

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**Escuela Académico Profesional de Agronomía**



**TESIS**

**“RESPUESTA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)  
VARIEDAD AMARILIS A CINCO LÁMINAS DE RIEGO EN EL  
VALLE DE CAJAMARCA”**

**Para optar el título profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por el bachiller:**

**ANDRES TEJADA ZAMBRANO**

**Asesor:**

**Ing. JOSÉ LIZANDRO SILVA MEGO**

**CAJAMARCA - PERÚ**

**2025**

**CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

1. **Investigador:** Andres Tejada Zambrano  
DNI: 70040401  
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Ing. José Lizandro Silva Mego
3. **Facultad/Unidad UNC:** Ciencias Agrarias
4. **Grado académico o título profesional:**  
 Bachiller       Título profesional       Segunda especialidad  
 Maestro       Doctor
5. **Tipo de Investigación:**  
 Tesis       Trabajo de investigación       Trabajo de suficiencia profesional  
 Trabajo académico
6. **Título de Trabajo de Investigación:** "RESPUESTA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum Tuberosum* L.) VARIEDAD AMARILIS A CINCO LÁMINAS DE RIEGO EN EL VALLE DE CAJAMARCA"
7. **Fecha de evaluación:** 02/07/2025
8. **Software antiplagio:**  TURNITIN    URKUND (OURIGINAL) (\*)
9. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 17%
10. **Código Documento:** oid:3117:471311930
11. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 17%  
 APROBADO       PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 02/07/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/> <b>Ing. José Lizandro Silva Mego</b> 26705775

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 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 veintinueve días del mes de mayo del año dos mil veinticinco, 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° 109-2025-FCA-UNC, de fecha 07 de febrero del 2025, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "RESPUESTA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD AMARILIS A CINCO LÁMINAS DE RIEGO EN EL VALLE DE CAJAMARCA", realizada por el Bachiller ANDRES TEJADA ZAMBRANO para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las doce horas y cero 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 dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las trece horas y diez 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. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas  
VOCAL

Ing. José Lizandro Silva Mego  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

A Dios, que es lo más importante que me guía, y hace que cumpla mis objetivos trazados durante esta etapa de mi vida.

A mis padres, por qué me brindan su apoyo en cada momento, para cumplir mis metas y por ese amor incondicional que me muestran.

A mi esposa Silaluz, mi hijo Iker André, a mis hermanos Julio, Clementina, y Florinda, por los buenos deseos, consejos, de superación para mi bien, para hacer realidad de ser un Profesional.

**EL AUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo doy gracias a Dios por la vida y salud, suficiente para lograr mis objetivos.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, especialmente a la facultad de Ciencias Agrarias a los docentes que me brindaron sus conocimientos.

Agradezco a mi asesor de tesis el Ing. José Lizandro Silva Mego por brindarme su capacidad y conocimiento científico, y así guiarme en todo el proceso desarrollado de este trabajo de investigación.

**EL AUTOR**

## INDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>paginas</b>
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
INDICE DE TABLAS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
INTRODUCCION.....	1
1.1.  Objetivo general.....	2
1.2.  Objetivo específico.....	2
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>3</b>
<b>REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1.  Antecedentes de la investigación.....	3
2.2.  Bases teóricas.....	5
2.2.1.  Origen del agua.....	5
2.2.2.  Importancia del agua.....	5
2.2.3.  Relación agua suelo y planta.....	5
2.2.4.  Estados de humedad del suelo.....	6
2.2.5.  Necesidades hídricas del cultivo.....	7
2.2.6.  Riego.....	11
2.2.7.  Riego por superficie.....	15
2.2.8.  Aforo.....	16
2.2.9.  Generalidades de la papa.....	17
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>23</b>
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1.  Ubicación del campo experimental.....	23
3.2.  Materiales y equipos.....	27
3.3.  Metodología.....	28

3.3.1.	Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de papa ( <i>solanum tuberosum</i> L.).....	28
A.	Calculo de la evapotranspiración.....	29
B.	Lamina de riego.....	29
C.	Aforamiento.....	30
D.	Tiempo de riego.....	31
3.3.2.	Diseño experimental y análisis estadístico.....	32
a.	Característica del campo experimental.....	32
3.3.3	volumen de agua aplicado.....	34
3.3.4.	Manejo del cultivo.....	36
A.	Muestreo y análisis del suelo.....	36
B.	Preparación del terreno.....	36
C.	Delimitación del área experimental.....	36
D.	Surcado.....	37
E.	Siembra.....	37
F.	Riegos.....	37
G.	Deshierbo.....	37
H.	Fertilización.....	37
I.	Cosecha.....	37
3.5.	Evaluaciones realizadas.....	37
A.	Rendimiento.....	37
B.	Característica agronómica.....	38
<b>CAPITULO IV</b>	.....	<b>39</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUCIONES</b>	.....	<b>39</b>
4.1	Análisis estadístico de las variables agronómicas.....	39

