (kg/ha)

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	143039232,00	42,11	324,52	>0,0001	**
Error	4	171615,24	1,4			
Total	6	145838720,00				
CV	2,67					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para la categoría grande se indica en el gráfico 14-3; presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2 con una media de 25 t/ha, en el rango “B” se ubicó en el Tratamientos 3 con una media de 21 t/ha y el tratamiento 1 con una media de 18 t/ha respectivamente. Por tanto, los resultados obtenidos del rendimiento total presentaron diferencias significativas entre los Tratamientos, sobresaliendo el Tratamiento 2 que fue semejante al resultado de 48 t/ha en el cual se trabajó con la mitad de densidad de siembra que obtuvo López et al. (2015, p. 623) en su estudio.

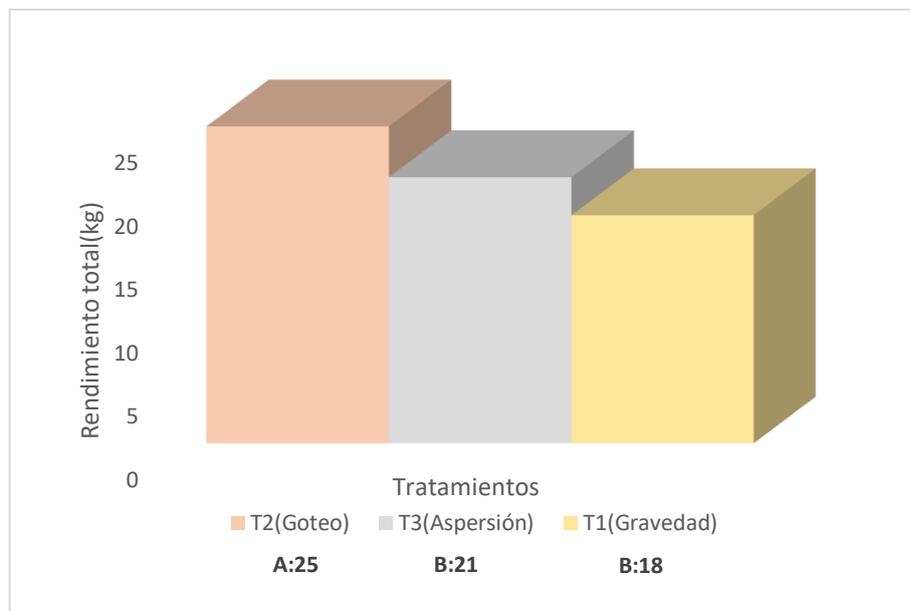


Gráfico 14-3. Rendimiento total

Realizado por: Morocho, 2022

Se puede identificar que el método de riego que genera un mayor rendimiento en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L) var. Burguesa es goteo, al llegar a un total de 25 t/ha superado al método por aspersión con 4 toneladas y gravedad con 7 toneladas, cabe mencionar que los rendimientos según Paguay (2017, p. 107) en este cultivo en el mismo sector están entre los 40 y 50 T/ha pero con una densidad de siembra 10 cm entre planta y 20 cm entre hileras, mientras que en la presente investigación es de 20 cm entre planta y 40 entre hileras, que viene siendo el doble, de esta manera los resultados son válidos al obtener la mitad de rendimiento por la misma unidad de superficie en cada tratamiento y que además uno de los objetivos de la investigación fue la evaluación de métodos de riego y realizo una única fertilización edáfica al inicio del cultivo sin considerar los requerimientos nutricionales.

Al analizar el rendimiento con los parámetros biométricos evaluados se puede distinguir que el método de riego influyo de manera positiva en el cultivo al ayudar a la planta a obtener una mayor altura de planta y diámetro del pseudotallo en la etapa final, además de generar un mayor peso en la planta y bulbo que luego se vio reflejado en un mayor diámetro polar y ecuatorial.

3.9. Contenido relativo de agua en las hojas ubicadas en diferentes partes de la planta

En la Tabla 18-3, se indican los resultados del análisis de varianza para el contenido relativo de agua en hojas en la parte superior de la planta a los 115 DDT de la cebolla, en el cual, se identificó

que los tratamientos de estudio no obtuvieron diferencias significativas entre ellos. Además, que el promedio general fue de 51.91% y un coeficiente de variación de 4,64%.

Tabla 18-3: Análisis de varianza para el coeficiente relativo de agua (%), parte superior

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	130,07	65,04	10,18	0,0270	ns
Error	4	25,55	6,39			
Total	6	168,40				
CV	4,64					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

El contenido relativo de agua representa el estado hídrico de la planta antes de la cosecha, expresando que el promedio obtenido de 51.91% es la cantidad de agua retenida con respecto al 100% de la capacidad de almacenamiento de sus células, demostrando de esta manera que ninguno de los tratamientos influye en la capacidad de las plantas para almacenar la máxima cantidad de agua posible para este cultivo en particular.

3.10. Porcentaje de materia seca

3.10.1. Porcentaje de materia seca a los días 145 DDT

Los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de materia seca a los 145 DDT se indican en la Tabla 19-3, en el cual, se identificó que los tratamientos de estudio obtuvieron diferencias significativas entre ellos. El coeficiente de variación fue de 1,87%.

Tabla 19-3: Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	61,31	30,66	146,34	<0,0001	**
Error	2	1,26	0,21			
Total	6	62,57				
CV	1,87					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de materia seca que se indica en el gráfico 15-3; presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 1 con una media de 21,28%, en el rango “B” se ubicó en el Tratamientos 3 con una media de 24,49% y el tratamiento 2 con una

media de 27,68% respectivamente. Por tanto, los resultados obtenidos del porcentaje de materia seca presentaron diferencias altamente significativas entre los tres Tratamientos, sobresaliendo el Tratamiento 2.

La presente variable refleja el efecto de los métodos de riego sobre la materia seca acumulada durante el transcurso del ciclo de cultivo, nos indica también que tan eficientes son los sistemas de riego para sostener un buen estado hídrico en el suelo y la planta para que está genere una mayor o menor producción.

La acumulación de materia seca está directamente relacionada con el contenido de humedad del suelo, el método que ayudó al cultivo a tener mejores condiciones hídricas fue goteo, por lo tanto, esto favoreció a las plantas en la etapa intermedia y final con una mayor producción de materia seca, este incremento también se ve reflejado en el rendimiento total obtenido.

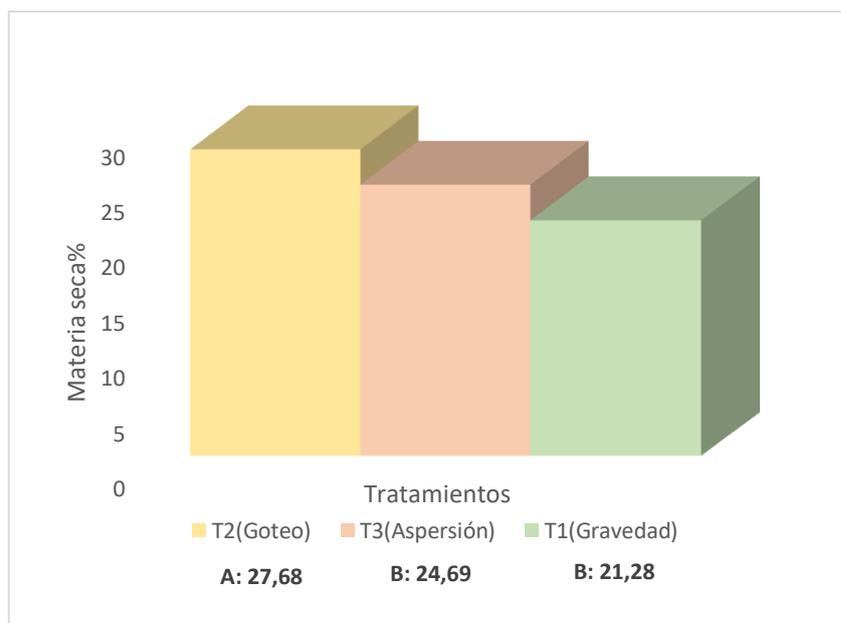


Gráfico 15-3. Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca

Realizado por: Morocho, 2022

El porcentaje de materia seca en la etapa final está representada a los 145 días de desarrollo del cultivo y estas muestran diferencias entre los métodos de riego de goteo, gravedad y aspersión evaluados, en el método de riego por goteo se obtuvo los mejores resultados, y esto se pudo venir observando con todos los parámetros biométricos como altura, diámetro, peso del bulbo y la planta, donde el tratamiento de goteo es superior y diferente a los demás tratamientos, esto se debe principalmente a que las plantas en goteo tuvieron más nutrientes, además mayor grosor y por tanto mayor materia seca.

El porcentaje de materia seca en las plantas es el resultado de la fotosíntesis que haya ejercido la planta durante el ciclo de cultivo, la disminución de la materia seca se debe principalmente a una correcta traslocación de foto asimilados a sus órganos reproductivos como las vainas y semillas cuando estas han entrado en madurez fisiológica, provocando la caída de hojas y la senescencia, en el caso de los tratamientos con déficit hídrico este transporte de materia seca se ve afectado (Lépiz et al., 2018, p. 4).

3.11. Huella hídrica

En la Tabla 20-3, se indican los resultados del análisis de varianza para la huella hídrica a los 150 DDT, en el cual, se identificó que los tratamientos de estudio obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación fue de 1,62%.

Tabla 20-3: Análisis de varianza para la huella hídrica (L/kg) a los 150 DDT

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	5643,36	2442,54	528,35	>0,0001	**
Error	4	19,27	4,65			
Total	6	5696,23				
CV	1,62					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para la categoría grande se indica en el gráfico 16-3; presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 2 con una media de 167,25 L/kg, en el rango “B” se ubicó en el Tratamiento 3 con una media de 129,15 L/kg y en el Tratamiento 118,57 L/kg, respectivamente.

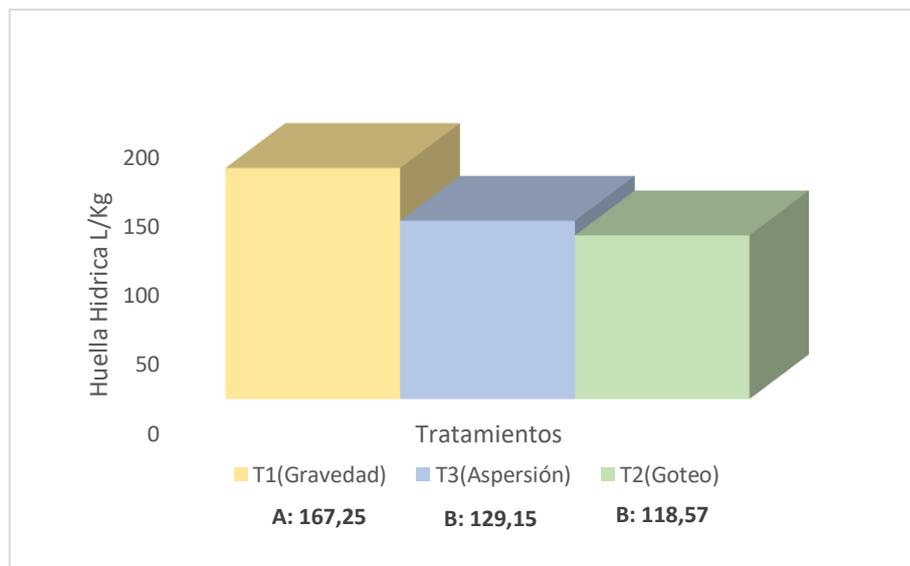


Gráfico 16-3. Huella hídrica

Realizado por: Morocho, 2022

La huella hídrica representa la cantidad de agua requerida para generar una determinada cantidad de producción, puede ser representada en kg/ha, t/m³ y otras unidades donde se relaciona el volumen de agua aplicado con la totalidad de la producción, esta variable es importante para medir la eficiencia en el uso del agua, donde los valores más bajos representan un uso más eficiente del recurso hídrico y los valores más altos una pobre eficiencia en el consumo de agua.

La huella hídrica es dependiente de las condiciones climáticas donde por épocas de lluvia, este valor se incrementa y también del rendimiento total obtenido, con estas dos variables la huella hídrica es única para cada sector de estudio, sin embargo estos valores no en su mayoría no sobrepasan los 250 L/kg, según los valores obtenidos para la huella hídrica total en el cultivo de cebolla variedad roja burguesa de Jaimes e Higuera (2017, p. 11), es de 151 m³/Ton equivalente a 151 L/kg en temporada de lluvias y están cerca de los valores obtenidos por el método de riego por gravedad con 167 L/kg, pero con valores inferiores en los métodos de riego de aspersión y goteo donde se concluye que estos tratamientos hicieron un uso más eficiente del agua, utilizando menos agua e incrementando el rendimiento.

El tratamiento de goteo emplea 118 L de agua para producir 1 kg de cebollas de primera categoría bajo las condiciones edafoclimáticas del CER en la parroquia rural Licto, por lo que una vez más se comprueba que el tratamiento goteo tiene una mayor eficiencia de riego y por ende mejores rendimientos del cultivo en cuanto a cosecha que es lo que el agricultor busca, y además de eso ayuda a no desperdiciar agua.

