

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



RESPUESTA DEL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.), VARIEDAD ROJA AREQUIPEÑA, A CINCO LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO EN EL VALLE DE CAJAMARCA

## T E S I S

Para optar el título profesional de  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por el bachiller:  
**ISAIAS MORALES RUDAS**

Asesor:  
Ing. JOSÉ LIZANDRO SILVA MEGO

CAJAMARCA – PERÚ

2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En la ciudad de Cajamarca, a los nueve días del mes de enero del año dos mil veintitrés, se reunieron en el ambiente **2C - 202** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 379-2022-FCA-UNC, de fecha 01 de diciembre del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"RESPUESTA DEL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) VARIEDAD ROJA AREQUIPEÑA, A CINCO LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO EN EL VALLE DE CAJAMARCA"**, realizada por el Bachiller **ISAIAS MORALES RUDAS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las dieciocho horas y quince minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las diecinueve horas y cuarenta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

**Dr. Wilfredo Poma Rojas**  
**PRESIDENTE**

**MBA. Ing. Santiago Demetrio Medina Miranda**  
**SECRETARIO**

**Ing. Urias Mostacero Plasencia**  
**VOCAL**

**Ing. José Lizandro Silva Mego**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Aurelio y Magdalena, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación. debido que para ellos no hubo mayor motivación y alegría de hacer realidad ser un profesional

A mis hermanos, Olinda, Wilder, Veronica y Miguel, por su apoyo en las diversas situaciones y adversidades.

**EL AUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

A:

Dios padre celestial, por dar vida, inteligencia, sabiduría, salud y voluntad para alcanzar el éxito.

La Universidad Nacional de Cajamarca, a la Facultad de Ciencias Agrarias, por haberme acogido y formado en sus aulas durante los años de estudio y el plantel docente por brindar sus conocimientos en mi formación.

Mi Asesor al Ing. José Lisandro Silva Mego, por su apoyo, orientación, colaboración, correcciones, sugerencias, y consejos vertidos durante la elaboración en campo y en documento final de tesis.

Al Ing. Urias Mostacero Plasencia por su apoyo brindado durante la investigación.

La Estación Experimental SESA, perteneciente a la Facultad de Ciencia Agrarias, por permitirme la realización y proporcionarme las facilidades para la ejecución de este trabajo.

Mis amigos(as) y compañeros(as), por la compañía, amistad, apoyo y ser parte de mi integridad, con mucho cariño. Sigán adelante.

**EL AUTOR.**

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación de la investigación .....	2
1.4. Objetivo general.....	3
1.5. Objetivo específico.....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
<b>2.2. Bases teóricas</b> .....	<b>7</b>
2.3. Riego localizado o por goteo.....	10
A. Evapotranspiración (ET).....	11
B. Evapotranspiración Potencial (ETP).....	11
C. Evapotranspiración real, actual o efectiva (ETr). .....	12
D. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo). .....	12
E. Evapotranspiración del cultivo (ETc) .....	13
F. Kc del cultivo.....	13
2.4. Cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	17
A. Suelo.....	17
B. Clima.....	17
C. Temperatura .....	18
D. Humedad .....	18
A. Almacigo .....	18
B. Trasplante.....	18
C. Escarda.....	19

A. Control de malezas .....	19
B. Aporque .....	19
C. Riego .....	19
2.5. Definición de términos básicos.....	21
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>22</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
3.1. Ubicación del campo experimental.....	22
3.2. Materiales y equipos .....	22
A. Dispositivos de captación.....	22
B. Módulo de riego por goteo .....	22
3.3. Metodología .....	24
3.3.1.1. Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) .....	24
3.3.1.2. Necesidades netas.....	25
3.3.1.3. Programación del riego .....	25
3.4. Diseño experimental y análisis estadístico .....	29
3.5. Conducción del cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.).....	32
3.5.2.1. Delimitación del área experimental.....	32
3.5.2.2. Almacigo .....	32
3.5.2.3. Trasplante .....	32
3.5.2.4. Abonamiento .....	32
3.5.2.5. Riego.....	33
3.5.2.6. Deshierbos .....	33
3.5.2.7. Control fito-sanitario .....	33
3.5.2.8. Descubrimiento del bulbo .....	33
3.5.2.9. Tumbado .....	33
3.5.2.10. Curado .....	33
3.5.2.11. Cosecha .....	33
3.5.3.1. Cabezal de riego .....	34
3.5.3.2. Red de distribución.....	34

3.5.3.3.	Laterales de riego.....	34
3.5.3.4.	Aforamiento de goteros .....	34
3.6.	Evaluaciones Experimentales .....	35
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>36</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>		<b>36</b>
4.1.	Rendimiento de cebolla (Allium cepa L.) .....	36
4.2.	Diámetro del bulbo.....	38
4.3.	Altura de planta.....	39
4.4.	Número de hojas por planta .....	42
<b>CAPITULO V .....</b>		<b>44</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES.....</b>		<b>44</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>46</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>46</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>52</b>
Anexo 1.	Registro de información de campo .....	52
Anexo 2.....	.....	53
Anexo 3.	Datos de las evaluaciones de campo .....	54
Anexo 4.	Actividades de instalación de riego .....	56
Anexo 5.	Cronograma general de riego.....	57
Anexo 6.....	.....	58
Anexo 7.	Panel fotográfico .....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Contenido de Humedad en el suelo .....	10
<b>Tabla 2</b> Valores referenciales de ETP según la altitud.....	12
<b>Tabla 3</b> Kc del cultivo de cebolla por fases de crecimiento .....	14
<b>Tabla 4</b> Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego .....	16
<b>Tabla 5</b> Producción de cebolla por departamento .....	20
<b>Tabla 6</b> Análisis Físico - Químico del suelo .....	23
<b>Tabla 7</b> Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de Cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	24
<b>Tabla 8</b> Duración aproximada de las etapas en el periodo vegetativo y coeficiente del cultivo (Kc) de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	25
<b>Tabla 9</b> Evapotranspiración del cultivo para diferentes etapas de desarrollo del cultivo de Cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	25
<b>Tabla 10</b> Intervalos de riego para diferentes etapas del cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.)	27
<b>Tabla 11</b> Caudal de emisores calibrados para cada tratamiento.....	27
<b>Tabla 12</b> Tratamientos de estudio.....	28
<b>Tabla 13</b> Lámina de riego y volumen de agua en litros .....	29
<b>Tabla 14</b> <i>Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de cebolla en t ha<sup>-1</sup></i> .....	36
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro de cebolla.....	38
<b>Tabla 16</b> Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta de cebolla (cm) .....	40
<b>Tabla 17</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas por planta de cebolla .....	42
<b>Tabla 18</b> Datos meteorológicos promedios anuales registrados en la Estación Meteorológica “Augusto Weberbauer” (2014 -2018).....	52
<b>Tabla 19</b> Factor de evapotranspiración potencial MF en mm por mes .....	53
<b>Tabla 20</b> Rendimiento el cultivo de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	54
<b>Tabla 21</b> Diámetro del bulbo de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	54
<b>Tabla 22</b> Altura de planta de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	55
<b>Tabla 23</b> Número de hojas de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	55
<b>Tabla 24</b> Aforamiento de goteros y cálculo de caudal calibrado. ....	56



<b>Tabla 25</b> Programación del riego durante la conducción del cultivo.....	57
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Curva generalizada del coeficiente del cultivo, correspondiente al procedimiento del coeficiente único del cultivo.....	14
<b>Figura 2</b> Distribución de los tratamientos en el campo experimental .....	31
<b>Figura 3</b> Prueba de significación de tukey a 5% de probabilidad para el rendimiento de cebolla en t ha <sup>-1</sup> .....	37
<b>Figura 4</b> Prueba de significación de tukey a 5% de probabilidad para el diámetro de bulbos de cebolla (cm). .....	39
<b>Figura 5</b> Prueba de tukey a 5% de probabilidad para la altura de planta de cebolla (cm) ...	41
<b>Figura 6</b> Promedio de los tratamientos para el número de hojas por planta. ....	43
<b>Figura 7</b> Análisis de suelo .....	58
<b>Figura 8</b> Almácigo de semillas de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	59
<b>Figura 9</b> Plántulas de cebolla a los 30 DDA .....	59
<b>Figura 10</b> Preparación de terreno.....	60
<b>Figura 11</b> Aforamiento de goteros para calibrar el caudal.....	60
<b>Figura 12</b> Garbas de plantas de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	61
<b>Figura 13</b> Trasplante .....	61
<b>Figura 14</b> Deshierbo manual .....	62
<b>Figura 15</b> Aporque de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.) .....	62
<b>Figura 16</b> Plantas de cebolla ( <i>Allium Cepa</i> L.) en pleno desarrollo.....	63
<b>Figura 17</b> Tumbado de cebolla ( <i>Allium Cepa</i> L.).....	63
<b>Figura 18</b> Medida de diámetro de bulbo con vernier.....	64
<b>Figura 19</b> Peso de bulbo de cebolla ( <i>Allium Cepa</i> L.) .....	64

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar el volumen necesario o lámina de riego en el rendimiento del cultivo de cebolla roja de Arequipa (*Allium cepa* L.). El trabajo de campo se realizó en el Servicio Silvo Agropecuario (SESA) de la Universidad Nacional de Cajamarca en un área experimental de 226.3 m<sup>2</sup>. Desde el 4 de marzo al 30 de octubre del año 2019. Para el experimento se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar (DBCA) para evaluar la significancia de cinco tratamientos o láminas de riego y tres repeticiones. Para tal fin se instaló un almacigo y se aplicó la semilla al boleó, posteriormente se realizó el trasplante al terreno definitivo cuya siembra se hizo a un distanciamiento de 0.20 m entre plantas y 0.60 m entre surcos. Las características agronómicas evaluadas fueron: rendimiento, altura de planta, número de hojas y diámetro del bulbo para probar cinco láminas de riego: 4, 6, 8, 10 y 12 mm. Estadísticamente de las pruebas realizadas el ANOVA para el rendimiento de bulbos indicó que existe significación estadística entre los tratamientos en estudio y según la prueba de Tukey, el tratamiento que resultó favorable en el presente trabajo de investigación es el tratamiento 3 con lamina de riego de 8 mm de riego, con 25.17 tn ha<sup>-1</sup>.

**Palabras claves:** Lámina de riego, rendimiento, cebolla roja.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out with the purpose of evaluating the necessary volume or irrigation sheet in the yield of the red onion crop of Arequipa (*Allium cepa* L.). The field work was carried out in the Silvo Agropecuario Service (SESA) of the National University of Cajamarca in an experimental area of 226.3 m<sup>2</sup>. From March 4 to October 30, 2019. For the experiment, the statistical design of Randomized Complete Blocks (DBCA) was used to evaluate the significance of five treatments or irrigation sheets and three repetitions. For this purpose, a seedbed was installed and the seed was applied to the bowl, later the transplant was carried out to the final land whose sowing was done at a distance of 0.20 m between plants and 0.60 m between rows. The evaluated agronomic characteristics were: yield, plant height, number of leaves and bulb diameter to test five irrigation sheets: 4, 6, 8, 10 and 12 mm. Statistically from the tests carried out, the ANOVA for the yield of bulbs indicated that there is statistical significance between the treatments under study and according to the Tukey test, the treatment that was favorable in the present research work is treatment 3 with an irrigation sheet of 8 mm of irrigation, with 25.17 tn ha<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Irrigation sheet, yield, red onion

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.), ocupa el cuarto lugar en producción mundial de hortalizas, alcanzando una producción de 84 millones de toneladas en el 2013 (FAO, 2016), eso indica la importancia de este cultivo a nivel mundial.

Durante el año 2020 se cosecharon aproximadamente 13 342 hectáreas, reportándose una producción de 482 314 toneladas; siendo la productividad promedio nacional  $36 \text{ tha}^{-1}$  (INEI, 2020).

En la actualidad, las instituciones encargadas de la producción agraria orientan sus planes y programas al fortalecimiento de la producción de alimentos en altos volúmenes y de calidad. El cultivo de la cebolla es de vital importancia para la alimentación de la humanidad, el consumo per cápita a nivel Nacional es de 11 kg per cápita al año, o 900 gramos al mes (INEI, 2020); y es la de mayor consumo en zonas urbanas en comparación a zonas rurales, consumo per cápita que tiende a incrementarse influenciado por el boom gastronómico de los últimos años, y es necesario utilizar la tecnología apropiada en el uso racional del agua, utilizando un sistema de riego eficiente que permita una buena producción de calidad.

El sistema de riego por goteo, es utilizado con la finalidad de dar el buen uso del agua, debido a las prácticas extensivas de métodos de riego por gravedad que se usan mayores volúmenes de agua, por lo cual este sistema fue adoptado debido a que es muy eficiente, y con este sistema de riego se evita infiltraciones profundas. Así el agua utilizada va directo a la raíz de cada planta para su crecimiento y producción (Sivincha, 2022)

Con relación a los requerimientos hídricos, es difícil calcular láminas de riego apropiadas a cada etapa fenológica de la planta, debido principalmente al desconocimiento de las constantes propias del cultivo, lo que impide determinar el requerimiento de agua más conveniente para la obtención de altas producciones, es por eso que el presente trabajo de investigación fue propuesto para determinar la mejor lámina de riego para el cultivo de Cebolla Roja.

### **1.1. Planteamiento del problema**

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. 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 roja (*Allium cepa* L.) que le permita incrementar sus características como su rendimiento. 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.)

Debido a la escasez del agua y la necesidad de incrementar el rendimiento del cultivo de cebolla, se considera el riego por goteo una alternativa importante para optimizar el uso de agua en la actividad agrícola en nuestra localidad.

El rápido incremento de áreas dedicadas a cultivos de este tipo, no está acorde con el desarrollo tecnológico, aún incipiente para obtener altos rendimientos y de buena calidad. Es que hace especial énfasis en la necesidad de investigar los temas de requerimientos hídricos y nutricionales.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Qué lámina de riego por goteo es la más adecuada para mejorar las características agronómicas del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), Variedad Roja Arequipeña en el valle de Cajamarca?