<b>CAPITULO V</b> .....	49
5.    Conclusiones y Recomendaciones.....	49
5.1.  Conclusiones.....	49
5.2.  Recomendaciones.....	49
<b>CAPITULO VI</b> .....	50
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	50
<b>CAPITULO VII</b> .....	55
<b>ANEXOS</b> .....	55
Anexo 1. Registro de información de campo.....	55
Anexo 2. Datos de las evaluaciones de campo.....	56
Anexo 3 Resultado de análisis de suelo en INIA.....	58
Anexo 4. Panel fotográfico.....	60

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Índice de contenido de humedad en el suelo.....	7
<b>Tabla 2:</b> Valores referenciales de Etp según la altitud.....	9
<b>Tabla 3:</b> Coeficiente de cultivo (Kc) de cultivos anuales (C. Brouwer y M. Heloibloem).....	11
<b>Tabla 4:</b> Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego...	14
<b>Tabla 5:</b> Datos meteorológicos durante el periodo de estudio.....	25
<b>Tabla 6:</b> Resultado de análisis del suelo del campo experimental.....	25
<b>Tabla 7:</b> Evapotranspiración potencial con MF del periodo estudio.....	29
<b>Tabla 8:</b> Lamina de riego y volumen de agua en litros.....	30
<b>Tabla 9:</b> Tiempo de riego aplicado para cada tratamiento.....	32
<b>Tabla 10:</b> Volumen total de agua suministrado por cada tratamiento.....	35
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza para Rendimiento del cultivo.....	40
<b>Tabla 12.</b> Prueba de significación de Tukey al 5 % para el Rendimiento.....	40
<b>Tabla 13.</b> Análisis de varianza para la altura de la planta de papa.....	43
<b>Tabla 14.</b> Prueba de significación de Tukey al 5 % para la altura de planta.....	43
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de la planta de papa.....	46
<b>Tabla 16.</b> Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para diámetro ecuatorial de planta.....	46
<b>Tabla 17.</b> Datos meteorológicos promedios anuales registrados en la estación Agrometeorológica.....	55
<b>Tabla 18.</b> Rendimiento de papa ( <i>solanum tuberosum</i> L.) en kg.....	56
<b>Tabla 19.</b> Altura de planta de papa ( <i>solanum tuberosum</i> L.) en cm.....	56
<b>Tabla 20.</b> Diámetro de planta de papa ( <i>solanum tuberosum</i> L.) en cm.....	57

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa de ubicación.....	24
<b>Figura 2</b> Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos en cada uno de los bloques.....	34
<b>Figura 3</b> Volumen total de agua suministrado por cada tratamiento.....	36
<b>Figura 4</b> Promedio del Rendimiento ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) generado por los tratamientos..	41
<b>Figura 5</b> Promedio de altura de planta (cm) generado por los tratamientos.....	44
<b>Figura 6</b> Promedio del Diámetro ecuatorial.....	47
<b>Figura 7</b> Cultivo de papa en campo experimental.....	60
<b>Figura 8</b> Evaluando características agronómicas.....	60
<b>Figura 9</b> Cosecha de cultivo de papa.....	60
<b>Figura 10</b> Juntado en costales para su posterior pesada.....	61
<b>Figura 11</b> Evaluación de dato de rendimiento.....	61

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de determinar la lámina de riego más eficiente en el rendimiento del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), variedad amarilis, la cual se utilizó cinco láminas de riego. Esta investigación fue realizada en el Servicio Silvo Agropecuario (SESA) de la Universidad Nacional De Cajamarca, en un área experimental de 450 m<sup>2</sup>. Se utilizó bloque completo randomizado para reconocer el grado de 5 tratamientos y 3 repeticiones.

Los tratamientos evaluados fueron 4, 8, 12, 16, 20 mm de láminas de riego consideradas como T-1, T-2, T-3, T-4, T-5 respectivamente, las variables en estudio fueron: altura de planta, diámetro ecuatorial, rendimiento de la planta; el tratamiento T – 5 es el que mejor resultado dio en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L), variedad amarilis en una dosis de 20 mm de lámina de riego dio una producción de 38.51 tn ha<sup>-1</sup>.