3.12. Eficiencia de riego

En la Tabla 21-3, se indican los resultados del análisis de varianza para la eficiencia de riego que se obtuvieron en las experimentaciones, en el cual, se identificó que los tratamientos de estudio obtuvieron diferencias significativas entre ellos, con un coeficiente de variación de 78,58%.

Tabla 21-3: Análisis de varianza para la eficiencia de riego

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Tratamientos	2	387,08	193,538	16,918	0,0031	**
Error	4	5,37	1,43			
Total	6	394,11				
CV	78,58					

*: significativo($p < 0.05$); **: altamente significativo($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Realizado por: Morocho, 2022

En la prueba de Tukey al 5% para la categoría grande se indica en el gráfico 17-3; presentó tres rangos; en el rango “A” se ubicó el Tratamiento 1 con una media de 92,29 %, en el rango “B” se ubicó en el Tratamiento 3 con una media de 82,19 % y en el rango “C” el Tratamiento 2 con una media de 51,28 %. Por tanto, los resultados obtenidos de la categoría grande presentaron diferencias significativas entre los métodos de experimentación, sobresaliendo el Tratamiento 1 (Riego por goteo) que fue semejante al resultado de 93,03 % que obtuvo López et al. (2015, p. 623) en su estudio.

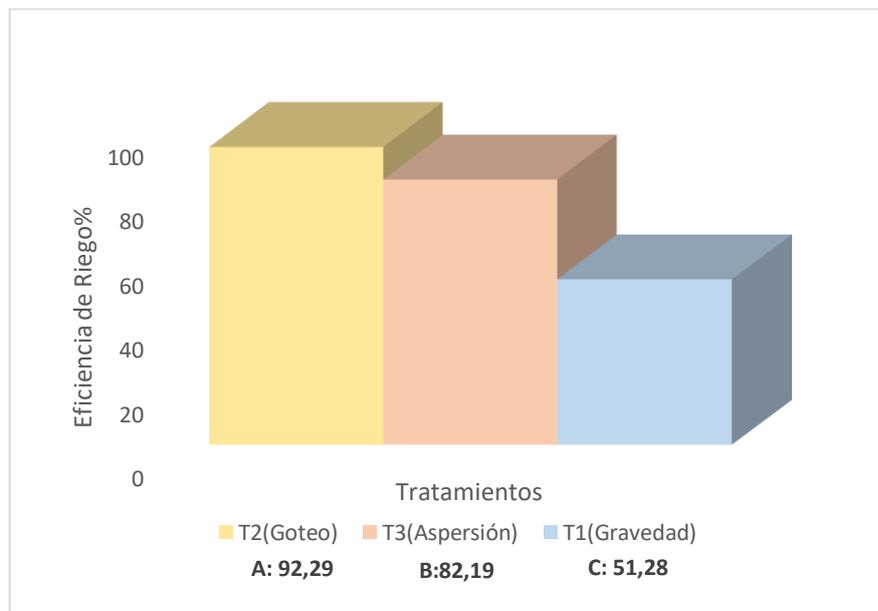


Gráfico 17-3. Eficiencia de riego

Realizado por: Morocho, 2022

Una vez realizada las tres prácticas de eficiencia de aplicación del riego en cada uno de los métodos y luego de analizarlos se obtiene que el método de riego por goteo tiene la más alta eficiencia con el 92.29 % es decir que por cada litro de agua aplicado cerca de 920 ml es aprovechado por las plantas y está disponible para un buen desarrollo y cerca del 8% restante es desperdiciado por factores como escorrentía o mala distribución del agua, donde además el agua adicional para suplir este rango no es mucha generando un ahorro de este recurso; al comparar los resultados con los parámetro biométricos como altura, diámetro del pseudotallo, diámetro y peso del bulbo que son las más importantes estos resaltan en goteo con los demás tratamientos, estas variables en conjunto dan como resultado un mayor rendimiento y además la huella hídrica obtenida explica que no es necesario aplicar mayor cantidad de agua para generar mayores beneficios, sino que es necesario aplicar agua en cantidades necesarias y de manera correcta que es lo más importante.

Según Pinto y Olarte (2012, p. 20), indica que un sistema de riego automatizado con goteo o aspersión para este cultivo en específico reduce el consumo y costo del agua en un 13%, reduce los costos por mano de obra en un 96 %, además de recuperar la inversión en los seis primeros meses de funcionamiento que incluyen instalación y manejo del sistema de riego, mientras que la vida útil del sistema podría rondar los 5 o 6 años con un uso frecuente y postergarse 1 o 2 años más con el respectivo mantenimiento. El mismo autor concluye que estos dos métodos de riego aumentan en un 16.22% la rentabilidad del cultivo en los 6 primeros meses de uso con respecto al método de riego por superficie o surcos tradicional. Estos valores pueden duplicarse o triplicarse considerando que se puede hacer el uno del sistema de riego por goteo para suministrar fertirriego que potencializa el uso de fertilizantes y del agua.

3.13. Lamina de riego

En el gráfico 18-3, se indican las diferencias de lámina aplicada por tratamientos obtenidas en el ciclo productivo, donde el tratamiento gravedad muestra la mayor lámina con 794.17 L con respecto a los tratamientos goteo con 552.36 L y aspersión con 594.49 L. El método de riego goteo logra un ahorro de 49,4 % y el método aspersión un 41,06 % con respecto al método gravedad.

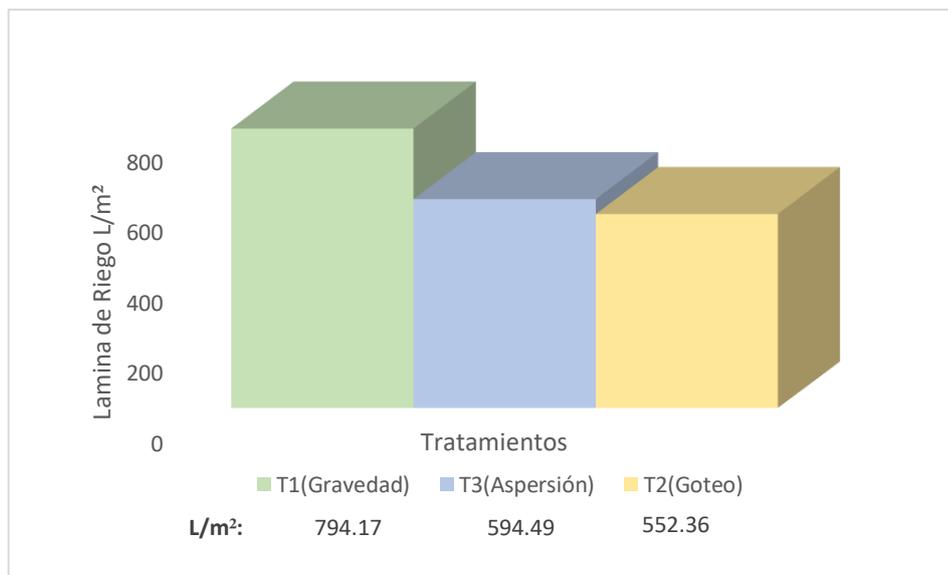


Gráfico 18-3. Lamina de riego

Realizado por: Morocho, 2022

A partir de los resultados obtenidos y los mencionados por Aceldo (2017, p. 45) el ahorro hídrico en goteo fue de 43,70 % con respecto a los métodos tradicionales, por ello, en comparación con los sistemas modernos presurizados, según Valcarce (2020, p. 50) los sistemas de riego por gravedad requieren una cantidad mucho mayor en relación al requerimiento real del cultivo usando normalmente para el cultivo de cebolla.

Según el gráfico 18-3, el método de riego que utilizó una mayor lamina total fue gravedad con 794.17 mm y el de menor fue goteo con 552.36 mm, según Paguay (2017, p. 86), en su investigación realizada bajo las condiciones edafoclimáticas en el cantón Riobamba, la lámina total aplicada está entre los 530 mm a 600 mm durante todo el ciclo de cultivo hasta la cosecha, sin embargo al comparar métodos de riego esta diferencia se debe a que se requiere aplicar un volumen de agua adicional equivalente al 48% en gravedad para suplir las necesidades hídricas del cultivo según sus etapas de desarrollo, mientras que en goteo fue necesario aumentar un 8% de la lámina neta y en aspersión cerca del 17%, esta lamina adicional más la lámina neta se la denomina lamina bruta y es la que se aplica considerando las pérdidas de agua en el sistema. El valor obtenido en goteo es el que más se asemeja al valor más bajo obtenido por el autor antes mencionado.

3.14. Análisis económico

En el análisis de considero una hectárea como unidad de superficie, considerando los costos de producción del cultivo e instalación de cada uno de los sistemas de riego empleados.

Tabla 22-3: Rentabilidad de los tratamientos

Tratamientos	Ingreso Total	Costo Total	B/c
Goteo	33183.52	18,730	1.77
Gravedad	18764.99	13,730	1.37
Aspersión	24460.93	15,730	1.56

Realizado por: Morocho, 2022

En la Tabla 23-3, se indican los resultados obtenidos a partir del estudio de costo y beneficio en los tratamientos de investigación utilizados (Gravedad, Goteo y Aspersión). En el cual se identificó que Tratamiento 2 en el que se utilizó un proceso de goteo presentó mayor beneficio/costo de 1,77, lo que quiere decir que por cada dólar invertido se recupera el dólar y adicionalmente se gana 0,77 dólares. A diferencia del Tratamiento 1 (Gravedad) que presentó el menor beneficio/costo de 1,37, así mismo por cada dólar invertido se recupera el dólar y adicionalmente se gana 0,37 dólares.

Una de las causas del mayor rendimiento obtenido por el método de riego por goteo en comparación a los demás tratamientos, es por una mejor dosificación del agua que permite suplir las necesidades hídricas según el estado de fenología del cultivo, independientemente de si suministramos fertilizantes vía riego, según un estudio realizado por Acevedo y Becerra (2020, p. 99), el retorno económico al implementar un sistema de riego por goteo en cebolla es del 46% más de lo invertido en el primer ciclo de cultivo considerando la venta del producto con precios regulares, los ingresos son dependientes de la oferta en el mercado, cuando los precios están por debajo de la media es posible no recuperar lo invertido durante 2 o 3 ciclos de cultivo que albergarían cerca de 2 años sin tener retornos económicos, sin embargo la vida útil del sistema redondea los 10 años con un cuidado no tan estricto. Los casos extremos mencionados antes son poco probables ya que el sistema de riego le proporciona al cultivo mejores condiciones que otros tratamientos, como un mayor engrosamiento del bulbo con menos bulbos dobles, reducción de plagas y enfermedades en postcosecha por no mojar otras áreas de la planta que no sea la raíz, y no interviene en las labores culturales del cultivo al ser de fácil movimiento. Otro de los factores que pueden potenciar el cultivo es la fertirrigación que nos permitiría ahorrar en fertilizantes, optimizar su absorción en la planta y no causar daños al suelo por bloqueo de nutrientes o salinización si se cuenta con una buena programación.

CONCLUSIONES

Se comprobó que el método de riego más eficiente fue el Tratamiento 2 (Goteo) con una eficiencia de 92,29% seguido del Tratamiento 3 (Aspersión) con 82,19% y por último el tratamiento 1 (Gravedad) con 51,28%, por lo que obtuvimos los mejores resultados en cuanto a cosecha, siendo el método de riego más rentable para el agricultor.

En la presente investigación se identificó el coeficiente de cultivo (kc) ajustado por lisímetría bajo las condiciones edafoclimáticas de la estación experimental Tunshi en el centro experimental del riego para el cultivo cebolla colorada (*Allium cepa L.*) var. Burguesa, siendo en la etapa inicial de 0.67, en la etapa de desarrollo de 0.88, en la etapa intermedia de 1.00 y en la etapa final de 0.80.

El tratamiento por goteo es el mejor método de riego para el cultivo de cebolla colorada (*Allium cepa L.*) var. Burguesa, donde se hace un uso más eficiente del agua en el cultivo, llegando a utilizar 552.36 mm de lámina total y un rendimiento de 25 t/ha, con la densidad de siembra utilizada en esta investigación, además de obtener un bulbo de mayor calidad comercial.

Al final del estudio, se identificó que el mejor tratamiento fue por goteo fue aquel que genero el mejor resultado de costo y beneficio al obtener una relación B/C de 1,77, lo que quiere decir que por cada dólar invertido se recupera el dólar y adicionalmente se gana 0,77 dólares.

Se observó que el acortar el ciclo de cultivo no quiere decir tener mejores resultados en la cosecha, como se observó en el tratamiento 3 Aspersión con 120 días tuvo un ciclo más corto a comparación de Goteo con 150 días y Gravedad con 160 días, donde Goteo fue el tratamiento con mejor rendimiento.

RECOMENDACIONES

Se recomienda, considerar el parámetro precipitación debido al utilizar la metodología de lisimetría para determinar requerimientos hídricos en los cultivos, este parámetro influye en el procedimiento, ya que si tenemos más cantidad de precipitación será menor el tiempo de riego y viceversa.