### **1.3. Justificación de la investigación**

El cultivo de cebolla es una de las hortalizas de alto consumo humano, para lo cual se necesita aplicar riego tecnificado para obtener mayor rendimiento. El cálculo de demanda hídrica del cultivo de cebolla con las 5 frecuencias de riego planteados, se podrá saber con exactitud el consumo de agua del cultivo de cebolla en su ciclo fenológico

Es importante iniciar estudios locales que permitan brindar a los agricultores herramientas para obtener mejores cosechas y mejorar sus niveles de vida; estudios relacionados con un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, podría brindar capacidad de competir con mercados y cultivos altamente tecnificados, tanto en la parte de tecnología como en la económica, permitiéndoles una mayor apertura a las exportaciones, dado que en la actualidad éste sector no cuenta con ningún avance de este tipo, evidenciando que los manejos realizados con respecto a este cultivo tiene bajo grado de desarrollo tecnológico, y por el contrario, predomina el manejo empírico.

#### **1.4. Objetivo general**

Determinar la respuesta del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), Variedad Roja Arequipeña a cinco láminas de riego por goteo en el Valle de Cajamarca.

#### **1.5. Objetivo específico**

- Determinar qué lámina de riego influye más sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña.
- Determinar cómo influye la lámina de agua de riego de 4 mm en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña.
- Determinar cómo influye la lámina de agua de riego de 6 mm en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña.
- Determinar cómo influye la lámina de agua de riego de 8 mm en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña.
- Determinar cómo influye la lámina de agua de riego de 10 mm en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña.
- Determinar cómo influye la lámina de agua de riego de 12 mm en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Según el estudio realizado por López y Coleman (2016): *“Efecto de tres láminas de riego por goteo y tres distancias de siembra en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) Cv. UC-82, Universidad Nacional Agraria, Managua”*. Las láminas establecidas fueron de 1, 1.2 y 1.5 l planta día<sup>-1</sup> hasta los 45 días después del trasplante posteriormente en el periodo de fructificación se usaron 2, 2.4 y 3 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> durante un periodo de 60 días, para luego volver a utilizar las láminas de 1, 1.2 y 1.5 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> durante los 15 días finales del ciclo de desarrollo del cultivo y las distancias de siembra de 0.60, 0.70, 0.80 m entre plantas y 0.80 m entre surcos. Las variables fueron sujetas a un análisis de varianza (ANDEVA) y agrupaciones de medias mediante LSD ( $\alpha=0.05$ ). Las variables de altura de planta y diámetro de planta, número de racimos por planta y grados Brix no fueron afectadas por los factores. El número de tomates por racimo fueron afectados por las distancias de siembra; no así el número de tomates por planta, diámetro polar, ecuatorial y volumen. Las láminas de riego mostraron efecto significativo en el número de tomates por planta, diámetro polar y ecuatorial y volumen del fruto. De igual manera, los factores evaluados afectaron de manera significativa los rendimientos obtenidos, con 13 560.62 kg ha<sup>-1</sup> para el tratamiento compuesto por 3 l planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> y 0.60 m.

Delgado (2012), en su trabajo de investigación: *“Determinación de la Lámina de Riego para el Cultivo de la Albahaca Genovesa (Ocimum basilicum “Genovese”.) a partir de la Variación del Coeficiente Multiplicador de la Evaporación”*. El diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos (T1=0,6; T2=0,75; T3=0,8; T4=1 y T5=1,1) y cinco repeticiones, para un total de 25 unidades experimentales. Después de medir y analizar las variables de respuesta (como área foliar, longitud aérea, diámetro del tallo, longitud de la raíz, masa fresca y seca) por medio del análisis de varianza al 95% (ANOVA) y análisis de

comparación de promedios (Tukey), se determinó que el tratamiento para el cual se obtuvieron los mejores resultados que permiten un mayor desarrollo de la planta de albahaca es el tratamiento 5 (coeficiente multiplicador de  $C=1,1$ ), por otro lado existe la posibilidad de que el coeficiente sea mayor al encontrado en el presente trabajo; estudios posteriores podrían descartar o confirmar dicha hipótesis o ratificar el coeficiente del tratamiento 5 como el indicado para determinar la lámina de riego de la albahaca genovesa (*Ocimum basilicum* “Genovese”).

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Según Chuchón (2019), en su trabajo de investigación: “*Láminas de Riego en el Cultivo de Papa (Solanum tuberosum L.) Variedad “Única” Mediante Riego por Goteo en la Molina*”. Se evaluó tres láminas de riego con el sistema de riego por goteo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Única. Para la determinación del índice de estrés hídrico del cultivo (CWSI). Se aplicó un total de 29 riegos por el tratamiento control (T1), 18 riegos por el tratamiento T2 y 12 riegos por el tratamiento T3. El volumen de agua aplicado, para el tratamiento T1 fue de  $2632.48 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , y para los tratamientos T2 y T3 fueron de  $1836.41$  y  $1144.46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  respectivamente. Estos valores representan un ahorro de agua de 30.24 y 56.52 por ciento respecto a la cantidad de agua empleado por el tratamiento control T1. Los rendimientos obtenidos fueron de  $49.53 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $44.30 \text{ t ha}^{-1}$  y  $30.09 \text{ t ha}^{-1}$  para el tratamiento control T1 y los tomados mediante las cámaras infrarrojas para los tratamientos T2 y T3 respectivamente.

En su trabajo Sivincha (2022): “*Respuestas del Cultivo de Cebolla (Allium cepa L.) a Tres Frecuencias de Riego Localizado en Condiciones del Centro Agronómico K'AYRA – San Jerónimo – Cusco*”. La demanda hídrica obtenidas para frecuencia de riego diaria fue  $224.32 \text{ mm}$  que equivale en  $2243.2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , para la frecuencia de tres días fue  $205.56 \text{ mm}$  que equivale en  $2055.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y para frecuencia de 5 días fue  $172.50 \text{ mm}$  que equivale en  $1725 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  Para calcular el coeficiente de uniformidad de descarga de los emisores a cada planta de cebolla, se tuvo que realizar la siguiente distribución de los envases el primero al inicio de



la línea lateral, 1/3 de la lateral, 2/3 de la lateral y el último al final de la línea lateral, conformado por 16 emisores elegidos, lo cual resultó una uniformidad buena con 92.5 %, significa una distribución uniforme. El mayor rendimiento que se obtuvo fue en la evaluación I con frecuencia de riego diaria obteniendo 90.354 tn ha<sup>-1</sup>, con un promedio del peso de 0.407 kg planta<sup>-1</sup> se puede inferir que a mayor frecuencia de riego se obtienen mejores resultados en el rendimiento del cultivo de cebolla y en la evaluación III con frecuencia de riego cada 5 días se obtuvo menor rendimiento obteniendo 32.8 tn ha<sup>-1</sup> el promedio del peso de 0.148 Kg planta<sup>-1</sup>.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Según Tapia (2021), en su trabajo de investigación: *“Respuesta del Cultivo de Zanahoria (Daucus carota L.) a Diferentes Láminas de Riego en el Valle de Cajamarca”*. La investigación se fundamenta en determinar la lámina de riego adecuada en el rendimiento del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.). Los tratamientos evaluados fueron 14, 22, 30, 38, 46 mm de láminas de riego consideradas como T-1, T-2, T-3, T-4 y T-5 respectivamente, los que fueron determinadas en base a la lámina teórica calculada. Las variables en estudio fueron rendimiento, altura de planta, longitud de raíz comercial y diámetro de raíz. El incremento de la dosis de lámina de riego permite mejorar de manera gradual los rendimientos de la zanahoria obteniéndose el mayor (40.7 t ha<sup>-1</sup>) con la aplicación del T-5 y el menor (13.7 t ha<sup>-1</sup>) con el T-1.

Según Morocho (2019), en su trabajo de investigación titulado: *“Respuesta del Cultivo de Betarraga (Beta vulgaris L.) a Cinco Láminas de Riego por goteo en el Valle de Cajamarca”*. Los tratamientos evaluados fueron 4, 6, 8, 10 y 12 mm de lámina de riego, los que fueron determinadas en base a la lámina teórica calculada (lámina bruta de riego). Las variables en estudio fueron rendimiento, biomasa aérea, altura de planta, diámetro de raíz y materia seca. El incremento de la dosis de lámina de riego permite mejorar de manera gradual los rendimientos de la betarraga obteniéndose el mayor (45.49 t ha<sup>-1</sup>) con la aplicación del T5 y el menor (18.58 t ha<sup>-1</sup>) con el T1, así mismo se obtiene un incremento en la altura de planta, diámetro raíz y biomasa aérea, pero no hay diferencias significativas en el caso de materia

seca. Este último indica que la acumulación de masa seca se mantiene constante a pesar de que la masa fresca se incrementa.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Déficit hídrico**

El déficit hídrico se refiere a condiciones en que las plantas están recibiendo menos agua de la que necesitan. El déficit hídrico produce varias respuestas en las plantas, o respuestas que en algunos casos pueden darse rápidamente. Por ejemplo, con déficit de agua relativamente cortos, las láminas foliares se doblan y disminuyen la transpiración, el área y el volumen foliar, y la densidad estomática; también disminuye la rehidratación de la planta durante la noche. El parámetro que se reduce primero es el alargamiento de la hoja. Un déficit moderado puede retrasar el crecimiento en una hoja por mes; también reduce la vida de las hojas más viejas (Corado, 2014).

Períodos medios de déficit hídrico se muestran en el campo como plantas en donde las hojas salen todas juntas, sin espacio entre ellas, e imposibilidad de las plantas de emitir la inflorescencia. Si el período de déficit hídrico se extiende, se da la siguiente secuencia: las hojas muestran cierto amarillamiento (clorosis) que en 24 días puede presentar un 45 % del contenido de clorofila de las hojas, y las hojas pueden llegar a doblarse en la vena; sobreviene la pérdida completa de las hojas y, finalmente, se quiebra el pseudotallo y empiezan a morir las raíces (Navarro, 2003).

Es importante considerar las fases fenológicas de la planta durante el cual se desarrolla el déficit hídrico. Si es durante el crecimiento vegetativo la emisión floral puede atrasarse hasta un mes; si es cerca de la parición, se afecta enormemente el alargamiento del fruto; si es durante el llenado de la fruta, se retrasa la cosecha en 12 o 22 días afectándose la vida verde. La pérdida de peso de la fruta por déficit hídrico puede ser cuantiosa, 20% o más y depende de la etapa en que el déficit se haya producido. Sin embargo, es importante recordar que el efecto del déficit hídrico es acumulativo; cuanto más se extienda, peores son las consecuencias (Navarro, 2003).

### **2.2.2. Exceso de agua en el suelo**

Al igual que el caso del déficit hídrico, un exceso de agua en el suelo produce una reducción del crecimiento de la parte aérea de las raíces, menor tamaño de la planta, y presencia de coloración pálida en las hojas. 9 Después de 24 horas de inundación, una gran mayoría de las raíces muere, lo que generalmente va en detrimento productivo de la planta. El principal efecto del nivel freático alto es la restricción del volumen de suelo que las raíces puedan explorar además de la muerte de las raíces propiamente, de forma que se reducen la densidad de raíces, la eficiencia del sistema radicular y la productividad. Los niveles freáticos excesivamente altos o superficiales causan la producción de racimos livianos y de dedos excesivamente cortos, y prolongan el tiempo de parición a cosecha hasta en una semana. Además, acortan el tiempo que los dedos se mantienen verdes antes de madurar en poscosecha es decir, reduce la vida verde de la fruta, (Navarro, 2003).

### **2.2.3. Alta humedad relativa**

Un factor ligado al exceso de agua en el perfil de suelo es el de la alta humedad relativa. Una alta humedad relativa provoca problemas enormes en el control de enfermedades del suelo como el Mal de Panamá y de enfermedades foliares y del fruto, tan importantes como la Sigatoka, (Corado, 2014).

### **2.2.4. Relaciones agua – suelo – planta**

Corado (2015), indica que para calcular la cantidad de agua que artificialmente debe de ponerse a disposición de la planta, es preciso estudiar sus necesidades y las características agroclimatológicas del medio en que vive, ya que ejercen una influencia decisiva sobre los requerimientos de humedad.

Según Corado (2015), los requerimientos de agua de los cultivos en general, son muy variables. El requerimiento de agua varía de una especie a otra, así como entre las de un mismo tipo, también dentro de los requerimientos influyen condiciones naturales como el clima, la cantidad de distribución de lluvia, la clase de suelo y subsuelo y de acuerdo al estado fenológico de crecimiento.

### **2.2.5. Capacidad de campo (CC)**

La capacidad de campo es el contenido humedad que tiene el suelo inmediatamente después de que el agua gravitacional ha drenado, o sea que es la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad. Es el límite superior de agua aprovechable o disponible para el desarrollo de las plantas y además porque es el porcentaje de humedad al que la zona radicular debe regarse para que no existan desperdicios ni déficit en la planta. Es el contenido de humedad que tiene el suelo cuando el agua esta retenida de 1/10 atmósferas para suelos arenosos y 1/3 de atmósfera para suelos arcillosos (Sandoval, 2007).

### **2.2.6. Punto de marchitez permanente (PMP)**

Es el porcentaje o contenido de humedad del suelo al cual las plantas no pueden obtener suficiente humedad para satisfacer sus requerimientos de transpiración. Al alcanzar el suelo valores de PMP las plantas se marchitan y no son capaces de recuperarse aun cuando se coloquen durante una noche en una atmósfera saturada en la que casi no se produce consumo de agua. Es el contenido de humedad que tiene el suelo cuando el agua esta retenida a 15 atmósferas (Sandoval, 2007).