**Palabras clave:** lamina de riego, rendimiento, papa, eficiencia de riego.

## ABSTRACT

This research was conducted to determine the most efficient irrigation depth for potato crop yield (*Solanum tuberosum* L), amarilis variety. Five irrigation depths were used. This research was conducted at the Agricultural Forestry Service (SESA) of the National University of Cajamarca, in an experimental area of 450 m<sup>2</sup>. A randomized complete block was used to determine the degree of irrigation in five treatments and three replicates.

The treatments evaluated were 4, 8, 12, 16, 20 mm considered as T – 1, T – 2, T - 3, T – 4, T – 5 respectively. The variables studied were plant height, equatorial diameter, and plant yield. Treatments T- 5 yielded the best results for potato crops (*Solanum tuberosum* L), Amarilis variety. A 20 mm irrigation depth yielded 38.51 t<sub>ha</sub><sup>-1</sup>

**Keywords:** irrigation depth yield, potato, irrigation efficiency.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

Debido al cambio climático global, la escasez del agua es cada vez más crítica, a lo que hay que sumar la contaminación de los cuerpos de agua, los cambios sustanciales en el régimen de las precipitaciones y, por ende, en las descargas naturales de los ríos todo lo cual configura un escenario de menor disponibilidad de agua para la agricultura Instituto del Agua (España).

La papa es el cuarto cultivo comestible más importante del mundo (FAO, 2016) y el segundo más importante de la agricultura del Perú, llegando a representar el 10,6 por ciento del Valor Bruto de la Producción (VBP) del sub sector agrícola, siendo el sustento de más de 710 mil familias (MINAGRI, 2017).

Teniendo en cuenta el mercado local y nacional la papa ocupa un lugar preferencial en la dieta culinaria de la mayoría de los hogares peruanos, por lo tanto, es un producto rentable; es un cultivo muy adaptado en los valles interandinos y otros; los expendios comerciales se extienden por las tres regiones del Perú, diversas variedades confluyen en los diversos mercados regionales y nacionales, entre ellas la variedad amarilis.

A nivel de los valles interandino, entre ellos el valle de Cajamarca, en la estación del invierno, que es una estación seca, el agua de riego es un elemento escaso, muy requerido para el riego de la papa, la producción está dada básicamente por el agua de riego disponible, y a nivel de sierra este elemento es escaso, constituye un problema, muchas veces se generan conflictos entre los agricultores, de allí que este caso del agua de riego se considera como un factor limitante para la producción de cosechas, entre estas la papa.

Bajo la premisa de que el agua de riego juega un rol importante en la producción de papa, entra la evidencia a generar la interrogante:

¿Qué volumen de agua o lámina de riego requiere el cultivo de papa para producir buenas cosechas, en el valle de Cajamarca?

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, el presente trabajo de investigación está orientado a determinar la lámina de riego necesario en el cultivo de papa variedad “amarilis” bajo las condiciones del valle de Cajamarca.

### **1.1. Objetivo general**

Determinar la “RESPUESTA DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD AMARILIS A CINCO LAMINAS DE RIEGO EN EL VALLE DE CAJAMARCA”.

### **1.2 Objetivo específico**

- ✓ Determinar la lámina de riego que influye en el rendimiento del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) variedad amarilis en el valle de Cajamarca.
- ✓ Determinar la lámina de riego que influye en la altura del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) variedad amarilis en el valle de Cajamarca.
- ✓ Determinar la lámina de riego que influye en el diámetro ecuatorial del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) variedad amarilis en el valle de Cajamarca.

## CAPITULO II

### REVISION DE LITERATURA

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

Según Chuchón (2019) en su trabajo de investigación: “Laminas de Riego en el Cultivo de Papa” (*solanum tuberosum L.*), variedad “Unica” 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 “Unica”. 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 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, y para los tratamientos T2 y T3 fueron de 1836.41 y 1144.46 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> 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 t ha<sup>-1</sup>, 44.30 t ha<sup>-1</sup> y 30.09 t ha<sup>-1</sup> 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 mm que equivale en 2243.2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, para la frecuencia de tres días fue 205.56 mm que equivale en 2055.6 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y para frecuencia de 5 días fue 172.50 mm que equivale en 1725 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. 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 ultimo al final de la línea lateral, conformado por 16 emisores elegidos, lo cual resulto 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 xi 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>.

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 incremente.