Se recomienda utilizar los resultados del coeficiente de cultivo (K_c) en los alrededores de la estación experimental Tunshi en el centro experimental del riego, con la finalidad de optimizar el buen uso y aplicación del agua de riego, ya que esta investigación se realizó con las variables climáticas de la Estación Experimental Tunshi, y será más eficiente en este sector.

Se recomienda realizar la respectiva calibración de los lisímetros para futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

ACELDO, B. Evaluación de la efectividad del riego, mediante la utilización de tres tipos de aspersores en zona con alta incidencia de viento, en parcelas con mezcla forrajera de pastos en cantón Cayambe, provincia Pichincha (Tesis) (Ingeniería). Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agronómica. Babahoyo-Ecuador. 2017. pp. 6-49. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/719/T-UTB-FACIAG-AGR-000125.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ACEVEDO, O.; & BECERRA, E. Evaluación de sistema de riego por goteo automatizado con energía fotovoltaica para cultivos de cebolla en Duitama (Trabajo de titulación) (Maestría). [en línea] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ingeniería, Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería. Bogotá-Colombia. 2020. p. 99. [Consulta: 26 mayo 2022]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/28010/AcevedoAmayaOscarEduardoBecerraChaparroEdgarAlonso2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ACLO. *Plan estratégico y programático de fundación ACLO* [en línea]. La Paz-Bolivia: Fundación Acción Cultural Loyola, 2020. pp. 32-41. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <https://www.aclo.org.bo/wp-content/uploads/2019/09/Plan-estrategico.pdf>.

ALEGRIA, W. *Texto básico para profesional en ingeniería forestal. En el área de fisiología vegetal* [en línea]. Iquitos-Perú: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 2016. pp. 28-33. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <https://www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/forestales/descargas/publicaciones/FISIO-TEX.pdf>.

ANDRADE, C. Evaluación de diferentes tipos de riego en cultivos agrícolas (Trabajo de titulación) (Ingeniería). Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Manabí-Ecuador. 2018. pp. 31-34. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <https://1library.co/document/download/dzxprn4y>.

ÁVILA, Y.; & ROJAS, A. Implementación de una tecnología de ariete hidráulico para el manejo eficiente del agua en la Libertad-Municipio de Zipacón, Cundinamarca (Trabajo de grado) (Ingeniería). [en línea] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio

Ambiente y Recursos Naturales, Ingeniería Ambiental. Bogotá-Colombia. 2020. pp. 27-53. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26100/%c3%81vilaGambaYeniferAl ejandra2021.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.

BERNAL, A.; et al. “Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de murgas, provincia La Habana”. Cultivos Tropicales [en línea], 2015, (Cuba) 36(2), pp. 30-40. [Consulta: 02 julio 2021]. ISSN: 0258-5936. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193239249005>.

BONIERBALE, M.; et al. *Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa* [en línea]. Lima-Perú: Centro Internacional de la Papa, 2010. p. 25. [Consulta: 15 julio 2021]. ISBN: 978-92-9060-381-8. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/73221/73331.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

BROWN, T.; et al. *Química. La ciencia central*. Juárez-México: Pearson, 2004. ISBN: 970-26-0468-0. p. 720.

CALDERÓN, S. Evaluación del recurso hídrico en la eficiencia del desarrollo de los cultivos en cinco barrios de Tumbaco, Pichincha (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito-Ecuador. 2014. pp. 16-17. [Consulta: 01 julio 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3242/1/T-UCE-0004-100.pdf>.

CANO, A. Plan de desarrollo de capacidades para el manejo de sistema de riego por aspersión en la comunidad de Phajcha pata del Municipio Mizque (Trabajo final) (Licenciatura). [en línea] Universidad Mayor de San Simón, Escuela Universitaria de Posgrado, Facultad de Desarrollo Rural y Territorial Unidad de Posgrado. Cochabamba-Bolivia. 2018. pp. 5-28. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: <http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/bitstream/123456789/17782/1/Alfredo%20Cano%20Men eces.pdf>.

CARGUA, Y. Respuesta de la cebolla perla (*Allium cepa* L.) a cuatro densidades de siembra y dos láminas de riego. Ascázubi, Pichincha (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería

Agronómica Quito-Ecuador. 2013. p. 49. [Consulta: 05 mayo 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1100/1/T-UCE-0004-8.pdf>.

CASTILLO, B. Análisis técnico y económico del potencial de aplicación de la tecnología de congelación para la desalación del agua de mar (Tesis) (Maestría). [en línea] Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería, Ingeniería de Sistemas. México D.F.-México. 2013. pp. 5-36. [Consulta: 01 julio 2021]. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2013/junio/0693952/0693952.pdf>.

CELY, G. Determinación de parámetros de riego para el cultivo de cebolla en el Distrito de riego del ALTO de Chicamocha (Trabajo de grado) (Maestría). [en línea] Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Escuela de Posgrados, Maestría en Ciencias Agrarias. Bogotá-Colombia. 2010. pp. 23-27. [Consulta: 29 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70468/790551.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CENTURIÓN, H.; & FLORES, H. Propuesta de recuperación de un suelo salino mediante la técnica de riego por aspersión y drenaje en la instalación del cultivo de alfalfa en el predio Doña Carmelita Distrito de Pueblo Nuevo provincia de Chepén (Tesis) (Ingeniería). Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agrícola. Trujillo-Perú. 2014. pp. 26-58. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9840/CENTURI%20PRETELL%20H%20CTOR%20LUIS%20FLORES%20BERNAB%20HELBERT%20OBED.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CERPA, G. Determinación de la huella hídrica del cultivo de cebolla, de la comisión de usuarios Pucchun del distrito de Mariscal Cáceres 2018 (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Arequipa-Perú. 2018. pp. 13-34. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7552/AMcepagn.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

CHIMBORAZO, D. Evaluación del rendimiento de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) Var. RED NICE a partir de plántulas obtenidas mediante la poda de sus hojas (Trabajo de investigación)

(Ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. 2015. pp. 11-59. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19241/1/Tesis-111%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20361.pdf>.

CHOW, J. II. *Sección 2 Cálculo de requerimientos de riego* [en línea]. Nicaragua, 2014. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: http://www.riego.elesteliano.com/ayuda/Fto2_Requerimientos_de_riego.htm.

CISNEROS, R. *Apuntes de la materia de riego y drenaje* [en línea]. San Luis Potosí-México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2020. p. 66. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>.

COCA, A.; et al. “Efecto del NaCl sobre los parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) bajo condiciones controladas”. Revista colombiana de ciencias hortícolas [en línea], 2012, (Colombia) 6 (2), pp. 196-212. [Consulta: 06 mayo 2022]. ISSN: 2011-2173. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v6n2/v6n2a08.pdf>.

COLLAGUAZO, G. *Necesidades hídricas de pasturas con manejo convencional en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo (Tesis) (Ingeniería)*. [en línea] Universidad Politécnica Salesiana, Carrera Ingeniería Agropecuaria. Quito-Ecuador. 2014. pp. 31-75. [Consulta: 29 junio 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6225/1/UPS-YT00282.pdf>.

CUESTA, A.; et al. “Metodología operativa para la obtención del coeficiente del cultivo desde imágenes de satélite”. Instituto Técnico Agrónomo Provincial [en línea], 2015, (España) 101(3), pp. 212-224. [Consulta: 25 junio 2021]. ISSN: 1579-7988. Disponible en: https://aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2005/101-3/ITEA_101-3_212-224.pdf.

DAZA, M.; et al. “Necesidades hídricas de stevia calculadas con el coeficiente del cultivo”. *Agronomía Mesoamericana* [en línea], 2017, (Costa Rica) 28(2), pp. 509-521. [Consulta: 01 julio 2021]. ISSN: 1021 7444. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/437/43750618015/html/>.

DEMIN, P. *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones* [en línea]. Catamarca-Argentina: Ediciones INTA, 2014. pp. 3-5. [Consulta: 02 julio 2021]. ISBN: 978-987-521-512-2. Disponible en:

https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf.

DUBLAN, B. Poliacrilamida y fibra de agave como mejoradores de sustratos pétreos para producción en invierno (Tesis) (Maestría). [en línea] Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Maestría en Ciencias en Ingeniería de Biosistemas. Querétaro-México. 2018. p. 5. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: <http://ring.uaq.mx/bitstream/123456789/1256/1/RI007854.pdf>.

ESPINOZA, J. Análisis de la eficiencia productiva de cebolla (*Allium cepa*), bajo láminas de riego, fertirrigación y compost, municipio Iaja, comunidad Sullcataca alta (Trabajo de titulación) (Maestría). [en línea] Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía Postgrado. La Paz-Bolivia. 2016. p. 115. [Consulta: 08 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10543/TM-2357.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

FAO. *Evapotranspiración del cultivo* [En línea]. Roma-Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2006. pp. 195-197. [Consulta: 03 julio 2021]. ISBN: 92-5-304219-2. Disponible en: <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>.

FAO. *Riego, cultivos regados, medio ambiente* [En línea]. Roma-Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016. pp. 1-6. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/didyouknow/indexesp3.stm>.

FERNÁNDEZ, R.; et al. *Manual de Riego para Agricultores* [En línea]. Sevilla-España: Consejería de Agricultura y Pesca, 2010. pp. 5-64. [Consulta: 03 julio 2021]. ISBN: 978-84-8474-134-3. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersixn.pdf.

FORERO, F.; ET AL. “Requerimientos hídricos de la zanahoria (*D. carota* L.) durante tres etapas de su desarrollo”. *Ciencia y Agricultura* [en línea], 2015, (Colombia) 12(2), pp. 43-50. [Consulta: 29 junio 2021]. ISSN: 0122-8420. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5399612.pdf>.

FORTIS, M.; et al. “Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo”. *Terra Latinoamerica* [en línea], 2019, (México) 27(4), pp. 329-336. [Consulta:

27 junio 2021]. ISSN: 0187-5779. Disponible en:
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a7.pdf>.

FOSTER, P.; & ROVEGNO, F. Efectos de diferentes disponibilidades hídricas en distintas etapas fisiológicas de soja sobre el rendimiento (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Montevideo-Uruguay. 2015. pp. 15-16. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en:
<https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8806/1/3999fos.pdf>.

FUNCIA, C.; & SÁNCHEZ, F. “Incidencia de las condiciones ambientales y el manejo en variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) transplantadas en altas densidades en la provincia de La Pampa”. SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam [en línea], 2017, (Argentina) 27(7), pp. 69-70. [Consulta: 27 junio 2021]. ISSN: 2362-4337. Disponible en:
<https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/semiarida/article/view/3003/2920>.

GAIBOR, J. Determinación de los requerimientos hídricos para el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) var. Calima en base al tanque de evaporación tipo a, y fórmulas empíricas (fao), en macaji, cantón Riobamba provincia de Chimborazo (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Escuela De Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2019. pp. 45-46. [Consulta: 10 enero 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/12340/1/13T0885.pdf>.

GARCÍA, M. Manejo del riego: uso de instrumentos de medición de agua del suelo y del estado hídrico de los cultivos, presentación de casos de estudio incluso en riego deficitario [en línea]. Montevideo-Uruguay: Red Riegos, CYTED y AECID, 2008, p. 30. [Consulta: 03 julio 2021]. Disponible en:
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Metodosdemedicionestadohidricoplantas.pdf>.

IAGUA. ¿Qué es la huella hídrica y cuál es su importancia en la agricultura? [en línea]. Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria, 2015. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en:
<https://www.iagua.es/noticias/colombia/ccafs/15/12/10/que-es-huella-hidrica-y-cual-es-importancia-agricultura>.

IBAÑEZ, C. Determinación del coeficiente de cultivo (KC), para maíz bajo invernadero en la granja Santa Inés (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Técnica de Machala,

Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. Machala-Ecuador. 2016. pp. 24-32. [Consulta: 29 junio 2021]. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7644/1/DE00035_TRABAJODETITULACION.pdf.

JAIMES, O.; & HIGUERA, C. “Evaluación de indicadores de huella hídrica en la producción de un cultivo de cebolla de bulbo y papa en los municipios de Duitama y Samaca Boyacá”. Universidad católica de Colombia [en línea], 2017, (Colombia) 1(1), pp. 1-15. [Consulta: 05 mayo 2022]. Disponible en: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24084/2/2.%20Articulo%20Cientifico%20Higuera_Jaimes.pdf.

LEÓN, J. *Riegos y drenajes* (1ª. ed.). Riobamba Ecuador: E – Copycenter, 2012. pp. 15-50.

LÉPIZ, R.; et al. “Acumulación de materia seca durante las etapas de desarrollo de variedades de frijol”. *Rev. Fitotec. Mex* [en línea], 2018, (México) 41(3), pp. 275 - 283. [Consulta: 23 marzo 2022]. ISSN: 0187-7380. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v41n3/0187-7380-rfm-41-03-275.pdf>.

LIMA, C. Niveles de ácidos húmicos orgánicos y distanciamiento de siembra en el rendimiento de cebollita china (*Allium cepa* L.) variedad aggregatum (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Agronomía. Arequipa-Perú. 2019. pp. 11-21. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10002/AGlibecr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LIOTTA, M. *Riego por goteo* [En línea]. San Juan-Argentina: Programa de Servicios Agrícolas Provinciales, 2015. pp. 5-21. [Consulta: 03 julio 2021]. ISBN: 978-987-33-8776-0. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf.