### **2.2.7. Densidad aparente (Da)**

La densidad aparente de un suelo es el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo, incluyendo los poros, se expresa en gramos por cm<sup>3</sup>. Como valores medios los suelos arcillosos tienen una densidad aparente de 1.00 a 1.3 gr/cm<sup>3</sup>, los francos de 1.3 a 1.5 gr/cm<sup>3</sup>, los suelos arenosos de 1.55 a 1.8 gr/cm<sup>3</sup> y los suelos orgánicos de 0.7 a 1.0 gr/cm<sup>3</sup> (Sandoval, 2007).

### **2.2.8. Agua útil (AU)**

Se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez. La humedad correspondiente a la retención en el campo (CC), punto de marchitez (PM) y estado del agua (Au) se expresa por el peso o volumen de humedad; en cualquier caso, las siguientes condiciones son correctas:  $Au = CC - PM$  (Pizarro, 1996).

En la Tabla 1, se muestra el contenido de humedad de acuerdo al tipo de suelo.

**Tabla 1***Contenido de Humedad en el suelo*

Tipo de suelo (clasificación de la textura del suelo del USDA)	Características de la humedad del suelo		
	CC (%)	PMP (%)	HD (%)
Arenoso	7-17	2-7	5-11
Arenoso Franco	11-19	3-10	6-12
Franco Arenoso	18-28	6-16	11-15
Franco	20-30	7-17	13-18
Franco Limoso	22-36	9-21	13-19
Limoso	28-36	12-22	16-20
Franco Arcillo Limoso	30-37	17-24	13-18
Arcillo Limoso	30-42	17-29	13-19
Arcilloso	32-40	20-24	12-20

*Nota: FAO publicación 56.*

### **2.3. Riego localizado o por goteo.**

Fernández, (2010) señala que el riego por goteo consiste en aplicar agua a la superficie del suelo o debajo del suelo, utilizando tuberías de presión y desagües de diferentes formas, de manera que la parte del suelo que esté más cerca de las plantas se encuentre húmedo.

Por otro lado, Mendoza, (2013) define, el riego por goteo como el goteo del agua directamente al suelo, mediante un dispositivo llamado gotero, cuyo funcionamiento requiere de una cierta presión.

#### **2.3.1. Ventajas del riego por goteo**

Según CENTA (2002), señala las siguientes ventajas:

- Reducciones significativas del agua en cuanto a la evaporación y a la pérdida por ósmosis.
- Se adapta a terrenos rocosos o con pendientes pronunciadas.

- Reduce el crecimiento de malezas en áreas de secano.
- Permite que el agua de riego controle el suministro de nutrientes.
- El dosel de la planta no se mojará, lo que reduce el riesgo de problemas fitosanitarios.

### **2.3.2. Desventajas de riego por goteo**

Según CENTA (2002), menciona las siguientes desventajas:

- Alto costo de instalación, debido a la cantidad de descargadores, tuberías, equipos especiales de riego y un sistema automático (válvula eléctrica).
- Existe un alto riesgo de obstrucción del drenaje y consecuentemente la desuniformidad en el riego.
- Presencia de una alta concentración de sal alrededor del área irrigada. Si la lluvia no es suficiente para lavar el suelo, esta puede ser la principal desventaja de la próxima siembra.

### **2.3.3. Necesidades hídricas del cultivo**

El requerimiento hídrico en el cultivo, se define como el agua necesaria para compensarla por la evaporación (Depez citado por Romero, 2010). Entonces para comprender la demanda de agua, es esencial saber de manera preliminar el contenido que existe antes de incorporar el cultivo, de tal forma se podrá determinar la cantidad de riego que se debe complementar o suplir (Floríndez, 2011).

#### **A. Evapotranspiración (ET)**

Es el proceso dónde el agua se transfiere de la tierra a la atmósfera. Incluye el agua que se evapora directamente del suelo o superficie de plantas vivas o muertas y el agua se pierde a través de ellas (especialmente las hojas) (MILIARIUM, 2008).

#### **B. Evapotranspiración Potencial (ETP)**

Al definir la ETP, varios autores han llegado a un acuerdo en cuanto cantidad de agua que se puede evaporar de un suelo cubierto por vegetación, en condiciones óptimas, asume que no hay límite para la disponibilidad de agua. De acuerdo con la definición, el tamaño ETP

solo se ajusta por las condiciones climáticas y meteorológicas, dependiendo de la situación, el tiempo o período estimado (FAO, 2006).

### **C. Evapotranspiración real, actual o efectiva (ETr).**

La ETr es un cálculo difícil con respecto al ETP o ETo, porque las condiciones atmosféricas afectan a éstas, al tamaño de reservas húmedas y la demanda de cultivos también se verán afectados. Para determinarlo, éstos dos deben corregirse con el factor Kc según estos dos aspectos físicos (MILARIUM, 2008).

### **D. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo).**

Según la referencia evapotranspiración FAO (2006), define el área de referencia hipotéticos de cultivos de gramíneas con ciertas características. Se introdujo para estudiar requisitos de evapotranspiración atmosférica, sin importar tipo de cultivo y práctica de manejo. Por otro lado, Olarte (2003) menciona que hay métodos funcionales para calcular ETo en datos: Hargreaves, Penman, Blaney-Criddle y Thornthwaite.

En la Tabla 2, nos muestra que la ETP es mayor en los valles a comparación de la zona quechua y la Jalca.

**Tabla 2**

*Valores referenciales de ETP según la altitud*

<b>Zonas</b>	<b>Evapotranspiración Potencial (ETP)</b>
Valles (de 1 000 a 2 000 msm)	4.00 mm/día
Zona Quechua (de 2 000 a 3 000 msm)	3.00 mm/día
La Jalca (de 3 000 msm a más)	2.5 mm/día

*Nota. PRONAMACHCS, citado por Vásquez 2017.*

## E. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Se refiere al máximo de cualquier cultivo en condiciones de desarrollo a gran escala, bien fertilizada y libre de enfermedades para suelo y agua (FAO, 2006).

Fuentes y García (1999) mencionaron que la mayor parte de agua absorbida en plantas es por evaporación, porque la pequeña (0,1 a 1%) se incorpora en tejidos vegetales (que constituyen el agua).

Soto (2002) señala que la ETc se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$ETc = Kc \times ETo$$

Donde:

ETc : Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Kc : coeficiente del cultivo

ETo : Evapotranspiración de referencia (mm/día).

## F. Kc del cultivo

El coeficiente del cultivo (Kc) es un ajuste para calcular ETr a partir de ETP o ETo. Dependen de características en los cultivos, son específicos para su etapa fenológica, dónde cambiarán (FAO, 2006).

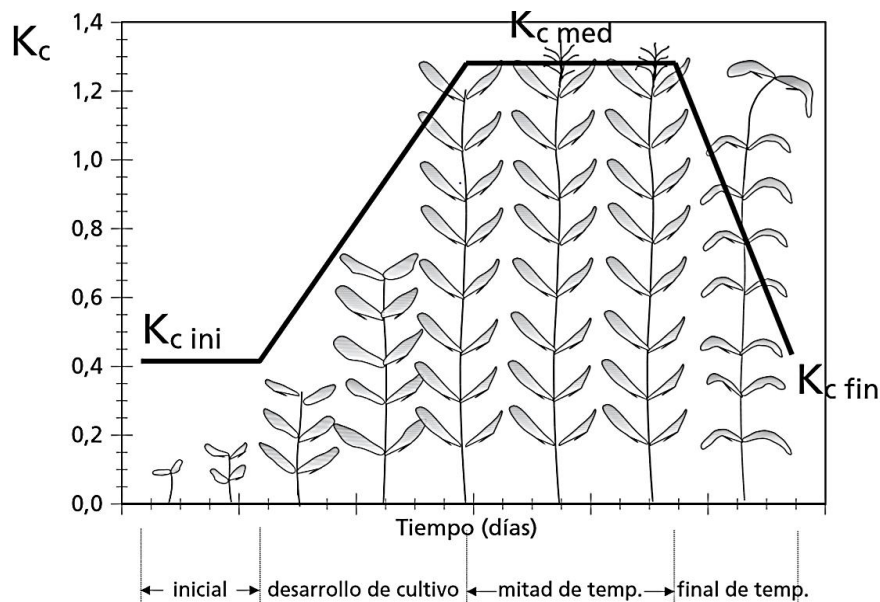
En la Figura 1, se observa el coeficiente del cultivo en las diferentes etapas:

- Etapa inicial: de siembra hasta el 10% del suelo.
- Fase de desarrollo: 10% de cobertura hasta la máxima, que suele darse durante el período de floración.
- Medio plazo: entre floración y maduración, las hojas comienzan a caer y el fruto madura.
- Etapa de madurez: desde la madurez hasta la cosecha.



**Figura 1**

Curva generalizada del coeficiente del cultivo, correspondiente al procedimiento del coeficiente único del cultivo



Nota: FAO publicación 56.

**Tabla 3**

*Kc del cultivo de cebolla por fases de crecimiento*

Cultivo	Primera fase	Segunda fase	Tercera fase	Cuarta fase
Cebolla verde	0.50	0.70	1.00	1.00
cebolla seca	0.50	0.75	1.05	0.85

Nota: Fuentes y García (1999)

#### **2.3.4. Programación del riego**

Ferreira y Col (2005), señala que la programación del riego implica el suministro del agua necesaria a la planta para su desarrollo en una cantidad y tiempo adecuados.

Estas son dos etapas: Uno corresponde a la programación del riego y el otro a su control.

### 2.3.5. Necesidades netas de agua

Porras (2015), señaló también que la precipitación efectiva es la lluvia almacenada en el suelo a las raíces y consumida por ellas en la evapotranspiración. La demanda neta viene dada por la siguiente expresión:

$$Nn = ETc - (Pe + W)$$

Nn : Necesidades netas en mm/día.

ETc : Evapotranspiración del cultivo en mm/día.

Pe : Precipitación efectiva en mm/día.

W : Variación de la humedad en el suelo en mm.

Además, también muestra que Pe y W se consideran ineficaces en climas áridos y semiáridos y riego por goteo, lo cual es consistente.

### 2.3.6. Lámina neta de riego

El medidor de riego neto es la cantidad máxima de agua que la planta pueda absorber sin reducir el rendimiento. Por tanto, solo se permite consumir un cierto porcentaje de la malla de riego (Fuentes & García, 1999). El volumen de agua permitido se reduce al 50% (para la mayoría de los cultivos) o al 30% (10% para hortalizas o riego por goteo) del volumen de agua entre retención del campo y volumen de agua permanente (Mendoza, 2013).

La fórmula de cálculo de la tabla de riego neto es la siguiente:

$$\text{Lamina neta de riego (Ln)} = \frac{Cc\% - PMP\%}{100} * Dap * z * p$$

Donde:

Cc : Humedad del suelo a capacidad de campo (%)

PMP : Humedad del suelo a Punto marchitez (%)

Dap : Densidad aparente (g/cc)

Z : profundidad radicular efectiva del cultivo (m)

p : fracción de agotamiento

### 2.3.7. Lámina bruta de riego

Mendoza (2013) manifiesta que, además de las necesidades netas de riego, hay otras cantidades adicionales de agua que son necesarias para compensar las pérdidas por las condiciones en que se desarrolla el cultivo. Todas las pérdidas de agua se cuantifican en un término denominado eficiencia de riego ( $E_r$ ).

$$L_b = N_n / E_r$$

Siendo:

$N_n$  : Necesidades netas de agua en mm/día.

$N_t$  : Necesidades totales de agua en mm/día.

$E_r$  : Eficiencia de riego en tanto por uno.

En riego por goteo y micro pipeta, la eficiencia de cálculo es del 90%, seguido del riego por aspersión (Moya, 2002).

#### Tabla 4

*Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego*

Riego por surcos	0.50 -0.70
Riego por fajas	0.60-0.75
Riego por inundación	0.60-0.80
Riego por inundación permanente	0.30-0.40
Riego por aspersión	0.65-0.85
Riego por goteo	0.75-0.90

*Nota: Fuentes y García (1999).*

### 2.3.8. Intervalo entre riegos

Es el número de riegos en un determinado tiempo. El intervalo de riego es el consumo diario de agua dividido por volumen hídrico que debe reemplazarse (Fernández 2010). En el riego local, el intervalo se elige voluntariamente, oscilando entre 1 y 3 días (Fuentes y García 1999).

$$\text{Intervalo} = \frac{\text{Ln}(\text{mm}/\text{dia})}{\text{Etc}(\text{mm}/\text{dia})}$$

### 2.3.9. Tiempo de riego

Es el tiempo necesario para administrar las dosis. Se calcula así:

$$Tr = \frac{Lb}{Ib} \quad \text{entonces} \quad Ib = \frac{Qe (lph)}{De * Di}$$

Donde:

Tr: Tiempo de riego (h)

Lb: Lamina bruta de riego (mm)

Ib: Precipitación horaria del sistema (mm/h).

De: Distancia entre emisores (m).

Di: Distancia entre laterales (m).

Qe: caudal del emisor (l h<sup>-1</sup>) (PSI 2018).

## 2.4. Cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

### 2.4.1. Necesidades del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

#### A. Suelo

Según JICA (2010), menciona que el cultivo de cebolla prefiere los suelos sueltos, sanos, ricos en orgánicos, de consistencia media y sin calcio. En suelos pedregosos, semi profundos, mal cultivados y suelos arenosos, los bulbos no se forman para adquirir buen sabor.

Por otro lado, López (2001) asegura que la cebolla necesita un suelo fértil y preparado, suelto, profundo y aireado. El pH debe ser de 6 a 6,8, suelo ligero y no demasiado húmedo.

#### B. Clima

Según FDTA (2014), señala que el clima afecta el desarrollo de cebollas y el fotoperiodo es particularmente importante. Asimismo, Sobrino (1992) mencionó que la especie se adapta mejor a los climas cálidos o templados, lo que le permite adaptarse a las regiones frías y permitir su plantación en latitudes frías y extremadamente frías, siempre que la vegetación se base en su necesidad de conocer las condiciones climáticas.