LÓPEZ, R.; et al. *Determinación de los coeficientes de cultivo único y dual de la cebolla mediante un lisímetro de pesada* [en línea]. Albacete-España: Universidad de Castilla, 2015. pp. 621-623. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2054.%20VI%20Congreso%20Ib%C3%A9rico%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas.%20XII%20Congreso%20Nacional%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas/Comunicaciones/Determinaci%C3%B3n%20de%20los%2>

Ocoeficientes%20de%20cultivo%20%C3%BAnico%20y%20dual%20de%20la%20cebolla%20mediante%20un%20lis%C3%ADmetro%20de%20pesada.pdf.

MAMANI, C. Evaluación del riego tradicional por superficie a través del programa winSRFR en cultivos de haba (*Vicia faba*) y arveja (*Pisum sativum*) en el Municipio de Palca (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz-Bolivia. 2015. pp. 1-15. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/17153/T-2523.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MARTÍNEZ, F. Estudio agronómico y ambiental de riego con aguas residuales depuradas en el cultivo del arroz, aplicación a una línea de riego en el parque natural de la Albufera (Valencia) (Tesis) (Doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia-España. 2003. pp. 101-221. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38757/Mart%20c3%adnez%20-%20Estudio%20agron%20c3%b3mico%20y%20ambiental%20del%20riego%20con%20aguas%20residuales%20depuradas%20en%20el%20cultivo%20....pdf?sequence=13&isAllowed=y>.

MARTÍNEZ, J.; & ESCOBEDO, R. Prototipo de sistema de control de riego mediante GSM (Reporte técnico) (Ingeniería). [en línea] Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación. Juárez-México. 2015. pp. 21-31. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: <http://erecursos.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/2985/Tesis%20Prototipo%20de%20Sistema%20de%20Control%20de%20Riego%20mediante%20GSM%20arduino.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MENDOZA, C.; et al. *Respuesta hídrica del maíz mediante riego deficitario controlado* [en línea]. Chapingo-México: II Congreso Nacional de Riesgo y drenaje COMEII 2016, 2016. pp. 3-4. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <http://www.riego.mx/congresos/comeii2016/ponencias/extenso/COMEII-16001.pdf>.

MOSSANDE, A; et al. “Requerimientos hídricos del tomate en el valle de Cavaco en Benguela, Angola”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], 2015, (Cuba) 24(2), pp. 5-10. [Consulta: 18 abril 2021]. ISSN: 1010-2760. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93234170001>.

NOA, I. Requerimiento hídrico y programación de riego de los cultivos de *Pisum sativum* L., *Brassica oleracea* L y *Allium cepa* L en la estación experimental Canaan (INIA) a 2760 m.s.n.m. – Ayacucho (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía Ayacucho-Perú. 2011. p. 27. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3190/1/TESIS%20AG889_Noa.pdf.

OLMOS, E.; et al. *Elementos raspa para los requerimientos de riego en zonas semiáridas* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, 2018. p. 1. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: https://www.ina.gob.ar/congreso_hidraulica/resumenes/LADHI_2018_RE_544.pdf.

PAGUAY, S. Determinación de los requerimientos hídricos para el cultivo de la cebolla colorada (*Allium cepa* L.) var. Burguesa en base al contenido de agua en el suelo, en Macají, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Escuela De Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 13-107. [Consulta: 06 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/7643/1/13T0846.pdf>.

PÉREZ, F. *Fisiología vegetal* [en línea]. Pucallpa-Perú: Universidad Nacional de Ucayali, 2017. p. 38. [Consulta: 02 julio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026080L?sequence=1&isAllowed=y>.

PINTO, M.; & OLARTE, R. “Diseño de un sistema de riego automático por aspersión, para el cultivo de cebolla de Junco, Finca la Puerta (Tota, Boyacá)”. Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D [en línea], 2012, (Colombia) 12(2), pp. 15-20. [Consulta: 08 mayo 2022]. ISSN: 2422-4324. Disponible en: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/3381/3014.

POLANCO, M; & GÓMEZ, S. “Evaluación de tres programas de fertilización edáfica en el cultivo de la cebolla en rama en la cuenca media del río Ótun”. Intropica [en línea], 2017, (Colombia) 12 (1), pp. 31-40. [Consulta: 03 mayo 2022]. ISSN: 1794-161X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6206403.pdf>.

POLÓN, R.; et al. “Métodos y modos de desecamiento de terrenos húmedos por excesivas precipitaciones y acumulación de agua”. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2018, (Cuba) 39(3), pp. 93-98. [Consulta: 25 junio 2021]. ISSN: 0258-5936. Disponible en: <https://docplayer.es/155084830-Resena-metodos-y-modos-de-desecamiento-de-terrenos-humedos-por-excesivas-precipitaciones-y-acumulacion-de-agua.html>.

QUESADA, J. Determinación de los requerimientos de agua para diferentes cultivos de la zona Norte Cartago (Trabajo final) (Licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa, Vicerrectoría de Docencia, Escuela de Ingeniería Agrícola. Cartago-Costa Rica. 2017. pp. 16-67. [Consulta: 01 julio 2021]. Disponible en: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9370/determinacion_requerimientos_agua_diferentes_cultivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

QUISPE, J.; et al. “Determinación de coeficientes de uso consuntivo en *Solanum tuberosum*, método del lisímetro”. *PURIQ* [en línea], 2020, (Perú) 2(3), pp. 290-306. [Consulta: 25 junio 2021]. ISSN: 2664-4029. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8097748.pdf>.

REGABER. *Gotero PC* [en línea]. Parets-España: Regaber, 2017. [Consulta: 03 julio 2021]. Disponible en: <https://regaber.com/producto/gotero-pc/>.

RENDÓN, E. “La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú”. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL* [en línea], 2015, (Perú) 2(1), pp. 34-47. [Consulta: 24 abril 2021]. ISSN: 2311-7613. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/143615435.pdf>.

REYNALDO, J. Comparativo de Rendimiento de Ocho Cultivares de *Allium cepa* L. “cebolla roja” en el Valle de Huaral (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Huacho-Perú. 2017. p. 36. [Consulta: 06 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2080/REYNALDO%20ROJAS%20JESUS%20MANUEL.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

ROMERO, J. Aplicación de un sistema de contabilidad de costos por procesos en el cultivo de la cebolla para la determinar la inversión y rentabilidad en la campaña agrícola de la Asociación

de Agricultores individuales de Lurifico - Periodo 2018 (Tesis) (Contaduría). [en línea] Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Económicas, Escuela Profesional de Contabilidad y Finanzas. Jequetepeque-Perú. 2019. pp. 33-55. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13530/romeroromero_jhordy.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SALAZAR, F. Diseño, instalación y calibración de bloque de siete lisímetros de drenaje para ajuste de coeficiente de cultivos (Kc) (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2020. pp. 22-96. [Consulta: 04 julio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14319/1/13T00924.pdf>.

SÁNCHEZ, R.; & PEZZOLA, N. “Riego por goteo en el cultivo de cebolla”. Estación Experimental Agropecuaria H. Ascasubi [en línea], 2015, (Argentina) 1(7), pp. 1-8. [Consulta: 28 junio 2021]. ISSN: 0328-3321. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_h-ascasubi-riego_por_goteo_en_el_cultivo_de_cebo.pdf.

SAUD, J. Diseño de un sistema de riego por goteo para cultivo en zonas escasas de agua (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad de San Francisco, Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito-Ecuador. 2012. pp. 12-21. [Consulta: 26 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1450/1/104385.pdf>.

SCHULBACH, E. “Programación del riego”. SIAR [en línea], 1999, (Chile), pp. 3-4. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <http://bosques.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9924/CNR-0287.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SENNINGER. *Xcel wobbler* [En línea]. Buenos Aires-Argentina: FME Fabiani S.R.L., 2012. p. 1. [Consulta: 03 julio 2021]. Disponible en: http://fabianisrl.com.ar/wp-content/uploads/2012/06/XcelWob_Span.pdf.

TACURI, F. Aclimatación de cinco cultivares de cebolla colorada (*Allium cepa* L) a campo abierto (Trabajo de titulación) (Ingeniería) [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Escuela De Ingeniería Agronómica. Riobamba-Ecuador. 2016. p. 45. [Consulta: 07 mayo 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4829/1/13T0821%20.pdf>.

TAMBO, D. Efecto de niveles de biol bovino en dos variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) con riego complementario, en la estación experimental Choquenaira, Viacha-La Paz (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera Ingeniería Agronómica. La Paz-Bolivia. 2016. pp. 34-91. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10519/T-2346.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

TIPANTIZA, S. Influencia de bioestimulantes naturales, en el rendimiento del cultivo de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) Var Burguesa (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera Ingeniería Agronómica. Ambato-Ecuador. 2017. p. 46. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26350/1/Tesis-170%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20514.pdf>.

TOLÓN, A; et al. “Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos. Aplicación al poniente almeriense. Estudios previos y medidas de eficiencia”. Revista electrónica de medio ambiente UCM [en línea], 2013, (España) 14(1), pp. 56-86. [Consulta: 24 abril 2021]. ISSN: 18863329. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41205/61articulo.pdf>.

VALCARCE, R. Seguimiento y clasificación de parámetros biofísicos de superficies agrícolas a partir de sensores remotos radar (Tesis) (Doctorado). [en línea] Universidad de Salamanca, Departamento de Ingeniería Cartográfica y del Terreno. Salamanca-España. 2020. pp. 50-120. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/145429/Valcarcel%20Din%cc%83eiro%2c%20Ruben%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VARGAS, A. Evaluación de la uniformidad de distribución del agua de seis cintas de goteo en condiciones de El Zamorano (Proyecto especial) (Licenciatura). [En línea] Zamorano, Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano-Honduras. 2008. p. 11. [Consulta: 04 julio 2021]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5481/1/CPA-2008-T073.pdf>.

VÁSQUEZ, J. Producción de cebolla (*Allium cepa*) amarilla dulce en Villacuri – ICA (Trabajo de suficiencia profesional) (Ingeniería). [en línea] Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Lima-Perú. 2019. pp. 9-37. [Consulta: 28 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3852/vasquez-santillan-janet-yuliza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VILLCA, L. Riego deficitario en el cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill en el Municipio de Lurbay-La Paz (Tesis) (Ingeniería). [en línea] Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz-Bolivia. 2013. pp. 8-41. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4154/T-1892.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

YEPES, A.; & SILVEIRA, M. “Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global”. Colombia Forestal [en línea], 2017, (Colombia) 14(2), pp. 213-232. [Consulta: 02 julio 2021]. ISSN: 0120-0739. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939616005.pdf>.

 **DBRAI**

Ing. Cristhian Castillo



ANEXOS

ANEXO A: VOLÚMENES DE AGUA ALMACENADOS (EFICIENCIA DE RIEGO POR GOTEO)

Línea 3		Línea 8		Línea 13	
Muestra	mm	Muestra	mm	Muestra	mm
1	30	1	31	1	35
2	29	2	31	2	31
3	30	3	31	3	38
4	31	4	31	4	32
5	30	5	30	5	30
6	31	6	32	6	52
7	32	7	32	7	33
8	32	8	32	8	33
9	28	9	32	9	32
10	32	10	32	10	30
11	32	11	31	11	33
12	32	12	32	12	33
13	32	13	32	13	32
14	32	14	32	14	31
15	33	15	49	15	32

ANEXO B: VOLÚMENES DE AGUA ALMACENADOS (EFICIENCIA DE RIEGO POR ASPERSIÓN)

DATOS												
	ml											
a	18	19	25	20	28	26	28	24	30	28	25	30
b	25	20	26	25	21	24	27	26	20	29	27	28
c	20	22	20	26	26	23	20	20	25	24	20	26
d	22	21	23	19	23	25	24	28	26	23	23	25

ANEXO C: PRECIPITACIÓN DURANTE TODO EL CICLO DE CULTIVO (ESTACIÓN METEOROLÓGICA TUNSHI)

Fecha	A pluviometro (m ²)	Precip. (ml)	Precip. (L)	Precipi. (L/m ²)
8/12/2020	0,018	43,5	0,04	2,42
9/12/2020	0,018	0,0	0,00	0,00
10/12/2020	0,018	3,0	0,00	0,17
11/12/2020	0,018	58,0	0,06	3,22
12/12/2020	0,018	90,0	0,09	5,00
13/12/2020	0,018	0,8	0,00	0,04
14/12/2020	0,018	0,0	0,00	0,00
15/12/2020	0,018	2,5	0,00	0,14