### **C. Temperatura**

Según FTDA (2014), la temperatura se relaciona con la fotosíntesis. Las semillas germinan entre 7 y 35 °C, la mejor es de 18 a 24 °C, la óptima para el cultivo es de 13 a 14 °C, máximo de 30 °C y mínima 7 °C. La temperatura de esferoidización oscila entre 18 °C y 25 °C. La cebolla es una planta de clima templado, aunque puede tolerar temperaturas bajo cero en la primera etapa de cultivo, sin embargo, para la formación y maduración del bulbo requiere altas temperaturas y días largos. Maroto (1995), afirmó que la cebolla es una planta resistente, aunque necesita alta temperatura y un largo fotoperiodo para madurar el bulbo. La temperatura más baja que resiste es de 5 °C y la temperatura de crecimiento óptima es de 12 a 23 °C.

### **D. Humedad**

Zabala & Ojeda (1988) creen que a las cebollas apenas les crecen pelos absorbentes necesita de agua en sus raíces, lo que determina su capacidad de absorción y requiere cierta cantidad de humedad en el suelo.

## **2.4.2. Manejo agronómico del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)**

### **A. Almacigo**

Según el almacén de referencia de Villarroel (1988), recomienda: tierra + arena + abono orgánico (estiércol de oveja) compuesta en partes iguales. Señala que la densidad ideal en el almacén es de 35 a 40 gr de semillas por m<sup>2</sup>. La cantidad de semillas utilizadas para el trasplante posterior alcanzó aproximadamente 1,95 kg semillas ha<sup>2</sup>, para trasplante de 0,4 m entre surcos y de 0,08 a 0,10 m sobre surcos. De acuerdo con el tiempo de siembra, la preparación del sitio debe hacerse con anticipación, y los residuos de la cosecha anterior deben eliminarse durante la preparación del sitio.

### **B. Trasplante**

Villarroel (1988), indicó que el trasplante debe de realizarse entre los 45 y 55 días después de la siembra. Al trasplantar, la plántula debe mostrar un pequeño bulto. La distancia de trasplante varía según el objetivo: la producción de cebolla de bulbo requiere de 35 a 40 cm y de 8 a 10 cm entre hileras.

### **C. Escarda**

Consiste en romper la corteza dura que se origina en el suelo, además es muy importante elimina el desarrollo de malezas (Valadez, 1993).

#### **2.4.3. Labores culturales del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)**

##### **A. Control de malezas**

Vigliola (1988) señaló que el control de malezas es fundamental, por ello se complementa con herbicidas, mecanización y labores manuales (líneas de control), que son muy deseables. Valadez (1993) señaló que es muy deseable para hortalizas de raíz, especialmente cuando se siembra en arcilla.

##### **B. Aporque**

Según Valadez (1993), consiste en "cubrir" los bulbos para evitar "reverdecimiento" de las partes comestibles.

Herbas (1995), afirma que el suelo debe removerse completamente alrededor de la planta que a la vez puede ir acompañado de una segunda fertilización.

##### **C. Riego**

Villarroel (1988), mencionó que las cebollas son cultivos que requieren mucha agua de riego. Se requiere riego suficiente durante el trasplante y la formación del bulbo; asimismo, facilita y garantiza el trasplante, aumenta el tamaño por tanto el rendimiento.

#### **2.4.4. Cosecha del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)**

Dora (2016), Investiga la prueba de Duncan para rendimiento en verdeo, muestra la formación de dos grupos bien diferenciados, el primero formado por la variedad roja Arequipeña con 86,88 t/ha el segundo grupo por la variedad perilla con 77,59 t/ha, estas diferencias se atribuyen a las características propias de cada variedad.

Suca (2012), Plantea el rendimiento promedio para Puno se estima en 10 a 20 toneladas por hectárea, y para Arequipa de 40 a 50 toneladas por hectárea.

Agroaldia, (2014), Reporta que el rendimiento promedio del cultivo de cebolla en Puno, de 2003 a 2013, estuvo en el rango de 19 822.00 a 17 743.37 kg ha<sup>-1</sup>. Durante el año 2009 se obtuvo el menor rendimiento con 16 967.00 kg ha<sup>-1</sup>.

Plan Nacional De Cultivos Campaña Agrícola 2019 – 2020, Ratifica según estadísticas oficiales del Ministerio de agricultura y Riego (Minagri) el cultivo de cebolla ocupa el puesto dieciséis en el orden de importancia a nivel nacional en el valor bruto de producción (VBP) de la actividad agrícola, representando para el año 2018 el 1.6% del VBP agrícola, a precios constantes de 2007. A su vez, durante el periodo comprendido entre 2007 y 2018, se puede observar que la producción de cebolla, como porcentaje del VBP agrícola, ha disminuido de 2,3 % a 1,6 %. A nivel nacional, la producción de cebolla se encuentra en seis importantes establecimientos costeros, representando el 94% de la producción total. De estos, Arequipa (62,4 %) e Ica (19,1 %); otros departamentos en menor medida son Lambayeque (3,8 %), Lima (3,4 %), La Libertad (3,0 %) y Tacna (2,4 %). Por otro lado, la participación de los departamentos de la sierra es menor pero significativa para el abastecimiento de sus propias regiones como: Puno (1,3 %), Cusco (0,9 %), Junín (0,8 %) y Ayacucho (0,5 %).

**Tabla 5**

*Producción de cebolla por departamento*

Departamento	2007	2018	Crecimiento promedio anual 2007 - 2018	Estructura % 2007	Estructura % 2018
AREQUIPA	365 433	402 059	0,9	57,6	62,4
ICA	83 055	122 773	3,6	13,1	19,1
LAMBAYEQUE	15 245	24 495	4,4	2,4	3,8
LIMA	34 011	22 114	-3,8	5,4	3,4
LA LIBERTAD	32 150	19 310	-4,5	5,1	3,0
TACNA	21 590	15 672	-2,9	3,4	2,4
PUNO	6 464	8 281	2,3	1,0	1,3
ANCASH	11 034	6 051	-5,3	1,7	0,9
CUSCO	6 588	6 003	-0,8	1,0	0,9
JUNÍN	37 546	5 166	-16,5	5,9	0,8
AYACUCHO	2 514	3 519	3,1	0,4	0,5
PIURA	10 506	2 817	-11,3	1,7	0,4
CAJAMARCA	1 177	1 720	3,5	0,2	0,3
MOQUEGUA	1 624	1 458	-1,0	0,3	0,2
APURÍMAC	762	1 258	4,7	0,1	0,2
HUÁNUCO	3 606	1 090	-10,3	0,6	0,2
HUANCAVELICA	148	36	-12,1	0,0	0,0
AMAZONAS	111	14	-17,2	0,0	0,0
PASCO	0	0	-	0,0	0,0
TUMBES	348	0	-100,0	0,1	0,0
LORETO	482	0	-100,0	0,1	0,0
MADRE DE DIOS	0	0	-	0,0	0,0
UCAYALI	0	0	-	0,0	0,0
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>634 393</b>	<b>643 835</b>	<b>0,1</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

*Nota: MINAGRI – DGESEP – DEA*

## 2.5. Definición de términos básicos.

- **Lámina de riego:** es la cantidad de agua a aplicar en un área (1 m<sup>2</sup>)
- **Capacidad de retención de agua del campo:** Es lluvia que dura de 24 a 48 horas, según el suelo, su retención de agua equivale a 1/3 de la atmósfera.
- **La formación de bulbos:** es un órgano que acumula y reserva los nutrientes, y es el resultado del movimiento de carbohidratos entre las bases de las hojas jóvenes.
- **Riego por goteo:** Se define como un método de riego en el cual el riego se realiza de manera gradual, frecuente y de bajo volumen a través de un dispositivo mecánico llamado gotero ubicado en un punto seleccionado de la línea de conexión.
- **Capa de agua cruda:** Es la cantidad máxima que puede almacenar el suelo en el cultivo.
- **Volumen neto de agua:** Es la cantidad que repone el cultivo para no verse afectado.



## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Ubicación del campo experimental**

El experimento se realizó en el sitio experimental del Centro de Servicios Agrícolas Silvo (SESA) de la Universidad Nacional de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca, ubicado geográficamente entre las coordenadas 7°10'03 "latitud Sur, 78°29'36" longitud oeste. La altitud es de 2677 m. El clima es templado, con una temperatura media anual de 15 °C, una humedad relativa media de 63.7 % y una precipitación media anual de 528.3 mm.

#### **3.2. Materiales y equipos**

##### **3.2.1. Material biológico**

Semilla de Cebolla roja arequipeña (perilla), reconocido como un eco tipo promisorio de carácter semi tardío de alta productividad y adaptabilidad a la zona con un periodo agrícola de 120 a 150 días (desde trasplante de plantines).

##### **3.2.2. Fertilizantes**

Se emplearon fertilizantes en dosis pequeñas según el análisis de suelo: Urea (46% N) y Superfosfato triple (46% Fósforo ( $P_2O_5$ )).

##### **3.2.3. Material de Campo**

###### **A. Dispositivos de captación**

- Tes PVC de media pulgada
- Válvulas de una pulgada
- Tubería PVC de una pulgada

###### **B. Módulo de riego por goteo**

- Filtro de riego.
- Adaptador tubo Manguera de una pulgada a  $\frac{3}{4}$  de pulgada
- Manguera HDPE de  $\frac{3}{4}$ " de pulgada.
- Manguera HDPE de 16 mm con gotero adaptado cada 20 cm.

- Codos de riego de ¾" de pulgada (25 x 25 x 25 mm).
- Tee de riego de ¾" de pulgada (25 x 25 x 25 mm).
- Tapón final de ¾" de pulgada.
- Tapón final de 16 mm.
- Adaptador Inicial de 16mm más empaquetadura.

#### 3.2.4. Otros

Pico, rastrillo, palana, rafia, marca de identificación, cabrestante, cuaderno, cámara, análisis de suelo, regla o cursor, tubo de ensayo, gafas.

#### 3.2.5. Material y equipo de laboratorio

- Balanza de precisión y vernier.

#### 3.2.6. Material escritorio

- Papel bond A4, lapiceros y lápices.
- Laptop, impresora
- Software: CROPWAT 8.0, Minitab, Word, Excel.

**Tabla 6**

*Análisis Físico - Químico del suelo*

P	K	pH	MO	Al	Arena	Limo	Arcilla	Clase
ppm	ppm		%	meq/100g	%	%	%	textural
5.72	340	7.2	1.82	-----	58	12	30	Fr Ar A
C.C	PMP	A. DISP.	D.Apar.					
%	%	%	g/cc <sup>3</sup>					
20.12	11.02	9.09	1.4					

*Nota: Laboratorio de Análisis de suelos INIA (2019)*

### 3.3. Metodología

Para el trabajo se realizó la aplicación de cinco láminas de riego 4, 6, 8, 10 y 12 mm cuyos volúmenes fueron considerados como tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 respectivamente en el cultivo de cebolla.

#### 3.3.1. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

El requerimiento hídrico del cultivo representa la cantidad de agua necesaria para el óptimo desarrollo de las cebollas. En otras palabras, satisface la tasa de evapotranspiración, cantidad de agua que se pierde en la atmósfera por las plantas y superficie del suelo.

##### 3.3.1.1. Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP)

Se ha calculado utilizando los métodos de Hargreaves y MF, por la expresión:

$$ET_o = T^{\circ}FXCHXMF \text{ de donde } CH = 0.166\sqrt{100 - HR}$$

Donde:

T°F= Temperatura en grados Fahrenheit.

CH= Corrección de humedad, para HR > 64%

CH=1, para HR <64%

MF= Factor de evapotranspiración potencial.

HR= Humedad relativa.

**Tabla 7**

*Cálculo de la Evapotranspiración del cultivo de Cebolla (*Allium cepa* L.)*

Latitud : 7° 10'						
Altitud: 2536 msnm.						
Parámetro/Mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Prom
T ° PM (° F)	58.46	56.39	57.02	58.01	59.9	57.9
HR (%)	65	77	55	55	61	62.6
Factor ETp MF	1.962	1.779	1.779	2.074	2.210	1.9
CH	0.98	0.80	1	1	1	0.9
ETp (mm/mes)	112.40	79.85	101.42	120.31	132.38	109.2
ETp (mm/día)	3.7	2.7	3.3	3.9	4.4	3.6

*Nota: Los datos meteorológicos medios, incluida temperatura y humedad, son de la estación meteorológica "Augusto Weberbauer" en 2014-2018.*

**Tabla 8**

*Duración aproximada de las etapas en el periodo vegetativo y coeficiente del cultivo (Kc) de cebolla (Allium cepa L.)*

	<b>Duración días</b>	<b>Fecha</b>	<b>Kc</b>
Fase inicial	15	De 1 Mayo a 15 mayo	0.50
Fase de desarrollo	25	De 16 mayo a 9 junio	0.75
Fase media	70	De 10 junio a 18 Agosto	1.05
Fase de maduración	40	De 19 de Agosto a 27 de sept	0.85

### 3.3.1.2. Necesidades netas

En este estudio, debido a que el experimento se llevó a cabo en un mes seco, se ignoraron los efectos de la lluvia y los cambios en la humedad del suelo.

Tenemos:  $ETc = ETo \times Kc$

**Tabla 9**

*Evapotranspiración del cultivo para diferentes etapas de desarrollo del cultivo de Cebolla (Allium cepa L.)*

<b>Fases</b>	<b>FECHA</b>	<b>DURACIÓN (días)</b>	<b>ETo (mm/día)</b>	<b>Kc</b>	<b>ETc (mm/día)</b>
Fase inicial	01/5-15/5	15	3.7	0.50	1.85
Fase de desarrollo	16/5-31/5	16	3.7	0.75	2.77
	1/6-9/6	9	2.6		1.95
Fase media	10/6-30/6	21	2.6		2.73
	1/7-31/7	31	3.2	1.05	3.36
	1/8-18/8	18	3.8		3.99
Fase de maduración	19/8-31/8	13	3.8	0.85	3.23
	1/9-27/9	27	4.4		3.74

### 3.3.1.3. Programación del riego

#### A. Lámina neta de riego

Según constante humedad, densidad aparente del suelo, profundidad de raíces y coeficiente de pérdida, el corte neto es de 0,30.

La tabla neta se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$\text{Lamina neta de riego}(Ln) = \frac{Cc - PMP}{100} \times Dap \times Z \times p$$

Para nuestra investigación se tiene los siguientes datos.

- Cc=20.12 %                      PMP=11.02 %
- Dap=1.40 g / cc                Z= 200 mm.
- p=0.30

Reemplazando tenemos

$$\text{Lamina neta de riego}(Ln) = \frac{20.12 - 11.02}{100} \times \frac{1.40\text{g}}{\text{cc}} \times 200\text{mm} \times 0.3$$

$$\text{Lamina neta}(Ln) = 7.6 \text{ mm}$$

### **B. Lámina bruta de riego**

Teniendo en cuenta la eficiencia de la aplicación para calcular el consumo real de agua que cumple la tabla neta en riego, esto se debe a que hay una pérdida cuando aplicamos riego. Teniendo en cuenta este hecho, la eficiencia de riego utilizada es del 90%.

La tabla original se calcula utilizando la siguiente expresión

$$\text{Lamina Bruta de riego}(Lb) = \frac{Ln}{Ef}$$

$$\text{Lamina Bruta de riego}(Lb) = \frac{7.6}{0.9} = 8.4 \text{ mm}$$

Estos 8,4 mm, representan las escamas utilizadas en el proceso de riego para cubrir el agua utilizada por el cultivo en el proceso de evaporación.

### **C. Intervalo de riego**

La frecuencia entre dos riegos se calcula dividiendo la cantidad de agua a reponer por consumo diario.

$$\text{Intervalo} = \frac{7.6}{2.36} = 3 \text{ días}$$

**Tabla 10***Intervalos de riego para diferentes etapas del cultivo de cebolla (Allium cepa L.)*

	Etapa inicial	Etapa de desarrollo	Etapa media	Etapa final
Lamina neta (mm)	3.8	7.6	7.6	7.6
ETc (mm/día)	1.85	2.36	3.36	3.48
Frecuencia (días)	2	3	2	2

\*Placa de 3,8 mm, porque en la primera etapa se consideró 10 cm de profundidad de raíz.

#### **D. Tiempo de riego**

El sistema utilizado fue calibrado para que proporcione el caudal requerido para todas las unidades experimentales de acuerdo con la mesa de riego seleccionada. Por esta razón, el caudal fue controlado por la válvula de ajuste para permitir la modificación del gotero. La Tabla 10 muestra el caudal de emisores calibrados.

**Tabla 11***Caudal de emisores calibrados para cada tratamiento.*

Tratamientos/caudal	T1	T2	T3	T4	T5
Lamina de riego (mm)	4	6	8	10	12
Qe calibrado (l h <sup>-1</sup> )	0.4	0.6	0.8	1	1.2

Entonces, para el tratamiento 3, tenemos:

$$\text{Tiempo de riego } (T) = \frac{Lb}{Ia} \qquad \text{entonces } Ia = \frac{Qe(lph)}{DlxDe}$$

$$Ia = \frac{0.8(lph)}{0.2 \times 0.6} = 6.6 \text{ mm/h}$$

Esto significa el sistema aplicará 6,6 mm en funcionamiento.

$$\text{Tiempo de riego (Tr)} = \frac{8 \text{ mm}}{6.6 \text{ mm h}^{-1}} = 1.21 \text{ h} = 72.72 \text{ min} = 73 \text{ min}$$

En total, el sistema de riego funcionó durante 73 minutos y proporcionó láminas adecuadas para el tratamiento.

### 3.3.2. *Tratamiento en estudio*

Para encontrar una tabla de riego ideal, es recomendable conocer los cultivos aplicando cinco tablas de riego distintas a lo largo del período de cultivo. La tabla 12, teórica calculada (tabla de riego total), son las que se presentan a continuación.

**Tabla 12**

*Tratamientos de estudio*

Clave	Tratamientos
T-1	4mm
T-2	6mm
T-3	8mm (Lámina teórica)
T-4	10mm
T-5	12mm

*Nota: Elaboración propia*

Teniendo en cuenta la siguiente relación:

1mm = 1l m<sup>2</sup> = 10 m<sup>3</sup> ha<sup>1</sup> y teniendo en cuenta el área del surco de 1,6 m<sup>2</sup>, la pieza de riego se convierte en la cantidad de agua en litros. Registrado en la Tabla 13.

**Tabla 13***Lámina de riego y volumen de agua en litros*

Tratamientos	Lamina de riego (mm)	l/surco	l/parcela
T 1	4	7	28
T 2	6	10	40
T 3	8	13	52
T 4	10	16	64
T 5	12	19	76

*Nota: Elaboración propia***3.4. Diseño experimental y análisis estadístico**

Se utilizó diseño estadístico de bloques al azar (DBCA) para evaluar la significancia de tratamientos, generando 5 y 3 réplicas, distribuidos aleatoriamente en el campo.

**3.4.1. Características del campo experimental**

Se muestran en la figura siguiente y la distribución se muestra a continuación:

**BLOQUE**

Número de tratamientos	:	5
Número de repeticiones o bloques	:	3
Largo del bloque	:	12.50 m
Ancho del bloque	:	4.00 m
Área del bloque	:	150.00 m <sup>2</sup>

**PARCELA**

Largo	:	4.00 m
Ancho	:	2.50 m
Área total	:	10.00 m <sup>2</sup>
Total de parcelas	:	15

**SURCO**

Número de surcos por parcela	:	4
Longitud	:	4.00 m



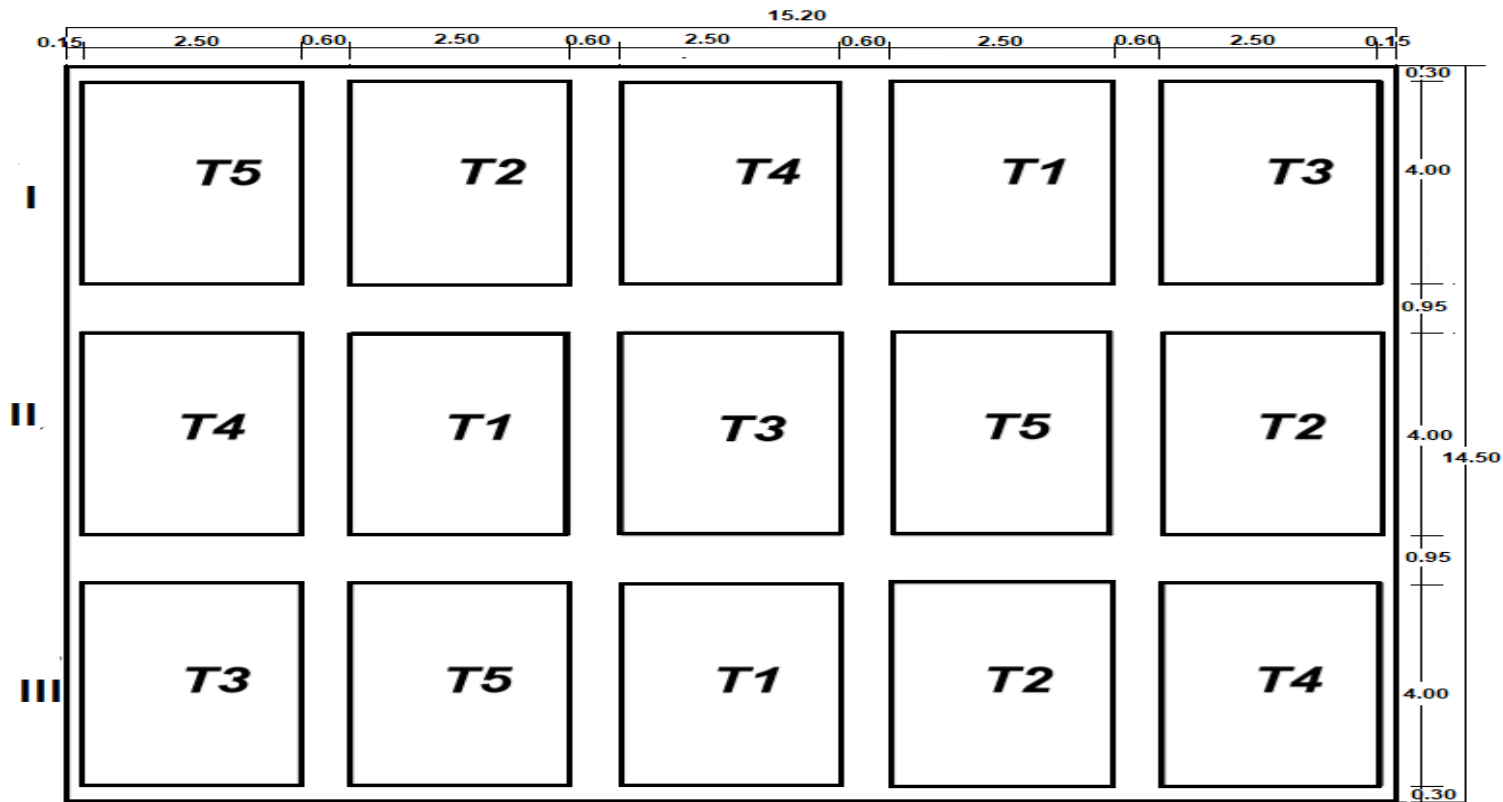
Ancho	:	0.40 m
Área total del surco	:	1.60 m <sup>2</sup>
Distancia entre planta	:	0.20 m
N° de plantas por surco	:	20 plantas
Distancia entre surcos	:	0.60 m
Distancia entre bloques	:	0.95 m
Distancia entre parcelas por bloque	:	0.60 m

### **CALLE**

Área de calles	:	76.3. m <sup>2</sup>
----------------	---	----------------------

**Figura 2**

*Distribución de los tratamientos en el campo experimental*



I, II y III: Bloques o Repeticiones.

T1, T2, T3, T4, T5: Tratamientos en estudio.

### **3.5. Conducción del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)**

#### **3.5.1. Muestreo y análisis de suelo**

Se realizó tomando muestras al azar (10 muestras) a una profundidad 20 cm, luego se mezcló y realizó un cuarteo hasta llegar a 1 kg de peso, de acuerdo a la metodología descrita por Chilón (1997), el cual fue llevado al Laboratorio de Servicio de Suelos del INIA para análisis posterior.

#### **3.5.2. Preparación del terreno**

Se creó condiciones favorables para el cultivo de cebolla, deshierbando y ablandando; el terreno se preparó a una profundidad de 20 a 25 cm.

##### **3.5.2.1. Delimitación del área experimental**

Se delimitó el terreno con estacas, cuerdas, yeso y cabrestantes.

##### **3.5.2.2. Almacigo**

Se preparó una bandeja de geo membrana y se incorporó tierra finalmente se niveló con pico rastrillo, quedando de esta manera el terreno listo para la siembra. Se sembró 100 gr de semilla, teniendo en cuenta que para una 1 ha se necesita 2.5 kg.

La siembra se realizó el 4 de marzo de 2019, al boleó y se cubrió con una pequeña cantidad de arena, luego se aplicó riego pesado y se cubrió con un tinglado. El riego se realizó dos veces por día y se suspendió una semana antes del trasplante

Emergencia en almacigo se observó que, a los 15 días de realizada la siembra, la emergencia era un 80%.

##### **3.5.2.3. Trasplante**

Esta labor se realizó el 26 de abril de 2019. Antes de la emergencia, las plántulas se regaron para facilitar la emergencia; las plántulas se seleccionaron mejor conformadas, desechando en lo posible las no aptas. Para esta operación se hizo la poda de raíz y tallo.

##### **3.5.2.4. Abonamiento**

Se realizó en base a los datos registrados en laboratorio según INIA en aplicaciones de urea y superfosfato triple, se hicieron tres aplicaciones primero a los 20 días después del trasplante con 4 gr a cada planta, luego 30 días después de la primera fertilización con 5 gr a

cada plata y por último a los 40 días después de la segunda fertilización con 8 gr por planta, la modalidad fue por golpe.

#### **3.5.2.5. Riego**

Los primeros cinco días después de trasplante se regó diario, luego se programó de acuerdo a las láminas y frecuencia de riego por medio de manguera HDPE para riego por goteo de 16 mm para 0.4; 0.6; 0.8; 1; 1.2 L/h por emisor de láminas de riego 4mm, 6mm, 8mm, 10mm y 12mm respectivamente y un distanciamiento de 0.20 m entre emisor.

#### **3.5.2.6. Deshierbos**

Se han efectuado cuatro deshierbos en forma manual. El primer deshierbo se realizó a los 30 días del trasplante, el segundo a los 40 días del primero, y el tercero a 20 días del segundo y el cuarto se realizó faltando 15 días para el tumbado.

#### **3.5.2.7. Control fito-sanitario**

Se presentó plagas de *Thrips tabaci* y *copitarsia turbata*.

#### **3.5.2.8. Descubrimiento del bulbo**

Se llevó a cabo faltando mes y medio para la cosecha, de manera general para todos los tratamientos. Esta labor consiste en descubrir los bulbos, con la finalidad de darle la mayor incidencia de los rayos solares y facilidad para el desarrollo.

#### **3.5.2.9. Tumbado**

Se realizó faltando un mes para la cosecha, fue echo en forma general para todos los tratamientos. Esta labor consiste en voltear o doblar las plantas, tratando de hacerlo desde el cuello de estas; con la finalidad de concentrar todas las sustancias en el bulbo permitiendo de esa manera su mayor desarrollo.

#### **3.5.2.10. Curado**

Se realizó una semana faltando para la cosecha.

#### **3.5.2.11. Cosecha**

Se realizó el 30 de octubre de 2019, es decir, a los 187 días de realizado el trasplante cuando las dos terceras partes del follaje habían secado. Se cosecharon los dos surcos centrales.

### **3.5.3. Fuente de agua de riego fue captada**

La fuente de agua para el funcionamiento del sistema proviene de la red de suministro de la Universidad Nacional de Cajamarca en el Servicio Silbo Agropecuario. Para cada riego, la operación del riego se hizo cuenta con volumen medido según la presión del agua.