Fecha	A pluviometro (m²)	Precip. (ml)	Precip. (L)	Precipi. (L/m²)
16/12/2020	0,018	0,0	0,00	0,00
17/12/2020	0,018	19,0	0,02	1,06
18/12/2020	0,018	22,0	0,02	1,22
19/12/2020	0,018	1,0	0,00	0,06
20/12/2020	0,018	30,0	0,03	1,67
21/12/2020	0,018	150,0	0,15	8,33
22/12/2020	0,018	0,0	0,00	0,00
23/12/2020	0,018	30,0	0,03	1,67
24/12/2020	0,018	15,0	0,02	0,83
25/12/2020	0,018	90,0	0,09	5,00
26/12/2020	0,018	200,0	0,20	11,11
27/12/2020	0,018	0,0	0,00	0,00
28/12/2020	0,018	10,0	0,01	0,56
29/12/2020	0,018	15,0	0,02	0,83
30/12/2020	0,018	25,0	0,03	1,39
31/12/2020	0,018	0,0	0,00	0,00
1/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
2/1/2021	0,018	20,0	0,02	1,11
3/1/2021	0,018	38,0	0,04	2,11
4/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
5/1/2021	0,018	18,0	0,02	1,00
6/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
7/1/2021	0,018	60,0	0,06	3,33
8/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
9/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
10/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
11/1/2021	0,018	46,5	0,05	2,58
12/1/2021	0,018	150,0	0,15	8,33
13/1/2021	0,018	21,0	0,02	1,17
14/1/2021	0,018	40,0	0,04	2,22
15/1/2021	0,018	20,0	0,02	1,11
16/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
17/1/2021	0,018	20,0	0,02	1,11
18/1/2021	0,018	15,0	0,02	0,83
19/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
20/1/2021	0,018	30,0	0,03	1,67
21/1/2021	0,018	110,0	0,11	6,11
22/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
23/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
24/1/2021	0,018	140,5	0,14	7,81
25/1/2021	0,018	26,0	0,03	1,44
26/1/2021	0,018	38,0	0,04	2,11
27/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00

Fecha	A pluviometro (m²)	Precip. (ml)	Precip. (L)	Precipi. (L/m²)
28/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
29/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
30/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
31/1/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
1/2/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
2/2/2021	0,018	20,0	0,02	1,11
3/2/2021	0,018	26,0	0,03	1,44
4/2/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
5/2/2021	0,018	50,0	0,05	2,78
6/2/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
7/2/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
8/2/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
9/2/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
10/2/2021	0,018	95,0	0,10	5,28
11/2/2021	0,018	20,0	0,02	1,11
12/2/2021	0,018	197,5	0,20	10,97
13/2/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
14/2/2021	0,018	20,0	0,02	1,11
15/2/2021	0,018	30,0	0,03	1,67
16/2/2021	0,018	120,0	0,12	6,67
17/2/2021	0,018	170,0	0,17	9,44
18/2/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
19/2/2021	0,018	17,5	0,02	0,97
20/2/2021	0,018	112,5	0,11	6,25
21/2/2021	0,018	20,0	0,02	1,11
22/2/2021	0,018	40,0	0,04	2,22
23/2/2021	0,018	12,0	0,01	0,67
24/2/2021	0,018	25,0	0,03	1,39
25/2/2021	0,018	20,0	0,02	1,11
26/2/2021	0,018	17,0	0,02	0,94
27/2/2021	0,018	120,0	0,12	6,67
28/2/2021	0,018	120,0	0,12	6,67
1/3/2021	0,018	145,0	0,15	8,06
2/3/2021	0,018	230,0	0,23	12,78
3/3/2021	0,018	327,0	0,33	18,17
4/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
5/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
6/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
7/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
8/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
9/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
10/3/2021	0,018	91,0	0,09	5,06
11/3/2021	0,018	142,0	0,14	7,89

Fecha	A pluviometro (m²)	Precip. (ml)	Precip. (L)	Precipi. (L/m²)
12/3/2021	0,018	203,0	0,20	11,28
13/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
14/3/2021	0,018	280,0	0,28	15,56
15/3/2021	0,018	181,0	0,18	10,06
16/3/2021	0,018	167,0	0,17	9,28
17/3/2021	0,018	28,0	0,03	1,56
18/3/2021	0,018	110,0	0,11	6,11
19/3/2021	0,018	105,0	0,11	5,83
20/3/2021	0,018	1,0	0,00	0,06
21/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
22/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
23/3/2021	0,018	16,0	0,02	0,89
24/3/2021	0,018	60,0	0,06	3,33
25/3/2021	0,018	145,0	0,15	8,06
26/3/2021	0,018	34,0	0,03	1,89
27/3/2021	0,018	128,0	0,13	7,11
28/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
29/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
30/3/2021	0,018	23,0	0,02	1,28
31/3/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
1/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
2/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
3/4/2021	0,018	33,0	0,03	1,83
4/4/2021	0,018	125,0	0,13	6,94
5/4/2021	0,018	13,0	0,01	0,72
6/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
7/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
8/4/2021	0,018	24,0	0,02	1,33
9/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
10/4/2021	0,018	35,0	0,04	1,94
11/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
12/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
13/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
14/4/2021	0,018	0,0	0,00	0,00
15/4/2021	0,018	64,0	0,06	3,56

**ANEXO D: EVAPOTRANSPIRACIÓN DURANTE TODO EL CICLO DE CULTIVO
(ESTACIÓN METEREOLÓGICA TUNSHI)**

Fecha	Dia Anterior	Dia Siguiente	EVAPO tanque (mm)	Kp	Pluviometro	Eto tanque (mm)
8/12/2020	46,0	43,1	5,3	0,85	43,5	4,5
9/12/2020	43,1	42,0	1,1	0,85	0,0	0,9
10/12/2020	42,0	37,9	4,3	0,85	3,0	3,6
11/12/2020	37,9	35,1	1,7	0,85	58,0	1,4
12/12/2020	35,1	32,2	7,9	0,85	90,0	6,7
13/12/2020	32,2	27,0	5,2	0,85	0,8	4,5
14/12/2020	27,0	22,8	4,2	0,85	0,0	3,6
15/12/2020	22,8	18,5	4,4	0,85	2,5	3,8
16/12/2020	46,0	41,5	4,5	0,85	0,0	3,8
17/12/2020	41,5	39,4	3,2	0,85	19,0	2,7
18/12/2020	39,4	34,1	6,5	0,85	22,0	5,5
19/12/2020	34,1	30,3	3,9	0,85	1,0	3,3
20/12/2020	30,3	26,7	5,3	0,85	30,0	4,5
21/12/2020	26,7	28,9	6,1	0,85	150,0	5,2
22/12/2020	46,0	42,7	3,3	0,85	0,0	2,8
23/12/2020	42,7	39,8	4,6	0,85	30,0	3,9
24/12/2020	39,8	33,9	6,7	0,85	15,0	5,7
25/12/2020	33,9	32,7	6,2	0,85	90,0	5,3
26/12/2020	32,7	35,5	8,3	0,75	200,0	6,2
27/12/2020	35,5	31,0	4,5	0,85	0,0	3,8
28/12/2020	31,0	29,4	2,2	0,85	10,0	1,8
29/12/2020	29,4	25,2	5,0	0,85	15,0	4,3
30/12/2020	25,2	23,7	2,9	0,85	25,0	2,5
31/12/2020	23,7	21,4	2,3	0,85	0,0	2,0
1/1/2021	46,0	44,0	2,0	0,85	0,0	1,7
2/1/2021	44,0	41,4	3,7	0,85	20,0	3,2
3/1/2021	41,4	37,5	6,0	0,85	38,0	5,1
4/1/2021	37,5	33,2	4,3	0,85	0,0	3,7
5/1/2021	33,2	31,5	2,7	0,85	18,0	2,3
6/1/2021	31,5	29,3	2,2	0,85	0,0	1,9
7/1/2021	29,3	24,4	8,2	0,85	60,0	7,0
8/1/2021	24,4	22,7	1,7	0,85	0,0	1,4
9/1/2021	22,7	18,9	3,8	0,85	0,0	3,2
10/1/2021	46,0	42,3	3,7	0,85	0,0	3,1
11/1/2021	42,3	36,5	8,4	0,85	46,5	7,1
12/1/2021	36,5	36,9	7,9	0,85	150,0	6,7
13/1/2021	36,9	32,9	5,2	0,85	21,0	4,4
14/1/2021	32,9	28,9	6,2	0,85	40,0	5,3
15/1/2021	28,9	23,5	6,5	0,85	20,0	5,5

Fecha	Dia Anterior	Dia Siguiente	EVAPO tanque (mm)	Kp	Pluviometro	Eto tanque (mm)
17/1/2021	46,0	40,4	6,7	0,85	20,0	5,7
18/1/2021	40,4	34,5	6,7	0,75	15,0	5,1
19/1/2021	34,5	29,1	5,4	0,85	0,0	4,6
20/1/2021	29,1	26,4	4,4	0,85	30,0	3,7
21/1/2021	26,4	24,0	8,5	0,85	110,0	7,2
22/1/2021	24,0	20,1	3,9	0,85	0,0	3,3
23/1/2021	46,0	41,6	4,4	0,85	0,0	3,7
24/1/2021	41,6	41,8	7,6	0,85	140,5	6,5
25/1/2021	41,6	40,0	3,0	0,85	26,0	2,6
26/1/2021	40	36,7	5,4	0,85	38,0	4,6
27/1/2021	36,7	31,3	5,4	0,85	0,0	4,6
28/1/2021	46	39,3	6,7	0,85	0,0	5,7
29/1/2021	39,3	32,7	6,6	0,85	0,0	5,6
30/1/2021	32,7	27,0	5,7	0,75	0,0	4,3
31/1/2021	27	20,9	6,1	0,75	0,0	4,6
1/2/2021	46	42,2	1,0	0,85	0,0	0,9
2/2/2021	42,2	37,0	2,0	0,85	20,0	1,7
3/2/2021	37	32,4	1,0	0,85	26,0	0,9
4/2/2021	32,4	28,7	2,0	0,85	0,0	1,7
5/2/2021	28,7	23,5	8,0	0,75	50,0	6,0
6/2/2021	23,5	19,3	4,2	0,85	0,0	3,6
7/2/2021	46,0	40,7	5,3	0,85	0,0	4,5
8/2/2021	40,7	36,4	4,3	0,85	0,0	3,7
9/2/2021	36,4	32,2	4,2	0,85	0,0	3,6
10/2/2021	32,2	31,7	5,8	0,85	95,0	4,9
11/2/2021	31,7	27,3	5,5	0,85	20,0	4,7
12/2/2021	27,3	30,6	7,7	0,85	197,5	6,5
13/2/2021	30,6	24,1	6,5	0,85	0,0	5,5
14/2/2021	46,0	40,2	6,9	0,85	20,0	5,9
15/2/2021	40,2	34,0	7,9	0,85	30,0	6,7
16/2/2021	34,0	33,8	6,9	0,75	120,0	5,2
17/2/2021	33,8	35,9	7,3	0,75	170,0	5,5
18/2/2021	35,9	32,4	3,5	0,85	0,0	3,0
19/2/2021	46,0	43,8	3,2	0,85	17,5	2,7
20/2/2021	43,8	42,5	7,6	0,85	112,5	6,4
21/2/2021	42,5	39,1	4,5	0,85	20,0	3,8
22/2/2021	39,1	37,9	3,4	0,85	40,0	2,9
23/2/2021	37,9	37,3	1,3	0,85	12,0	1,1
24/2/2021	37,3	36,5	2,2	0,85	25,0	1,9
25/2/2021	36,5	33,8	3,8	0,85	20,0	3,2
26/2/2021	33,8	32,2	2,5	0,85	17,0	2,2
27/2/2021	32,2	33,6	5,3	0,85	120,0	4,5

Fecha	Dia Anterior	Dia Siguiente	EVAPO tanque (mm)	Kp	Pluviometro	Eto tanque (mm)
1/3/2021	46,0	47,8	6,3	0,85	145,0	5,3
2/3/2021	47,8	50,8	9,8	0,85	230,0	8,3
3/3/2021	50,8	60,8	8,2	0,85	327,0	6,9
4/3/2021	60,8	59,9	0,9	0,85	0	0,8
5/3/2021	59,9	57,9	2,0	0,85	0	1,7
6/3/2021	57,9	54,2	3,7	0,85	0	3,1
7/3/2021	54,2	51,2	3,0	0,85	0	2,6
8/3/2021	51,2	48,2	3,0	0,85	0	2,6
9/3/2021	48,2	44,6	3,6	0,85	0	3,1
10/3/2021	44,6	46,6	3,1	0,85	91	2,6
11/3/2021	46,6	47,6	6,9	0,85	142	5,9
12/3/2021	47,6	51,9	7,0	0,85	203	5,9
13/3/2021	51,9	49,6	2,3	0,85	0	2,0
14/3/2021	49,6	56,3	8,9	0,85	280	7,5
15/3/2021	56,3	60,6	5,8	0,85	181	4,9
16/3/2021	60,6	65,3	4,6	0,85	167	3,9
17/3/2021	84,52	85,01	1,1	0,85	28	0,9
18/3/2021	85,01	87,19	3,9	0,85	110	3,3
19/3/2021	87,19	90,96	2,1	0,85	105	1,8
20/3/2021	90,96	88,39	2,6	0,65	1	1,7
21/3/2021	88,39	84,88	3,5	0,85	0	3,0
22/3/2021	84,88	81,25	3,6	0,85	0	3,1
23/3/2021	81,25	80,07	2,1	0,75	16	1,6
24/3/2021	80,07	81,46	1,9	0,85	60	1,7
25/3/2021	81,46	84,27	5,2	0,85	145	4,5
26/3/2021	84,27	82,96	3,2	0,85	34	2,7
27/3/2021	82,96	85,97	4,1	0,85	128	3,5
28/3/2021	85,97	82,03	3,9	0,85	0	3,3
29/3/2021	82,03	79,52	2,5	0,85	0	2,1
30/3/2021	79,52	79,45	1,3	0,75	23	1,0
31/3/2021	79,45	74,73	4,7	0,85	0	4,0
1/4/2021	74,73	73,22	1,5	0,85	0	1,3
2/4/2021	73,22	68,39	4,8	0,85	0	4,1
3/4/2021	68,39	67,55	2,7	0,85	33	2,3
4/4/2021	67,55	71,98	2,5	0,85	125	2,1
5/4/2021	71,98	70,84	1,9	0,85	13	1,6
6/4/2021	70,84	68,01	2,8	0,75	0	2,1
7/4/2021	68,01	65,15	2,9	0,85	0	2,4
8/4/2021	65,15	62,43	4,1	0,85	24	3,4
9/4/2021	62,43	59,53	2,9	0,85	0	2,5
10/4/2021	59,53	58,73	2,7	0,85	35	2,3
11/4/2021	58,73	55,23	3,5	0,85	0	3,0