La presión tiene una salida de tubería de PVC de media pulgada, adecuada para tuberías de una pulgada, conectada a la válvula principal.

#### **3.5.3.1. Cabezal de riego**

Consta de accesorios de control y filtrado:

Válvula principal: tiene función de bloquear el paso de agua en la tubería principal y controlar cantidad requerida.

Filtro compuesto por tamiz de malla 120: su finalidad es tamizar las partículas en suspensión y evitar aquellas partículas más grandes que la malla (16 mm).

#### **3.5.3.2. Red de distribución**

Incluye tubería principal y auxiliar, que guían el agua desde el principal hasta el puerto lateral de riego, así como los elementos de control (válvulas) de cada unidad. La red principal se instala con tubería de PVC de 1" de diámetro, conectada a la red auxiliar a través de un adaptador de manguera de tubo, reduciendo el diámetro de 1" a  $\frac{3}{4}$ "; a partir de esta reducción, use la misma manguera de HDPE de diámetro reducido.

#### **3.5.3.3. Laterales de riego**

Consiste en una manguera de polietileno de alta densidad de 16 mm, que se extiende a lo largo de la ranura y entrega agua al gotero. El gotero se agrega cada 20 cm, con un caudal nominal de  $2 \text{ L h}^{-1}$ .

#### **3.5.3.4. Aforamiento de goteros**

Para operar los sistemas de riego de todas las unidades experimentales a la vez, al tratarse de medidores diferentes, se utilizaron válvulas para la calibración que se encargan de controlar el agua requerida en el medidor de riego. Por ello, se seleccionó el ramal central, de allí se seleccionaron dos, las operaciones anteriores se realizaron con tubos de ensayo. Por ejemplo, en una hoja más grande (12 mm), en comparación con una hoja más pequeña,

la fuerza será rápida y tiempo corto, la hoja más pequeña tiene fuerza menor y tiempo largo (4 mm) (Ver Anexo 3).

### **3.6. Evaluaciones Experimentales**

Al cosechar, considerando el efecto de borde, se seleccionaron ocho plantas al azar para su evaluación.

En la cosecha, se pesan los bulbos de las parcelas para cada tratamiento en kg teniendo en cuenta el total de plantas de cada parcela y de cada bloque según el diseño experimental anterior. Posteriormente, los resultados obtenidos se convierten en kg ha<sup>-1</sup>.

#### **3.6.1. Altura de planta**

Se mide desde el bulbo hasta la hoja más larga (cm), medida se realizó en ocho plantas marcadas (evaluación sistemática), la primera medición es a los 30 días y después cada 15 días. Se utilizó una wincha para evaluar el crecimiento durante el ciclo vegetativo (cm).

#### **3.6.2. Número de hojas**

Se contabilizaron las hojas verdaderas (no considera hojas provenientes de almacigo), cada unidad experimental se marca con ocho plantas (revisión sistemática). La primera evaluación se realizó el día 30 y luego cada 15 días.

#### **3.6.3. Diámetro del bulbo**

Se utilizó el vernier para medir el diámetro del bulbo (ml) al final de la cosecha La evaluación es aleatoria, midiendo 8 plantas de la fila central de cada tratamiento.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para este capítulo se ha tenido en cuenta lo considerado en el diseño experimental planteado y los resultados obtenidos para cada una de las características agronómicas consideradas: rendimiento de cebolla, Atura de planta, diámetro del bulbo y número de hojas por planta.

#### 4.1. Rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.)

En la tabla 15, se muestra el análisis de varianza para el rendimiento del cultivo de la cebolla, los resultados muestran que existe alta significación estadística para los tratamientos, es decir, son estadísticamente diferentes debido a que el valor-P es menor a 0.05%. El coeficiente de variación (7.56%) indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 14**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de cebolla en t ha-1*

Fuente de variación	de Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	2	24.2	12.1	4.3 NS	0.054
Tratamiento	4	449.1	112.28	39.87 **	<0.0001
Error	8	22.53	2.82		
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>495.83</b>			

NS = no significativa; \*\* = altamente significativa      CV = 7.56 %

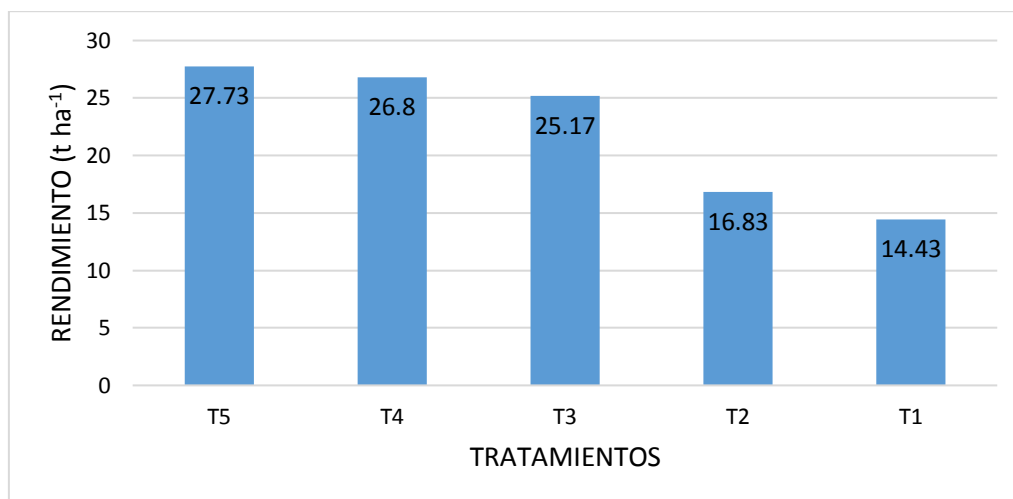
*Nota: Elaboración propia*

La prueba Tukey al 5% de probabilidad (Figura 3), se observa que en los tratamientos se han formado dos grupos (A, B). El primer grupo (A), conformado por los tratamientos 5, 4 y 3 que son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente al grupo B, conformado por los tratamientos 2 y 1. Por otro lado, el rendimiento más alto fue del

tratamiento (12 mm) con 27.73 t ha<sup>1</sup> y el rendimiento más bajo fue del tratamiento 1 (4 mm) con 14.43 t ha<sup>1</sup>. El rendimiento promedio fue de 22.19 t ha<sup>1</sup>.

### Figura 3

*Prueba de significación de tukey a 5% de probabilidad para el rendimiento de cebolla en t ha-1.*



*Nota: Elaboración propia*

Estos resultados no concuerdan con la investigación realizada por Noa (2011) quien señala que obtuvo un rendimiento promedio de 30 t ha<sup>-1</sup>, esto se debe a que se utilizó una lámina de riego superior (39 mm) a la que se usó en este experimento. Asimismo, Ramos (1999) menciona que obtuvo rendimientos de 35 a 45 t ha<sup>-1</sup>, con eficiencia de 8-10 kg m<sup>3</sup> en agua aplicada y que al cambiar la frecuencia o la lámina de riego afecta directamente en el rendimiento y la calidad de los bulbos.

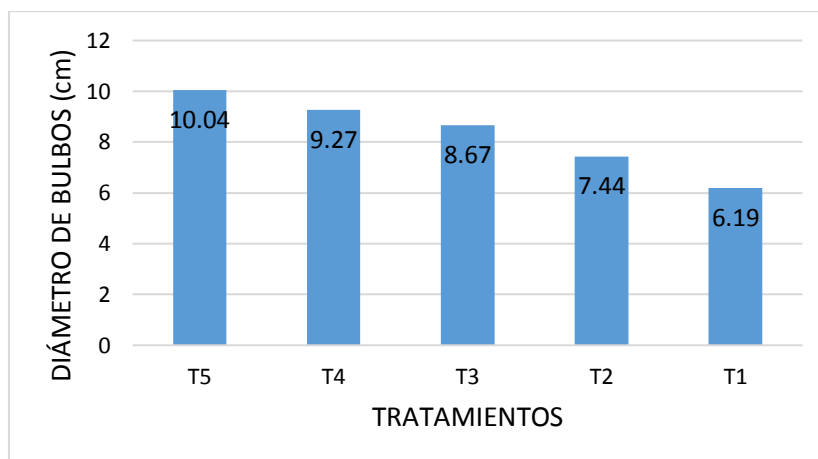
Por otro lado, FDTA - VALLES (2004), indica que los requerimientos hídricos del cultivo de cebolla varían según la etapa fonológica, condiciones climáticas y el tipo de suelo. De igual manera Pinzón et al. (2019), obtuvo rendimientos de 53 a 62 t ha<sup>-1</sup> que son superiores al de esta investigación, sin embargo, los factores en estudio fueron diferentes en cuanto a fertilización y lámina de riego.





#### Figura 4

Prueba de significación de tukey a 5% de probabilidad para el diámetro de bulbos de cebolla (cm).



Nota: Elaboración propia

Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Álvarez et al. (2020), que fue de 7.54 cm a 6.19 cm, debido a que en la investigación se utilizó un riego tecnificado. Por otro lado, Poma (2013) realizó una investigación en el que encontró que el diámetro ecuatorial varió de 6.93 cm a 6.38 cm, estos resultados son inferiores en comparación al de la presente investigación a pesar de tener el mismo sistema de riego, pero estas variaciones se pueden deber a las condiciones climáticas y al manejo agronómico durante todo el ciclo vegetativo del cultivo.

#### 4.3. Altura de planta

En la tabla 17, se muestra el análisis de varianza para la altura de planta de la cebolla, los resultados muestran que existe alta significación estadística para los tratamientos, es decir, son estadísticamente diferentes debido a que el valor-P es menor a 0.05%. El coeficiente de variación (1.86%) indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 16***Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta de cebolla (cm)*

Fuente de variación	de Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	2	25.29	12.64	5.3	0.0342
Tratamiento	4	660.72	165.18	69.27 **	<0.0001
Error	8	19.08	2.38		
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>705.08</b>			

NS = no significativa; \*\* = altamente significativa                      CV = 1.86 %

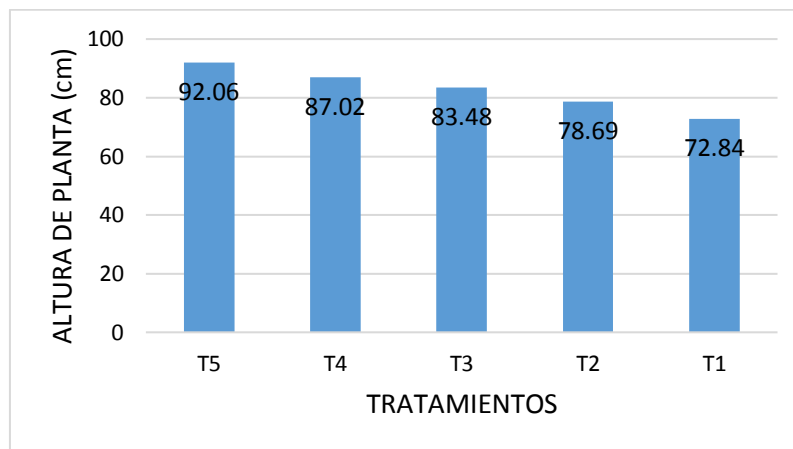
*Nota: Elaboración propia*

La prueba Tukey al 5% de probabilidad (Figura 5), se observa que en los tratamientos se han formado cuatro grupos (A, B, C y D). El primer grupo (A), conformado por el tratamiento 5 que es estadísticamente diferente y superior a los demás tratamientos en estudio. El grupo B, está conformado por los tratamientos T4 y T3 que son estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores estadísticamente al T2 y T1. El grupo C, se encuentra conformado por el tratamiento T2 que es estadísticamente diferente y superior al T1. El grupo D se encuentra conformado por el tratamiento 1.

Por otro lado, el tratamiento que obtuvo la mayor altura de planta fue el T5 con 92.06 cm y la altura más baja fue del T1 con 72.84 cm. La altura de planta promedio fue de 82. 82 cm.

## Figura 5

*Prueba de tukey a 5% de probabilidad para la altura de planta de cebolla (cm)*



*Nota: Elaboración propia*

El valor de la altura de la planta está entre 72,84 y 92,06 cm. El primer valor corresponde a T1 y consiste en la aplicación de una tabla de riego de 4 mm, y el segundo valor corresponde a T5, que corresponde a un valor de tabla de riego de 12 mm. Esto muestra que, con el aumento de agua, la eficiencia de la actividad fotosintética es mayor y el desarrollo de los órganos de las plantas también es más rápido.

Estos resultados encontrados fueron superiores a los encontrados por Álvarez et al. (2020) que obtuvo una altura de planta que varió de 52.77 cm a 45.57 cm, esto posiblemente se debe al manejo en cuanto al riego adecuado en la presente investigación. Asimismo, Poma (2013), encontró que la altura de planta varió de 62.93 cm a 53.08 cm, estos resultados fueron inferiores a los de la presente investigación, esto se puede deber a que Poma en su investigación dio énfasis a la fertilización y a los sistemas de plantación mientras que en esta investigación se dio mucho más énfasis al riego adecuado durante todo el ciclo vegetativo.

Por otro lado, Álvarez et al. (2017) señala que el crecimiento de la planta aumenta conforme aumenta la cantidad de agua desde 0.8 hasta 1.2 de la  $E_v$ , y al aplicar una cantidad mayor de agua, el crecimiento tiende a disminuir. Del mismo modo, Coca et al. (2013), que encontró variable altura de planta se obtuvo que en la etapa final de experimento (87 días

después de la siembra), fue inhibido con el aumento proporcional de sales en el agua de riego.

#### 4.4. Número de hojas por planta

En la tabla 18, se muestra el análisis de varianza para el número de hojas por planta, los resultados muestran que no existe significación estadística para los tratamientos debido a que el valor-P es menor a 0.05%. El coeficiente de variación (7.81%) indica la confiabilidad para una adecuada comparación entre tratamientos.