Fecha	Dia Anterior	Dia Siguiete	EVAPO tanque (mm)	Kp	Pluviometro	Eto tanque (mm)
13/4/2021	51,46	47,58	3,9	0,85	0	3,3
14/4/2021	47,58	44,38	3,2	0,85	0	2,7
15/4/2021	44,38	42,54	5,4	0,85	64	4,6

ANEXO E: PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR GRAVEDAD

Gravedad									
Área por regar: 1104 m²									
FECHA	Nº LLAVES	Q l/s	Q total	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m2)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(s)	TIEMPO(min)
11/12/2020	24	0.25	6	2.21	1.19	3.39	3420.0	570.00	9.50
12/12/2020	24	0.25	6	1.50	0.81	2.31	2330.6	388.44	6.47
13/12/2020	24	0.25	6	3.68	1.98	5.65	5700.1	950.02	15.83
14/12/2020	24	0.25	6	2.78	1.50	4.28	4309.7	718.28	11.97
15/12/2020	24	0.25	6	2.06	1.11	3.17	3191.9	531.99	8.87
16/12/2020	24	0.25	6	2.41	1.30	3.71	3738.1	623.01	10.38
17/12/2020	24	0.25	6	1.93	1.04	2.97	2996.5	499.42	8.32
18/12/2020	24	0.25	6	1.93	1.04	2.97	2998.8	499.79	8.33
19/12/2020	24	0.25	6	3.52	1.89	5.41	5454.9	909.15	15.15
20/12/2020	24	0.25	6	2.35	1.26	3.61	3641.0	606.83	10.11
21/12/2020	24	0.25	6	3.11	1.67	4.78	4820.2	803.36	13.39
22/12/2020	24	0.25	6	4.14	2.23	6.36	6414.3	1069.06	17.82
23/12/2020	24	0.25	6	2.24	1.21	3.45	3477.6	579.59	9.66
24/12/2020	24	0.25	6	2.86	1.54	4.40	4433.1	738.85	12.31
25/12/2020	24	0.25	6	4.22	2.27	6.49	6540.8	1090.14	18.17
26/12/2020	24	0.25	6	3.72	2.00	5.72	5766.9	961.15	16.02
27/12/2020	24	0.25	6	4.50	2.42	6.92	6974.7	1162.44	19.37
28/12/2020	24	0.25	6	3.16	1.70	4.86	4901.1	816.84	13.61
29/12/2020	24	0.25	6	2.02	1.09	3.10	3127.2	521.20	8.69
30/12/2020	24	0.25	6	2.98	1.60	4.58	4615.6	769.27	12.82
31/12/2020	24	0.25	6	1.92	1.03	2.96	2979.5	496.59	8.28
01/01/2021	24	0.25	6	2.07	1.12	3.19	3429.3	571.54	9.53

FECHA	Nº LLAVES	Q l/s	Q total	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(s)	TIEMPO(min)
03/01/2021	24	0.25	6	2.53	1.36	3.89	4186.9	697.81	11.63
04/01/2021	24	0.25	6	3.87	2.08	5.95	6392.4	1065.41	17.76
05/01/2021	24	0.25	6	3.10	1.67	4.77	5131.2	855.20	14.25
06/01/2021	24	0.25	6	2.13	1.15	3.28	3523.9	587.32	9.79
07/01/2021	24	0.25	6	2.04	1.10	3.14	3374.6	562.44	9.37
08/01/2021	24	0.25	6	4.58	2.47	7.05	7578.3	1263.05	21.05
09/01/2021	24	0.25	6	2.25	1.21	3.47	3727.6	621.26	10.35
10/01/2021	24	0.25	6	2.91	1.56	4.47	4804.4	800.73	13.35
11/01/2021	24	0.25	6	3.01	1.62	4.63	4974.4	829.07	13.82
12/01/2021	24	0.25	6	5.01	2.69	7.70	8281.4	1380.23	23.00
13/01/2021	24	0.25	6	4.74	2.55	7.29	7837.5	1306.26	21.77
14/01/2021	24	0.25	6	3.52	1.89	5.41	5814.8	969.14	16.15
15/01/2021	24	0.25	6	4.10	2.20	6.30	6777.4	1129.57	18.83
16/01/2021	24	0.25	6	4.16	2.24	6.40	6877.7	1146.29	19.10
17/01/2021	24	0.25	6	4.03	2.17	6.20	6667.9	1111.31	18.52
18/01/2021	24	0.25	6	4.58	2.46	7.04	7574.1	1262.35	21.04
19/01/2021	24	0.25	6	4.70	2.53	7.23	7769.9	1294.98	21.58
20/01/2021	24	0.25	6	3.84	2.06	5.90	6343.6	1057.27	17.62
21/01/2021	24	0.25	6	3.22	1.73	4.95	5317.8	886.30	14.77
22/01/2021	24	0.25	6	4.77	2.57	7.33	7884.4	1314.06	21.90
23/01/2021	24	0.25	6	3.53	1.90	5.43	5833.7	972.29	16.20
24/01/2021	24	0.25	6	3.49	1.88	5.37	5777.6	962.93	16.05
25/01/2021	24	0.25	6	5.61	3.02	8.63	9280.8	1546.80	25.78
26/01/2021	24	0.25	6	3.46	1.86	5.33	5726.3	954.39	15.91
27/01/2021	24	0.25	6	4.73	2.54	7.27	7821.5	1303.59	21.73

FECHA	Nº LLAVES	Q l/s	Q total	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(s)	TIEMPO(min)
29/01/2021	24	0.25	6	4.75	2.55	7.30	7849.3	1308.21	21.80
30/01/2021	24	0.25	6	5.00	2.69	7.69	8270.4	1378.39	22.97
31/01/2021	24	0.25	6	4.85	2.61	7.46	8024.3	1337.38	22.29
01/02/2021	24	0.25	6	5.06	2.72	7.78	8593.7	1432.28	23.87
02/02/2021	24	0.25	6	2.67	1.44	4.11	4532.8	755.47	12.59
03/02/2021	24	0.25	6	2.84	1.53	4.37	4821.8	803.63	13.39
04/02/2021	24	0.25	6	3.38	1.82	5.21	5746.9	957.81	15.96
05/02/2021	24	0.25	6	3.55	1.91	5.46	6022.7	1003.78	16.73
06/02/2021	24	0.25	6	7.09	3.81	10.90	12034.3	2005.71	33.43
07/02/2021	24	0.25	6	4.68	2.52	7.20	7944.8	1324.14	22.07
08/02/2021	24	0.25	6	5.25	2.82	8.08	8915.5	1485.91	24.77
09/02/2021	24	0.25	6	5.02	2.70	7.73	8528.7	1421.44	23.69
10/02/2021	24	0.25	6	4.68	2.52	7.19	7942.2	1323.70	22.06
11/02/2021	24	0.25	6	6.14	3.30	9.44	10419.5	1736.58	28.94
12/02/2021	24	0.25	6	5.80	3.12	8.92	9842.9	1640.48	27.34
13/02/2021	24	0.25	6	7.29	3.92	11.21	12381.1	2063.52	34.39
14/02/2021	24	0.25	6	5.86	3.15	9.01	9943.3	1657.22	27.62
15/02/2021	24	0.25	6	7.23	3.89	11.12	12275.5	2045.92	34.10
16/02/2021	24	0.25	6	7.50	4.03	11.53	12726.3	2121.04	35.35
17/02/2021	24	0.25	6	7.48	4.02	11.50	12697.1	2116.19	35.27
18/02/2021	24	0.25	6	7.26	3.90	11.16	12323.8	2053.97	34.23
19/02/2021	24	0.25	6	3.38	1.82	5.21	5747.3	957.88	15.96
20/02/2021	24	0.25	6	3.27	1.76	5.03	5549.1	924.85	15.41
21/02/2021	24	0.25	6	7.38	3.97	11.35	12526.5	2087.74	34.80
22/02/2021	24	0.25	6	4.97	2.67	7.64	8436.9	1406.15	23.44

FECHA	Nº LLAVES	Q l/s	Q total	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(s)	TIEMPO(min)
24/02/2021	24	0.25	6	3.22	1.73	4.95	5459.3	909.89	15.16
25/02/2021	24	0.25	6	3.86	2.08	5.93	6549.9	1091.65	18.19
26/02/2021	24	0.25	6	3.69	1.98	5.67	6261.1	1043.52	17.39
27/02/2021	24	0.25	6	3.38	1.82	5.20	5738.4	956.39	15.94
28/02/2021	24	0.25	6	6.07	3.26	9.33	10299.9	1716.64	28.61
01/03/2021	24	0.25	6	5.79	3.12	8.91	9833.5	1638.92	27.32
02/03/2021	24	0.25	6	7.25	3.90	11.14	10697.8	1782.97	29.72
03/03/2021	24	0.25	6	8.81	4.74	13.55	13005.1	2167.52	36.13
04/03/2021	24	0.25	6	7.24	3.90	11.14	10694.1	1782.35	29.71
05/03/2021	24	0.25	6	3.36	1.81	5.17	4967.9	827.98	13.80
06/03/2021	24	0.25	6	3.28	1.76	5.04	4836.6	806.09	13.43
07/03/2021	24	0.25	6	3.46	1.86	5.33	5112.5	852.09	14.20
08/03/2021	24	0.25	6	4.12	2.22	6.34	6083.5	1013.92	16.90
09/03/2021	24	0.25	6	4.29	2.31	6.59	6328.4	1054.73	17.58
10/03/2021	24	0.25	6	4.51	2.43	6.93	6655.7	1109.29	18.49
11/03/2021	24	0.25	6	4.62	2.49	7.11	6827.8	1137.97	18.97
12/03/2021	24	0.25	6	6.02	3.24	9.26	8887.1	1481.19	24.69
13/03/2021	24	0.25	6	6.93	3.73	10.66	10237.1	1706.18	28.44
14/03/2021	24	0.25	6	3.15	1.70	4.85	4657.8	776.30	12.94
15/03/2021	24	0.25	6	8.80	4.74	13.54	12996.3	2166.04	36.10
16/03/2021	24	0.25	6	5.54	2.98	8.53	8184.3	1364.05	22.73
17/03/2021	24	0.25	6	4.68	2.52	7.20	6908.3	1151.38	19.19
18/03/2021	24	0.25	6	3.14	1.69	4.83	4640.3	773.38	12.89
19/03/2021	24	0.25	6	4.79	2.57	7.36	7066.1	1177.68	19.63
20/03/2021	24	0.25	6	3.44	1.85	5.29	5078.0	846.34	14.11