**Tabla 17**

*Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas por planta de cebolla*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	2	1.17	0.58	0.52 NS	0.6138
Tratamiento	4	13.39	3.35	2.98 NS	0.0882
Error	8	8.99	1.12		
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>23.54</b>			

NS = no significativa; \*\* = altamente significativa

CV = 7.81 %

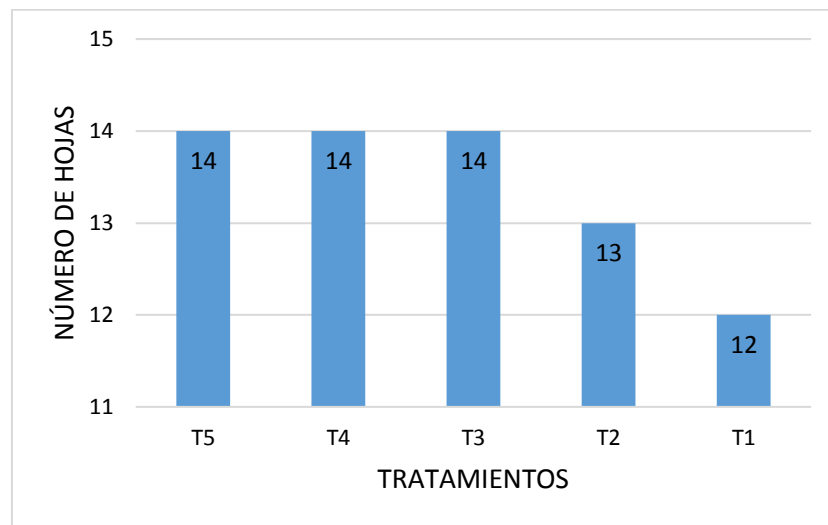
*Nota: Elaboración propia*

En la Figura 6, muestra una comparación numérica de los resultados obtenidos en cada tratamiento a los 120 días después del trasplante. Los tratamientos 3, 4 y 5 mostraron el mayor número de hojas (14) por planta, mientras que el tratamiento 1 mostró el menor número de hojas (12) por planta. El número de hojas promedio fue de 13 hojas por planta. Estos resultados variaron numéricamente en muy baja proporción debido a la cantidad de agua suministrada en cada tratamiento, lo que no influyó de manera significativa en el número de hojas de cada planta.

Estos resultados concuerdan con Coca et al. (2013) que afirma que en su investigación obtuvo un promedio de 13 hojas por planta.

**Figura 6**

*Promedio de los tratamientos para el número de hojas por planta.*



*Nota: Elaboración propia*

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

Se encontró significación estadística para el rendimiento, diámetro de bulbos y altura de planta, siendo estadísticamente diferente y superior el tratamiento 5 con una lámina de agua de 12 mm, al tratamiento 1 con una lámina de agua de 4 mm. Mientras que para el número de hojas por planta no hubo significación estadística entre los tratamientos.

El mayor rendimiento de cebolla fue de 27.73 t ha<sup>-1</sup> correspondiente al tratamiento 5 con una lámina de riego de 12 mm y el rendimiento más bajo fue de 14.43 t ha<sup>-1</sup> correspondiente al tratamiento 1 con una lámina de riego de 4 mm.

Para las evaluaciones de diámetro de bulbo con un coeficiente de variación estadística de (6.93 %) y altura de planta con un coeficiente de variación (1.86%); siendo el mejor tratamiento 5 (12 mm de lámina de riego) fue el que superó a los cuatro tratamientos restantes cuyos valores son más bajos.

Para el tratamiento T1 (lámina de riego de 4 mm), no hubo significación estadística sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña; obteniendo un rendimiento de 14.43 t ha<sup>-1</sup>

Para el tratamiento T2 (lámina de riego de 6 mm), no hubo significación estadística sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña; teniendo un rendimiento de 16.83 t ha<sup>-1</sup>

Para el tratamiento T3 (lámina de riego de 8 mm), influencia de la lámina de riego sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña; en el cual se tuvo un rendimiento de 25.14 t ha<sup>-1</sup>

Para el tratamiento T4 (lámina de riego de 10 mm), incrementa el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña; y se obtuvo un rendimiento de 26.80 t ha<sup>-1</sup>

Para el tratamiento T5 (lámina de riego de 12 mm), hubo significación estadística de 0.054 % sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad roja Arequipeña; en el cual se encontró un rendimiento de 27.73 t ha<sup>-1</sup>

Dado la importancia que tiene en el mercado el consumo de cebolla, se recomienda realizar trabajos de investigación de esta índole con otros volúmenes de riego y otro factor de estudio que influya en el rendimiento de cebolla.



## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, J.; Alvarado, O.; Suesca, F. (2017). *Efecto de diferentes láminas de riego en el crecimiento y desarrollo de cebolla de bulbo (Allium cepa L.)*. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 11(2): 359–367. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.7345>.
- Barden, J. (1984). *"Horticultura"*. Ed. AGT Editor. México. 75 pp. *"Cultivo de Cebolla"*. Mexico.
- Bonza, M.; Pinzón, E; Álvarez, J. (2016). *Efecto del nitrato de potasio y la sacarosa sobre el rendimiento de plantas de cebolla (Allium cepa L.)*. Temas agrarios 21(2):40–50. Colombia.
- Brewster, JL (2008). *Cebolla y otros alliums*. 2ª edición. Wallingford: CAB Internacional. 432 págs. Consultado el 17 de mayo de 2013. Estados Unidos.
- Carranza, A.; Casas, A.; Mendoza, A. (2013). *Riego por goteo*. San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 91p. Consultado el 15 abr. 2019.
- Carrazón, J. (2007). *Manual Práctico para el Diseño de Mini Sistemas de Riego*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Honduras. 218p.
- Casseres. 1984. *"Cultivo de Cebolla"*. Fundación para el Desarrollo Agrícola INC. FDA-Serie de Cultivos. Boletín Técnico No.9. 20 págs. Santo Domingo, República Dominicana
- Castañón, G. 2000. *Ingeniería de riego. Uso racional del agua*. Editorial Paraninfo. 198 págs. Madrid, España.
- Chávez, R. (2019). *Determinación de la Frecuencia y Tiempo de Riego*. Cajamarca, Perú. 9p.
- Chilon, E. (1997). *Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal*. CIDAT. 1st Printing. La Paz, Bolivia. 26, 27, 28 and 88 p.
- Chuchón, R. *"Láminas de Riego en el Cultivo de Papa (Solanum tuberosum L.) Variedad "Unica" Mediante Riego por Goteo en la Molina"*. Tesis de Titulo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ingeniería Agrícola. Lima, Perú.

- Coca, A.; Carranza, E.; Miranda, D.; Rodríguez, M. (2013). *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 6(2):196–212. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i2.1977>.
- Corado, M. (2014). *Evaluación de Cuatro Láminas de Riego por Goteo Sobre el Rendimiento en el Cultivo de Plátano; Moyuta, Jutiapa*. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
- Delgado, G. (2012). *Determinación de la Lámina de Riego para el Cultivo de la Albahaca Genovesa (Ocimum Basilicum "Genovese") a partir de la Variación del Coeficiente Multiplicador de la Evaporación*. Tesis para título profesional. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Programa de Ingeniería Agrícola. Colombia
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2004). *"Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos" Estudio de la FAO - riego y drenaje*. No.33 - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. J. Doorenbos. / A. H. kassa Roma 1980, 215 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2006). *Evapotranspiración de cultivos*. Pautas para la determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos. FAO: Irrigation and Drainage No. 56. Roma.
- FAO y FDTA. (2014). *"Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario de los Valles"*. (Manual de Producción de Cebolla).
- Fernández, R. (2010). *"Manual de riego para agricultores - Módulo 4. Riego localizado"* Manual y Ejercicios - Sevilla: Junta de Andalucía. Ministerio de Agricultura y Pesca, 154 p. Illinois; 30 centímetros. - (Agricultura. Formación de la Consejería de Agricultura y Pesca de Andalucía).
- Fernández, R. et al. (2010). *Manual de riego para agricultores: Módulo 4. Riego localizado: Manual y ejercicios*. junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria y Pesquera Ministerio de Agricultura y Pesca. Sevilla. 154p.

- Fuentes, J; García, G. (1999). *Técnicas de Riego, Sistemas de Riego en la Agricultura*. 1 edición Rvdo. y corr. México. Editorial Mundi-Prensa. 473p.
- Heras. 1983. *Síntesis de Recursos Hídricos Metodología y Normas* Editorial Cooperativa de Publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Almagro, 42. Madrid. España. 4361 pág.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (2020). Nota de prensa: (*Producción de cebolla se incrementó 25,9 % en noviembre del 2019*). Lima. Consultado 02 jun. 2022. Disponible en <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/notadeprensa008.pdf>
- JICA. (2010). "*Producción de Cebolla*" en el Altiplano Boliviano con riego tecnificado. Editorial Mundi Prensa. Bolivia. 58 p.
- López, C. (2001). "*Estudio comparativo de 10 cultivares de Cebolla*" en las condiciones de la Tesis Yarada Tacna. Ing. Agrónomo UNALM Lima Perú- 21pp. Artículo Científico.
- López, P. & Coleman, E. (2016). *Efecto de tres láminas de riego por goteo y tres distancias de siembra en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) Cv UC82, Universidad Nacional Agraria, Managua, del 2014 -2015*. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Nicaragua.
- Manuel, M.; Casas, D.; Yupanqui, G. (2020). *Aplicación de reguladores de crecimiento sobre el rendimiento de cebolla roja Ilabaya (Allium cepa)*. Ciencia & Desarrollo 19(26):61–67. DOI: <https://doi.org/10.33326/26176033.2020.26.933>.
- Maroto, BJ. (1995). "*Especial Horticultura Herbácea*" 4ª Edición Ediciones Mundi Prensa. España. pp 123 - 142.
- Medina, J; Himeur, Y. (2005). *Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo: Proyecto "Prevención y Preparación en Comunidades Altoandinas, afectadas por Sequías, Heladas y otros peligros en cuatro distritos de las Regiones de Moquegua y Arequipa*. 1 edición Lima, Perú. 26p.
- Medina, JA. (2000). *Teoría y práctica del riego por goteo*. 4 edición España, editorial Mundi-Prensa. 302p.

- Morocho, J. (2019). *Respuesta del Cultivo de Betarraga (Beta vulgaris L.) a Cinco Láminas de Riego por Goteo en el Valle de Cajamarca*. tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Moya, JA. 2002. *Riego Localizado y Fertirrigación*. 3 edición Rvdo. Editorial Mundi- Press. Madrid, España. 534 pág.
- Munzón, M.; Barreto, J. (2021). *Respuesta del cultivo de cebolla perla (Allium cepa L.) a la fertilización orgánica, Cantón Cumandá, Provincia de Chimborazo* (online). OI DLES 15(30). Disponible en: <https://www.eumed.net/es/revistas/oidles/vol-15-no-30-junio-2021/cultivo-cebolla-perla>.
- Navarro, J. (2003). *Efecto de Cuatro Láminas de Riego sobre el Rendimiento de Plátano (Musa paradisiaca, var. Currare) Bajo las condiciones de Aldea Los Encuentros, Coatepeque, Quetzaltenango*. Tesis. Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 5-9.
- Noa Oré, I. (2011). *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 2670 m.s.n.m. Ayacucho. Perú*. 165 p.
- Olarte, W. (2003). *Diseño y Gestión de Sistemas de Riego por Aspersión en Taludes*. Manual. Proyecto MASAL. Cuzco - Perú. 175 págs.
- Pinzón, E.; Munevar, O.; Cruz, E.; Torres, D. (2019). *Efecto de una fuente alterna de fosforo en la producción de cebolla de bulbo (Allium cepa L.) bajo condiciones de campo*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 10(2):51–62. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.2545>.
- Pizarro, F. 1996. *Riego Localizado de Alta Frecuencia*. 3 edición Rvdo. Editorial, Mundi-Prensa. Madrid, España, 511p.
- Poma Chamana, RH. (2013). *Tres sistemas de plantación y tres niveles de fertilización en la producción de cebolla (Allium cepa L.) cv. Roja de Camaná, bajo riego a goteo en zonas áridas*. Arequipa, Peru. 172 p.

- Porcuna, A. (2000). *“Manejo Integrado de la Cebolla” (Allium cepa, L.). Área de Protección de Cultivos de la Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana*. Folleto Informativo. Universidad Politécnica de Valencia. España. 15 págs.
- PSI (Programa Subsector Riego). (2018). *Determinación de parámetros de diseño de riego*. En Diseño y ejecución de proyectos de riego tecnificado en la región Cajamarca (1, 2018, Cajamarca, Perú).
- Ramos, G. (1999). *Determinación de las Funciones de Producción y Comportamiento del cultivo de Cebolla, bajo diferentes láminas de riego y dosis de fertilización fosforada en San Juan de Lagunilla*. Mérida, Venezuela.
- Saludos, Z. (2015). *“Evaluación del sistema de riego por goteo y exudación en el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Will) en INIA-La Molina”*. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, UNALM. 113p.
- Sandoval, J. (2007). *Principios de riego y drenaje*. Facultad de Agronomía de la USAC, Guatemala: (4ta. Edición) Editorial Universitaria p. 34-115.
- Saray, U. et al. (1988). *Cultivos hortícolas*. Datos básicos. UNALM, Programa de Investigación en Hortalizas. Lima, Perú, 202p.
- Serrano, G. (2014). *“Ingeniería Tecnificada en Riego” Universidad Pública de El Alto - Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas – DIC y T.Instituto de Investigación y Extensión Agropecuaria-IIINEA-Primera Edición Enero 2014-182 p.*
- Sivincha, E. (2022). *“Respuestas del Cultivo de Cebolla (Allium cepa L.) a Tres Frecuencias de Riego Localizado en Condiciones del Centro Agronómico K'AYRA – San Jerónimo – Cusco”*. Tesis de título. Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cusco. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Agronomía. Cuzco, Perú.
- Sobrino, N. (1994). *“Manual de Prácticas Hortofrutícolas” Universidad Tecnológica de la Selva-División Agroalimentaria-Carrera de Agrobiotecnología- Hortalizas de hoja, raíz y hongo*. Editorial AEDOS- Barcelona España. 29 págs.

- Soto, J. (2002). *Manual para el Diseño y Manejo de Pequeños Sistemas de Riego por Aspersión en Taludes*. Proyecto MASAL. Cuzco, Perú. 157 págs.
- Tapi, J. (2021). *Respuesta del Cultivo de Zanahoria (Daucus carota L.) a Diferentes Láminas de Riego en el Valle de Cajamarca*. Tesis de título. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Valadez, E. (1939). "*Manual de Prácticas Hortofrutícolas*". Universidad Tecnológica de La Selva-División Agroalimentaria-Carrera de Agrobiotecnología- Hortalizas de hoja, raíz y hongo. Editorial AEDOS- Barcelona, España. 29 págs.
- Vigliola, M. 1986. "*Manual de horticultura*". Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 106 - 117 págs.
- Villarroel. 1988. "*Gestión del Almacén*" *Horticultura, Manejo de Cebolla, Zanahoria, Tomate y Co/-* UMSS-edu.bo / 59 pp.
- Zabala, M., Ojeda. LR. 1988. *Fitotecnia Especial*. Volumen II. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, 237 págs.

## ANEXOS

### Anexo 1. Registro de información de campo

**Tabla 18**

*Datos meteorológicos promedios anuales registrados en la Estación Meteorológica "Augusto Weberbauer" (2014 -2018)*

	Tmax (°C)	Tmin (°C)	HR (%)	PP (mm)	Horas sol (h día <sup>-1</sup> )
Enero	21.95	10.20	65.25	136.30	6.70
Febrero	22.05	10.38	67.25	69.98	4.53
Marzo	21.35	10.70	72.00	140.23	3.45
Abril	21.63	9.50	71.25	68.70	4.75
Mayo	21.90	8.75	68.75	39.90	5.10
Junio	21.95	6.48	60.00	67.50	6.65
Julio	22.15	5.50	56.50	35.65	8.08
Agosto	22.30	6.15	57.00	14.53	7.40
Septiembre	22.48	7.78	57.00	25.90	5.85
Octubre	22.63	8.85	57.50	42.18	5.80
Noviembre	23.03	8.10	58.50	56.08	6.60
Diciembre	22.05	10.13	65.75	97.33	5.43

*Nota: Estación Meteorológica "Augusto Weberbauer" (2014 -2018)*

## Anexo 2.

### Tabla 19

*Factor de evapotranspiración potencial MF en mm por mes*

Lat. Sur (°)	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2.288	2.117	2.354	2.197	2.137	1.99	2.091	2.218	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.321	2.134	2.357	2.192	2.106	1.956	2.05	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
3	2.353	2.154	2.36	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.486	2.29	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.05	1.888	1.993	2.15	2.24	2.398	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.02	1.854	1.96	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.205	2.363	2.117	1.98	1.82	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.478	2.221	2.363	2.095	1.969	1.785	1.893	2.078	2.21	2.433	2.397	2.467
8	2.496	2.237	2.363	2.081	1.927	1.75	1.858	2.054	2.21	2.443	2.423	2.51
9	2.538	2.261	2.36	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.97	2.18	2.47	2.497	2.61
12	2.625	2.292	2.35	2.002	1.799	1.608	1.719	1.95	2.169	2.477	2.52	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.484	2.543	2.675
14	2.68	2.317	2.34	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.49	2.566	2.706
15	2.707	2.328	2.334	1.937	1.7	1.5	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.73
16	2.734	2.339	2.327	1.914	1.66	1.464	1.576	1.838	2.117	2.5	2.61	2.769
17	2.76	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.54	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.353	2.311	1.867	1.59	1.391	1.504	1.78	2.088	2.508	2.651	2.83
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.564	1.354	1.467	1.75	2.072	2.51	2.671	2.859
20	2.835	2.377	2.293	1.818	1.529	1.318	1.431	1.719	2.056	2.512	2.691	2.889

*Nota: Vásquez et al. (2017). Fundamentos de la ingeniería de riegos.*



### Anexo 3. Datos de las evaluaciones de campo

**Tabla 20**

*Rendimiento el cultivo de cebolla (Allium cepa L.)*

Tratamiento	BLOQUES			Total tratamiento	Promedio
	I	II	III		
T1	15.50	14.00	13.80	43.30	<b>14.43</b>
T2	17.50	18.00	15.00	50.50	<b>16.83</b>
T3	23.00	27.50	25.00	75.50	<b>25.17</b>
T4	24.50	29.90	26.00	80.40	<b>26.80</b>
T5	25.20	30.50	27.50	83.20	<b>27.73</b>
<b>Total bloque</b>	<b>105.70</b>	<b>119.90</b>	<b>107.30</b>	<b>332.90</b>	
<b>Promedio</b>	<b>21.14</b>	<b>23.98</b>	<b>21.46</b>	<b>66.58</b>	

*Nota: Elaboración propia*

**Tabla 21**

*Diámetro del bulbo de cebolla (Allium cepa L.)*

Tratamiento	BLOQUES			Total tratamiento	Promedio
	I	II	III		
T1	6.18	6.93	5.46	18.56	<b>6.19</b>
T2	6.88	7.53	7.91	22.31	<b>7.44</b>
T3	8.83	7.90	9.28	26.00	<b>8.67</b>
T4	8.89	9.21	9.70	27.80	<b>9.27</b>
T5	9.86	10.14	10.11	30.11	<b>10.04</b>
<b>Total bloque</b>	<b>40.63</b>	<b>41.70</b>	<b>42.46</b>	<b>124.79</b>	
<b>Promedio</b>	<b>8.13</b>	<b>8.34</b>	<b>8.49</b>	<b>24.96</b>	

*Nota: Elaboración propia*

**Tabla 22***Altura de planta de cebolla (Allium cepa L.)*

Tratamiento	BLOQUES			Total tratamiento	Promedio
	I	II	III		
T1	70.38	74.00	74.13	218.50	<b>72.83</b>
T2	78.31	78.38	79.38	236.06	<b>78.69</b>
T3	83.81	80.50	86.13	250.44	<b>83.48</b>
T4	85.06	86.75	89.25	261.06	<b>87.02</b>
T5	91.81	90.00	94.38	276.19	<b>92.06</b>
<b>Total bloque</b>	<b>409.38</b>	<b>409.63</b>	<b>423.25</b>	<b>1242.25</b>	
<b>Promedio</b>	<b>81.88</b>	<b>72.83</b>	<b>77.51</b>	<b>221.31</b>	

*Nota: Elaboración propia***Tabla 23***Número de hojas de cebolla (Allium cepa L.)*

Tratamiento	BLOQUES			Total tratamiento	Promedio
	I	II	III		
T1	11.63	13.38	12.00	37	<b>12</b>
T2	13.25	11.38	12.88	38	<b>13</b>
T3	14.75	14.88	13.63	43	<b>14</b>
T4	12.75	15.13	14.63	43	<b>14</b>
T5	13.50	14.13	15.63	43	<b>14</b>
<b>Total bloque</b>	<b>66</b>	<b>69</b>	<b>69</b>	<b>204</b>	
<b>Promedio</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>41</b>	

*Nota: Elaboración propia*

**Anexo 4.** Actividades de instalación de riego

**Tabla 24**

*Aforamiento de goteros y cálculo de caudal calibrado.*

Caudal nominal ( $Q_e=2 \text{ l h}^{-1}$ )											
Numero de goteros por unidad experimental=80											
$Q(e)_{\text{calibrado}} = \frac{\text{volumen aforado} + 1h(3600s)}{\text{Tiempo de aforo}}$											
Tratamientos/ Goteros	T1 (4mm)		T2 (6mm)		T3 (8mm)		T4 (10mm)		T5 (16mm)		
	Aforo	t	Aforo	t	Aforo	t	Aforo	t	12mm	t	
G1 (ml)	10	92s	10	64s	10	49.8s	10.5	40.35s	10.5	34s	
G2 (ml)	10	92s	10	64s	10.5	49.8s	11	40.35s	11.5	34s	
G3 (ml)	10.5	92s	11	64s	11	49.8s	10	40.35s	10	34s	
G4 (ml)	10.5	92s	10.5	64s	11	49.8s	10.5	40.35s	10	34s	
Promedio	10.25		10.38		10.63		10.5		10.5		
Qe (calibrado en $\text{l h}^{-1}$ )	0.4		0.6		0.8		1		1.2		

*Nota: Elaboración propia*

Anexo 5. Cronograma general de riego

Tabla 25

Programación del riego durante la conducción del cultivo

PROGRAMACION DE RIEGO																			
1 Fase				2 Fase				3 Fase				4 Fase							
Fecha	Esp. final	N° RIEGO	Actividad	Fecha	Esp. final	N° RIEGO	Actividad	Fecha	Esp. final	N° RIEGO	Actividad	Fecha	Esp. final	N° RIEGO	Actividad	Fecha	Esp. final	N° RIEGO	Actividad
01-mar				01-mar				01-mar				01-mar				01-mar			
02-mar		Riego N° 1		02-mar		Riego N° 7		02-mar			Asfeno	02-mar				02-mar			Riego N° 15
03-mar				03-mar				03-mar			Riego N° 16		03-mar			03-mar			Riego N° 16
04-mar		Riego N° 1		04-mar				04-mar			Riego N° 17		04-mar			04-mar			Riego N° 17
05-mar				05-mar		Riego N° 8		05-mar			Riego N° 17		05-mar			05-mar			Riego N° 18
06-mar		Riego N° 2		06-mar				06-mar			Riego N° 18		06-mar			06-mar			Riego N° 19
07-mar				07-mar		Riego N° 9		07-mar			Riego N° 19		07-mar			07-mar			Riego N° 20
08-mar		Riego N° 2		08-mar		Riego N° 9		08-mar			Riego N° 20		08-mar			08-mar			Riego N° 21
09-mar				09-mar				09-mar			Riego N° 21		09-mar			09-mar			Riego N° 22
10-mar		Riego N° 4		10-mar				10-mar			Riego N° 22		10-mar			10-mar			Riego N° 23
11-mar				11-mar		Riego N° 10		11-mar			Riego N° 23		11-mar			11-mar			Riego N° 24
12-mar		Riego N° 5		12-mar				12-mar			Riego N° 24		12-mar			12-mar			Riego N° 25
13-mar				13-mar		Riego N° 10		13-mar			Riego N° 25		13-mar			13-mar			Riego N° 26
14-mar		Riego N° 6	Fertilización	14-mar			Asfeno	14-mar			Riego N° 26		14-mar			14-mar			Riego N° 27
15-mar				15-mar		Riego N° 11		15-mar			Riego N° 27		15-mar			15-mar			Riego N° 28
											Riego N° 28								Riego N° 29
											Riego N° 29								Riego N° 30
											Riego N° 30								Riego N° 31
											Riego N° 31								Riego N° 32
											Riego N° 32								Riego N° 33
											Riego N° 33								Riego N° 34
											Riego N° 34								Riego N° 35
											Riego N° 35								Riego N° 36
											Riego N° 36								Riego N° 37
											Riego N° 37								Riego N° 38
											Riego N° 38								Riego N° 39
											Riego N° 39								Riego N° 40
											Riego N° 40								Riego N° 41
											Riego N° 41								Riego N° 42
											Riego N° 42								Riego N° 43
											Riego N° 43								Riego N° 44
											Riego N° 44								

Nota: Elaboración propia

Anexo 6.

Figura 7

Análisis de suelo



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



INIA INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres”  
 “Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad”

**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS**

NOMBRE : ISAIAS MORALES RUDAS

PROCEDENCIA: SILVO AGROPECUARIO - CAJAMARCA

Fecha: 11/04/2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	M.O %	Al meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
01	SU0192-EEBI-19	5.72	340	7.2	1.82	--	58	12	30	F Ar A

C.C. %	P.M.P. %	A. DISP. %	D Apar. g/cm <sup>3</sup>
20.12	11.02	9.09	1.40

**INTERPRETACIÓN**

Fósforo (P) : BAJO  
 Potasio (K) : MEDIO  
 pH (reacción) : NEUTRO  
 Materia orgánica (M.O) : BAJO  
 Clase textural : FRANCO ARCILLO ARENOSO  
 Capacidad de campo : C.C.  
 Punto marchitez permanente : P.M.P.  
 Agua disponible : A. D.  
 Densidad aparente : D. Apar.

**RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES**

Cultivo a sembrar: **CEBOLLA ROJA**

NUTRIENTES	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad	115	90	70	--								

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES: APLICAR CAL EN LA PREPARACION DE TERRENO UN MES Y MEDIO ANTES DE LA SIEMBRA.



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
 Estación Experimental Baños del Inca

*Patricio Velásquez Camacho*  
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Av. La Molina 1981, La Molina  
 T: (051) 240 2100 anexo (indicar)  
 www.inia.gob.pe  
 www.minagri.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO

**Anexo 7. Panel fotográfico**

**Figura 8**

*Almácigo de semillas de cebolla (*Allium cepa* L.)*



**Figura 9**

*Plántulas de cebolla a los 30 DDA*





**Figura 10**

*Preparación de terreno*



**Figura 11**

*Aforamiento de goteros para calibrar el caudal*



**Figura 12**

*Garbas de plantas de cebolla (Allium cepa L.)*



**Figura 13**

*Trasplante*





**Figura 14**

*Deshierbo manual*



**Figura 15**

*Aporque de cebolla (Allium cepa L.)*



**Figura 16**

*Plantas de cebolla (Allium Cepa L.) en pleno desarrollo*



**Figura 17**

*Tumbado de cebolla (Allium Cepa L.)*





**Figura 18**

*Medida de diámetro de bulbo con vernier*



**Figura 19**

*Peso de bulbo de cebolla (Allium Cepa L.)*