FECHA	Nº LLAVES	Q l/s	Q total	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(s)	TIEMPO(min)
22/03/2021	24	0.25	6	3.98	2.14	6.11	5870.4	978.40	16.31
23/03/2021	24	0.25	6	4.70	2.53	7.24	6946.4	1157.73	19.30
24/03/2021	24	0.25	6	3.11	1.68	4.79	4597.2	766.21	12.77
25/03/2021	24	0.25	6	3.05	1.64	4.70	4509.9	751.65	12.53
26/03/2021	24	0.25	6	6.19	3.33	9.52	9137.5	1522.91	25.38
27/03/2021	24	0.25	6	3.87	2.08	5.95	5711.4	951.89	15.86
28/03/2021	24	0.25	6	4.12	2.22	6.33	6080.6	1013.43	16.89
29/03/2021	24	0.25	6	3.88	2.09	5.96	5722.4	953.73	15.90
30/03/2021	24	0.25	6	2.74	1.47	4.21	4039.4	673.23	11.22
31/03/2021	24	0.25	6	2.81	1.51	4.32	4151.5	691.91	11.53
01/04/2021	24	0.25	6	3.66	1.97	5.63	5400.5	900.09	15.00
02/04/2021	24	0.25	6	3.26	1.75	5.01	4813.0	802.17	13.37
03/04/2021	24	0.25	6	3.95	2.13	6.08	5833.6	972.27	16.20
04/04/2021	24	0.25	6	2.76	1.48	4.24	4070.2	678.37	11.31
05/04/2021	24	0.25	6	3.38	1.82	5.20	4991.5	831.92	13.87
06/04/2021	24	0.25	6	2.91	1.56	4.47	4292.7	715.45	11.92
07/04/2021	24	0.25	6	3.07	1.65	4.72	4535.8	755.97	12.60
08/04/2021	24	0.25	6	2.99	1.61	4.59	4409.4	734.90	12.25
09/04/2021	24	0.25	6	4.22	2.27	6.49	6234.4	1039.07	17.32
10/04/2021	24	0.25	6	3.30	1.78	5.08	4874.5	812.42	13.54
11/04/2021	24	0.25	6	3.12	1.68	4.80	4609.5	768.26	12.80
12/04/2021	24	0.25	6	3.56	1.92	5.48	5260.5	876.75	14.61
13/04/2021	24	0.25	6	3.74	2.01	5.76	5528.9	921.48	15.36
14/04/2021	24	0.25	6	3.99	2.15	6.13	5887.7	981.28	16.35
15/04/2021	24	0.25	6	4.31	2.32	6.63	6367.5	1061.25	17.69

ANEXO F: PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR GOTEO

Goteo								
Área por regar: 1872 m²								
FECHA	N° GOTEROS	Q l/m	Q total(l/min)	ETC	EFICIENCIA L/m²	VOLUMEN(L/m²)	VOLUMEN PARCELA(L)	Tiempo (min)
11/12/2020	15600	0.02	312	2.21	0.15	2.36	4417.48	14.16
12/12/2020	15600	0.02	312	1.50	0.10	1.61	3010.41	9.65
13/12/2020	15600	0.02	312	3.68	0.26	3.93	7362.69	23.60
14/12/2020	15600	0.02	312	2.78	0.19	2.97	5566.68	17.84
15/12/2020	15600	0.02	312	2.06	0.14	2.20	4122.89	13.21
16/12/2020	15600	0.02	312	2.41	0.17	2.58	4828.34	15.48
17/12/2020	15600	0.02	312	1.93	0.13	2.07	3870.49	12.41
18/12/2020	15600	0.02	312	1.93	0.13	2.07	3873.40	12.41
19/12/2020	15600	0.02	312	3.52	0.25	3.76	7045.91	22.58
20/12/2020	15600	0.02	312	2.35	0.16	2.51	4702.95	15.07
21/12/2020	15600	0.02	312	3.11	0.22	3.33	6226.04	19.96
22/12/2020	15600	0.02	312	4.14	0.29	4.43	8285.19	26.56
23/12/2020	15600	0.02	312	2.24	0.16	2.40	4491.87	14.40
24/12/2020	15600	0.02	312	2.86	0.20	3.06	5726.06	18.35
25/12/2020	15600	0.02	312	4.22	0.29	4.51	8448.57	27.08
26/12/2020	15600	0.02	312	3.72	0.26	3.98	7448.94	23.87
27/12/2020	15600	0.02	312	4.50	0.31	4.81	9008.94	28.87
28/12/2020	15600	0.02	312	3.16	0.22	3.38	6330.54	20.29
29/12/2020	15600	0.02	312	2.02	0.14	2.16	4039.33	12.95
30/12/2020	15600	0.02	312	2.98	0.21	3.18	5961.86	19.11
31/12/2020	15600	0.02	312	1.92	0.13	2.06	3848.58	12.34
01/01/2021	15600	0.02	312	2.07	0.14	2.22	4152.62	13.31

FECHA	N° GOTEROS	Q l/m	Q total(l/min)	ETC	EFICIENCIA L/m ²	VOLUMEN(L/m ²)	VOLUMEN PARCELA(L)	Tiempo (min)
03/01/2021	15600	0.02	312	2.53	0.18	2.71	5070.06	16.25
04/01/2021	15600	0.02	312	3.87	0.27	4.14	7740.86	24.81
05/01/2021	15600	0.02	312	3.10	0.22	3.32	6213.55	19.92
06/01/2021	15600	0.02	312	2.13	0.15	2.28	4267.25	13.68
07/01/2021	15600	0.02	312	2.04	0.14	2.18	4086.45	13.10
08/01/2021	15600	0.02	312	4.58	0.32	4.90	9176.88	29.41
09/01/2021	15600	0.02	312	2.25	0.16	2.41	4513.84	14.47
10/01/2021	15600	0.02	312	2.91	0.20	3.11	5817.83	18.65
11/01/2021	15600	0.02	312	3.01	0.21	3.22	6023.68	19.31
12/01/2021	15600	0.02	312	5.01	0.35	5.36	10028.23	32.14
13/01/2021	15600	0.02	312	4.74	0.33	5.07	9490.79	30.42
14/01/2021	15600	0.02	312	3.52	0.25	3.76	7041.39	22.57
15/01/2021	15600	0.02	312	4.10	0.29	4.38	8207.06	26.30
16/01/2021	15600	0.02	312	4.16	0.29	4.45	8328.53	26.69
17/01/2021	15600	0.02	312	4.03	0.28	4.31	8074.39	25.88
18/01/2021	15600	0.02	312	4.58	0.32	4.90	9171.76	29.40
19/01/2021	15600	0.02	312	4.70	0.33	5.03	9408.84	30.16
20/01/2021	15600	0.02	312	3.84	0.27	4.10	7681.77	24.62
21/01/2021	15600	0.02	312	3.22	0.22	3.44	6439.56	20.64
22/01/2021	15600	0.02	312	4.77	0.33	5.10	9547.50	30.60
23/01/2021	15600	0.02	312	3.53	0.25	3.77	7064.27	22.64
24/01/2021	15600	0.02	312	3.49	0.24	3.74	6996.30	22.42
25/01/2021	15600	0.02	312	5.61	0.39	6.00	11238.47	36.02
26/01/2021	15600	0.02	312	3.46	0.24	3.70	6934.22	22.23
27/01/2021	15600	0.02	312	4.73	0.33	5.06	9471.41	30.36

FECHA	N° GOTEROS	Q l/m	Q total(l/min)	ETC	EFICIENCIA L/m ²	VOLUMEN(L/m ²)	VOLUMEN PARCELA(L)	Tiempo (min)
29/01/2021	15600	0.02	312	4.75	0.33	5.08	9504.99	30.46
30/01/2021	15600	0.02	312	5.00	0.35	5.35	10014.89	32.10
31/01/2021	15600	0.02	312	4.85	0.34	5.19	9716.89	31.14
01/02/2021	15600	0.02	312	5.06	0.35	5.41	10134.93	32.48
02/02/2021	15600	0.02	312	2.67	0.19	2.86	5345.79	17.13
03/02/2021	15600	0.02	312	2.84	0.20	3.04	5686.58	18.23
04/02/2021	15600	0.02	312	3.38	0.24	3.62	6777.55	21.72
05/02/2021	15600	0.02	312	3.55	0.25	3.79	7102.81	22.77
06/02/2021	15600	0.02	312	7.09	0.49	7.58	14192.59	45.49
07/02/2021	15600	0.02	312	4.68	0.33	5.01	9369.73	30.03
08/02/2021	15600	0.02	312	5.25	0.37	5.62	10514.46	33.70
09/02/2021	15600	0.02	312	5.02	0.35	5.37	10058.27	32.24
10/02/2021	15600	0.02	312	4.68	0.33	5.00	9366.64	30.02
11/02/2021	15600	0.02	312	6.14	0.43	6.56	12288.23	39.39
12/02/2021	15600	0.02	312	5.80	0.40	6.20	11608.21	37.21
13/02/2021	15600	0.02	312	7.29	0.51	7.80	14601.68	46.80
14/02/2021	15600	0.02	312	5.86	0.41	6.26	11726.65	37.59
15/02/2021	15600	0.02	312	7.23	0.50	7.73	14477.14	46.40
16/02/2021	15600	0.02	312	7.50	0.52	8.02	15008.71	48.10
17/02/2021	15600	0.02	312	7.48	0.52	8.00	14974.34	47.99
18/02/2021	15600	0.02	312	7.26	0.51	7.76	14534.09	46.58
19/02/2021	15600	0.02	312	3.38	0.24	3.62	6778.07	21.72
20/02/2021	15600	0.02	312	3.27	0.23	3.50	6544.32	20.98
21/02/2021	15600	0.02	312	7.38	0.51	7.89	14773.07	47.35
22/02/2021	15600	0.02	312	4.97	0.35	5.32	9950.07	31.89

FECHA	N° GOTEROS	Q l/m	Q total(l/min)	ETC	EFICIENCIA L/m ²	VOLUMEN(L/m ²)	VOLUMEN PARCELA(L)	Tiempo (min)
24/02/2021	15600	0.02	312	3.22	0.22	3.44	6438.44	20.64
25/02/2021	15600	0.02	312	3.86	0.27	4.13	7724.62	24.76
26/02/2021	15600	0.02	312	3.69	0.26	3.94	7384.05	23.67
27/02/2021	15600	0.02	312	3.38	0.24	3.62	6767.53	21.69
28/02/2021	15600	0.02	312	6.07	0.42	6.49	12147.13	38.93
01/03/2021	15600	0.02	312	5.79	0.40	6.20	11597.13	37.17
02/03/2021	15600	0.02	312	7.25	0.51	7.75	14508.94	46.50
03/03/2021	15600	0.02	312	8.81	0.61	9.42	17638.19	56.53
04/03/2021	15600	0.02	312	7.24	0.50	7.75	14503.88	46.49
05/03/2021	15600	0.02	312	3.36	0.23	3.60	6737.68	21.60
06/03/2021	15600	0.02	312	3.28	0.23	3.50	6559.60	21.02
07/03/2021	15600	0.02	312	3.46	0.24	3.70	6933.87	22.22
08/03/2021	15600	0.02	312	4.12	0.29	4.41	8250.82	26.44
09/03/2021	15600	0.02	312	4.29	0.30	4.58	8582.86	27.51
10/03/2021	15600	0.02	312	4.51	0.31	4.82	9026.85	28.93
11/03/2021	15600	0.02	312	4.62	0.32	4.95	9260.23	29.68
12/03/2021	15600	0.02	312	6.02	0.42	6.44	12053.18	38.63
13/03/2021	15600	0.02	312	6.93	0.48	7.42	13884.04	44.50
14/03/2021	15600	0.02	312	3.15	0.22	3.37	6317.12	20.25
15/03/2021	15600	0.02	312	8.80	0.61	9.42	17626.20	56.49
16/03/2021	15600	0.02	312	5.54	0.39	5.93	11100.00	35.58
17/03/2021	15600	0.02	312	4.68	0.33	5.01	9369.37	30.03
18/03/2021	15600	0.02	312	3.14	0.22	3.36	6293.38	20.17
19/03/2021	15600	0.02	312	4.79	0.33	5.12	9583.39	30.72
20/03/2021	15600	0.02	312	3.44	0.24	3.68	6887.08	22.07

FECHA	N° GOTEROS	Q l/m	Q total(l/min)	ETC	EFICIENCIA L/m ²	VOLUMEN(L/m ²)	VOLUMEN PARCELA(L)	Tiempo (min)
22/03/2021	15600	0.02	312	3.98	0.28	4.25	7961.72	25.52
23/03/2021	15600	0.02	312	4.70	0.33	5.03	9421.05	30.20
24/03/2021	15600	0.02	312	3.11	0.22	3.33	6235.03	19.98
25/03/2021	15600	0.02	312	3.05	0.21	3.27	6116.53	19.60
26/03/2021	15600	0.02	312	6.19	0.43	6.62	12392.71	39.72
27/03/2021	15600	0.02	312	3.87	0.27	4.14	7746.05	24.83
28/03/2021	15600	0.02	312	4.12	0.29	4.41	8246.83	26.43
29/03/2021	15600	0.02	312	3.88	0.27	4.15	7761.02	24.88
30/03/2021	15600	0.02	312	2.74	0.19	2.93	5478.42	17.56
31/03/2021	15600	0.02	312	2.81	0.20	3.01	5630.42	18.05
01/04/2021	15600	0.02	312	3.66	0.25	3.91	7324.45	23.48
02/04/2021	15600	0.02	312	3.26	0.23	3.49	6527.69	20.92
03/04/2021	15600	0.02	312	3.95	0.28	4.23	7911.83	25.36
04/04/2021	15600	0.02	312	2.76	0.19	2.95	5520.27	17.69
05/04/2021	15600	0.02	312	3.38	0.24	3.62	6769.76	21.70
06/04/2021	15600	0.02	312	2.91	0.20	3.11	5822.02	18.66
07/04/2021	15600	0.02	312	3.07	0.21	3.29	6151.75	19.72
08/04/2021	15600	0.02	312	2.99	0.21	3.19	5980.27	19.17
09/04/2021	15600	0.02	312	4.22	0.29	4.52	8455.41	27.10
10/04/2021	15600	0.02	312	3.30	0.23	3.53	6611.04	21.19
11/04/2021	15600	0.02	312	3.12	0.22	3.34	6251.71	20.04
12/04/2021	15600	0.02	312	3.56	0.25	3.81	7134.56	22.87
13/04/2021	15600	0.02	312	3.74	0.26	4.01	7498.53	24.03
14/04/2021	15600	0.02	312	3.99	0.28	4.27	7985.21	25.59
15/04/2021	15600	0.02	312	4.31	0.30	4.61	8635.96	27.68

ANEXO G: PROGRAMACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Aspersión									
Área por regar: 2208 m ²									
FECHA	Nº ASPERSORES	Q l/H	Q total(l/h)	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m ²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(H)	TIEMPO (min)
11/12/2020	12	307	3684	2.21	0.33	2.54	5607.83	1.52	91.33
12/12/2020	12	307	3684	1.50	0.23	1.73	3821.60	1.04	62.24
13/12/2020	12	307	3684	3.68	0.56	4.23	9346.65	2.54	152.23
14/12/2020	12	307	3684	2.78	0.42	3.20	7066.69	1.92	115.09
15/12/2020	12	307	3684	2.06	0.31	2.37	5233.86	1.42	85.24
16/12/2020	12	307	3684	2.41	0.36	2.78	6129.39	1.66	99.83
17/12/2020	12	307	3684	1.93	0.29	2.23	4913.44	1.33	80.02
18/12/2020	12	307	3684	1.93	0.29	2.23	4917.14	1.33	80.08
19/12/2020	12	307	3684	3.52	0.53	4.05	8944.51	2.43	145.68
20/12/2020	12	307	3684	2.35	0.36	2.70	5970.22	1.62	97.23
21/12/2020	12	307	3684	3.11	0.47	3.58	7903.73	2.15	128.73
22/12/2020	12	307	3684	4.14	0.63	4.76	10517.74	2.85	171.30
23/12/2020	12	307	3684	2.24	0.34	2.58	5702.25	1.55	92.87
24/12/2020	12	307	3684	2.86	0.43	3.29	7269.01	1.97	118.39
25/12/2020	12	307	3684	4.22	0.64	4.86	10725.13	2.91	174.68
26/12/2020	12	307	3684	3.72	0.56	4.28	9456.15	2.57	154.01
27/12/2020	12	307	3684	4.50	0.68	5.18	11436.50	3.10	186.26
28/12/2020	12	307	3684	3.16	0.48	3.64	8036.38	2.18	130.89
29/12/2020	12	307	3684	2.02	0.31	2.32	5127.78	1.39	83.51
30/12/2020	12	307	3684	2.98	0.45	3.43	7568.36	2.05	123.26
31/12/2020	12	307	3684	1.92	0.29	2.21	4885.62	1.33	79.57
01/01/2021	12	307	3684	2.07	0.31	2.39	5271.59	1.43	85.86

FECHA	N° ASPERSORES	Q I/H	Q total(l/h)	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(H)	TIEMPO (min)
03/01/2021	12	307	3684	2.53	0.38	2.91	6436.25	1.75	104.82
04/01/2021	12	307	3684	3.87	0.58	4.45	9826.73	2.67	160.04
05/01/2021	12	307	3684	3.10	0.47	3.57	7887.86	2.14	128.47
06/01/2021	12	307	3684	2.13	0.32	2.45	5417.12	1.47	88.23
07/01/2021	12	307	3684	2.04	0.31	2.35	5187.59	1.41	84.49
08/01/2021	12	307	3684	4.58	0.69	5.28	11649.70	3.16	189.73
09/01/2021	12	307	3684	2.25	0.34	2.60	5730.15	1.56	93.32
10/01/2021	12	307	3684	2.91	0.44	3.34	7385.52	2.00	120.29
11/01/2021	12	307	3684	3.01	0.46	3.46	7646.84	2.08	124.54
12/01/2021	12	307	3684	5.01	0.76	5.77	12730.45	3.46	207.34
13/01/2021	12	307	3684	4.74	0.72	5.46	12048.20	3.27	196.22
14/01/2021	12	307	3684	3.52	0.53	4.05	8938.78	2.43	145.58
15/01/2021	12	307	3684	4.10	0.62	4.72	10418.55	2.83	169.68
16/01/2021	12	307	3684	4.16	0.63	4.79	10572.75	2.87	172.19
17/01/2021	12	307	3684	4.03	0.61	4.64	10250.13	2.78	166.94
18/01/2021	12	307	3684	4.58	0.69	5.27	11643.20	3.16	189.63
19/01/2021	12	307	3684	4.70	0.71	5.41	11944.17	3.24	194.53
20/01/2021	12	307	3684	3.84	0.58	4.42	9751.71	2.65	158.82
21/01/2021	12	307	3684	3.22	0.49	3.70	8174.77	2.22	133.14
22/01/2021	12	307	3684	4.77	0.72	5.49	12120.19	3.29	197.40
23/01/2021	12	307	3684	3.53	0.53	4.06	8967.83	2.43	146.06
24/01/2021	12	307	3684	3.49	0.53	4.02	8881.54	2.41	144.65
25/01/2021	12	307	3684	5.61	0.85	6.46	14266.81	3.87	232.36
26/01/2021	12	307	3684	3.46	0.52	3.99	8802.73	2.39	143.37
27/01/2021	12	307	3684	4.73	0.72	5.45	12023.59	3.26	195.82

FECHA	N° ASPERSORES	Q I/H	Q total(l/h)	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(H)	TIEMPO (min)
29/01/2021	12	307	3684	4.75	0.72	5.46	12066.22	3.28	196.52
30/01/2021	12	307	3684	5.00	0.76	5.76	12713.52	3.45	207.06
31/01/2021	12	307	3684	4.85	0.73	5.59	12335.22	3.35	200.90
01/02/2021	12	307	3684	5.06	0.77	5.83	12865.91	3.49	209.54
02/02/2021	12	307	3684	2.67	0.40	3.07	6786.28	1.84	110.53
03/02/2021	12	307	3684	2.84	0.43	3.27	7218.90	1.96	117.57
04/02/2021	12	307	3684	3.38	0.51	3.90	8603.84	2.34	140.13
05/02/2021	12	307	3684	3.55	0.54	4.08	9016.75	2.45	146.85
06/02/2021	12	307	3684	7.09	1.07	8.16	18016.96	4.89	293.44
07/02/2021	12	307	3684	4.68	0.71	5.39	11894.52	3.23	193.72
08/02/2021	12	307	3684	5.25	0.79	6.05	13347.70	3.62	217.39
09/02/2021	12	307	3684	5.02	0.76	5.78	12768.59	3.47	207.96
10/02/2021	12	307	3684	4.68	0.71	5.39	11890.59	3.23	193.66
11/02/2021	12	307	3684	6.14	0.93	7.06	15599.44	4.23	254.06
12/02/2021	12	307	3684	5.80	0.88	6.67	14736.18	4.00	240.00
13/02/2021	12	307	3684	7.29	1.10	8.40	18536.28	5.03	301.89
14/02/2021	12	307	3684	5.86	0.89	6.74	14886.53	4.04	242.45
15/02/2021	12	307	3684	7.23	1.09	8.32	18378.19	4.99	299.32
16/02/2021	12	307	3684	7.50	1.13	8.63	19052.98	5.17	310.31
17/02/2021	12	307	3684	7.48	1.13	8.61	19009.36	5.16	309.60
18/02/2021	12	307	3684	7.26	1.10	8.36	18450.47	5.01	300.50
19/02/2021	12	307	3684	3.38	0.51	3.90	8604.50	2.34	140.14
20/02/2021	12	307	3684	3.27	0.49	3.76	8307.77	2.26	135.31
21/02/2021	12	307	3684	7.38	1.12	8.49	18753.85	5.09	305.44
22/02/2021	12	307	3684	4.97	0.75	5.72	12631.24	3.43	205.72

FECHA	N° ASPERSORES	Q I/H	Q total(l/h)	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m ²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(H)	TIEMPO (min)
24/02/2021	12	307	3684	3.22	0.49	3.70	8173.35	2.22	133.12
25/02/2021	12	307	3684	3.86	0.58	4.44	9806.11	2.66	159.71
26/02/2021	12	307	3684	3.69	0.56	4.25	9373.77	2.54	152.67
27/02/2021	12	307	3684	3.38	0.51	3.89	8591.12	2.33	139.92
28/02/2021	12	307	3684	6.07	0.92	6.98	15420.32	4.19	251.15
01/03/2021	12	307	3684	5.79	0.88	6.67	14722.12	4.00	239.77
02/03/2021	12	307	3684	7.25	1.10	8.34	18418.55	5.00	299.98
03/03/2021	12	307	3684	8.81	1.33	10.14	22391.01	6.08	364.67
04/03/2021	12	307	3684	7.24	1.10	8.34	18412.13	5.00	299.87
05/03/2021	12	307	3684	3.36	0.51	3.87	8553.23	2.32	139.30
06/03/2021	12	307	3684	3.28	0.50	3.77	8327.16	2.26	135.62
07/03/2021	12	307	3684	3.46	0.52	3.99	8802.29	2.39	143.36
08/03/2021	12	307	3684	4.12	0.62	4.74	10474.10	2.84	170.59
09/03/2021	12	307	3684	4.29	0.65	4.93	10895.62	2.96	177.45
10/03/2021	12	307	3684	4.51	0.68	5.19	11459.24	3.11	186.63
11/03/2021	12	307	3684	4.62	0.70	5.32	11755.51	3.19	191.46
12/03/2021	12	307	3684	6.02	0.91	6.93	15301.06	4.15	249.20
13/03/2021	12	307	3684	6.93	1.05	7.98	17625.26	4.78	287.06
14/03/2021	12	307	3684	3.15	0.48	3.63	8019.34	2.18	130.61
15/03/2021	12	307	3684	8.80	1.33	10.13	22375.79	6.07	364.43
16/03/2021	12	307	3684	5.54	0.84	6.38	14091.03	3.82	229.50
17/03/2021	12	307	3684	4.68	0.71	5.39	11894.06	3.23	193.71
18/03/2021	12	307	3684	3.14	0.48	3.62	7989.21	2.17	130.12
19/03/2021	12	307	3684	4.79	0.72	5.51	12165.75	3.30	198.14
20/03/2021	12	307	3684	3.44	0.52	3.96	8742.88	2.37	142.39

FECHA	N° ASPERSORES	Q I/H	Q total(l/h)	ETC	EFICIENCIA	VOLUMEN(L/m²)	VOLUMEN PARCELA(L)	TIEMPO R(H)	TIEMPO (min)
22/03/2021	12	307	3684	3.98	0.60	4.58	10107.10	2.74	164.61
23/03/2021	12	307	3684	4.70	0.71	5.42	11959.67	3.25	194.78
24/03/2021	12	307	3684	3.11	0.47	3.58	7915.13	2.15	128.91
25/03/2021	12	307	3684	3.05	0.46	3.52	7764.70	2.11	126.46
26/03/2021	12	307	3684	6.19	0.94	7.13	15732.08	4.27	256.22
27/03/2021	12	307	3684	3.87	0.59	4.45	9833.32	2.67	160.15
28/03/2021	12	307	3684	4.12	0.62	4.74	10469.03	2.84	170.51
29/03/2021	12	307	3684	3.88	0.59	4.46	9852.32	2.67	160.46
30/03/2021	12	307	3684	2.74	0.41	3.15	6954.65	1.89	113.27
31/03/2021	12	307	3684	2.81	0.43	3.24	7147.61	1.94	116.41
01/04/2021	12	307	3684	3.66	0.55	4.21	9298.12	2.52	151.44
02/04/2021	12	307	3684	3.26	0.49	3.75	8286.66	2.25	134.96
03/04/2021	12	307	3684	3.95	0.60	4.55	10043.77	2.73	163.58
04/04/2021	12	307	3684	2.76	0.42	3.17	7007.78	1.90	114.13
05/04/2021	12	307	3684	3.38	0.51	3.89	8593.96	2.33	139.97
06/04/2021	12	307	3684	2.91	0.44	3.35	7390.83	2.01	120.37
07/04/2021	12	307	3684	3.07	0.46	3.54	7809.42	2.12	127.19
08/04/2021	12	307	3684	2.99	0.45	3.44	7591.73	2.06	123.64
09/04/2021	12	307	3684	4.22	0.64	4.86	10733.83	2.91	174.82
10/04/2021	12	307	3684	3.30	0.50	3.80	8392.47	2.28	136.69
11/04/2021	12	307	3684	3.12	0.47	3.59	7936.31	2.15	129.26
12/04/2021	12	307	3684	3.56	0.54	4.10	9057.05	2.46	147.51
13/04/2021	12	307	3684	3.74	0.57	4.31	9519.10	2.58	155.03
14/04/2021	12	307	3684	3.99	0.60	4.59	10136.92	2.75	165.10
15/04/2021	12	307	3684	4.31	0.65	4.97	10963.03	2.98	178.55



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29 / 07 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Erika Tatiana Morocho Quera
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: AGRONOMÍA
Título a optar: INGENIERA AGRÓNOMA
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



DBRA

Ing. Cristhian Castillo



1642-DBRA-UTP-2022