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”).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Origen del agua**

Según Pardo (2013) en la actualidad se plantean dos teorías sobre el origen del agua en la tierra: la teoría volcánica; plantea que se formó en el centro de la tierra, por reacciones a altas temperaturas (527 °C) entre átomos de hidrogeno y oxígeno. Las moléculas formadas por esta reacción fueron expelidas a la superficie terrestre en forma de vapor, algo de este vapor de agua paso a formar parte de la atmosfera primitiva y otra parte se enfrió y condenso para formar el agua líquida y sólida de la superficie terrestre. La teoría extraterrestre de los meteoritos transportadores de agua menciona que en estudios realizados por la NASA apoyan los planteamientos de Tobías, Mojzsis y Scienceweek quienes afirman que el agua llego a la tierra en forma de hielo, en el interior de numerosos meteoritos, que al impactar sobre la superficie terrestre liberaron este compuesto y llenaron los océanos.

### **2.2.2. Importancia del agua**

El agua es el fundamento de la vida: un recurso crucial para la humanidad, este líquido vital constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; además interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y el hábitat de una gran variedad de seres vivos. (Paredes Díaz J. 2013).

El agua es un factor de producción esencial para la agricultura, tanto para los cultivos como para el ganado. El cambio climático tendrá un impacto significativo en la agricultura, en lo relativo en cantidad y calidad de agua. Ello se pondrá de relevancia a través del aumento de la demanda mundial de alimentos, conforme aumenta la población (Copa – cogeca 2010).

### **2.2.3. Relación agua, suelo y planta**

Las plantas necesitan absorber agua con facilidad para crecer y producir a un nivel óptimo. Extraen el agua almacenada en el suelo. Si la planta se

encuentra en confort hídrico se mantendrá la apertura estomática que permite la apertura de CO<sub>2</sub> que será utilizado en la fotosíntesis, simultáneamente a la entrada de CO<sub>2</sub> se pierde vapor de agua hacia la atmosfera. Si la tasa de absorción no compensa la tasa de transpiración, el cultivo pierde turgencia y se produce ajuste estomático. Para que esto no ocurra, la humedad del suelo debe mantenerse por encima de determinado nivel conocido como umbral de riego (Puppo 2015).

#### **2.2.4. Estados de humedad de suelo**

Del agua aplicada a los suelos una parte queda almacenada en los poros del suelo, los poros pueden llenarse total o parcialmente, de acuerdo a esto se puede identificar cuatro niveles de humedad: saturación, capacidad de campo, suelo seco y punto de marchitez permanente (Mendoza 2013).

##### **2.2.4.1. Saturación**

Cuando todos los poros del suelo están llenos de agua, en esta condición no existe aire en los poros y las plantas pueden morir por asfixia, por eso es importante regar en cantidades adecuadas (Mendoza 2013).

##### **2.2.4.2. Capacidad de campo**

Es el porcentaje de humedad que es retenida a una tensión de 1/3 de atm aproximadamente y es la medida de mayor cantidad de agua que un suelo retendrá bajo condiciones de completa humedad, después de haber drenado libremente (FAO, riego y drenaje 66,2012).

##### **2.2.4.3. Suelo seco**

Es el momento en el cual los poros del suelo se encuentran completamente llenos de aire y prácticamente no existe agua en ellos (Mendoza 2013).

##### **2.2.4.4. Punto de marchitez**

Es el porcentaje de humedad retenida a una tensión aproximada de 15 atm en la cual las plantas no pueden reponer el agua suficiente para recobrar su turgencia y la planta se marchita permanentemente (Sood y Singh 2003. Mencionado por FAO 2012). La película de agua que rodea a las partículas se

hace cada vez más fina y a medida que el contenido de humedad disminuye, se hace más difícil la absorción de agua por las raíces, hasta que alcanza un estado denominado punto de marchitez (PM) que se caracteriza por que las plantas absorben el agua del suelo con mucha dificultad y experimenta marchitez irreversible (Pizarro 1996).

En la tabla 1. Se presentan diferentes tipos de texturas de suelo y los rangos de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y la humedad total aprovechable.

**Tabla 1.** Índice de contenido de humedad en el suelo.

<b>Tipo de suelo</b> (clasificación de la Textura del suelo del USDA)	<b>Características de la humedad del suelo</b>		
	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 Arcilloso Limoso	30 - 37	7 - 24	13 – 18
Arcilloso Limoso	30 – 42	17 – 29	13 – 19
Arcilloso	32 – 40	20 – 24	12 - 20

Fuente: FAO, publicación 56.

### **2.2.5. Necesidades hídricas del cultivo**

Los requerimientos de agua en un cultivo corresponden al agua que utiliza la planta para llevar a cabo sus funciones fisiológicas, incluyendo la que expulsa la planta a través de las hojas (transpiración), la que se pierde del suelo donde está el cultivo (evaporación) y el agua interceptada por el follaje; la determinación de las necesidades del agua de los cultivos es el paso previo para establecer los volúmenes de agua que será necesario aportar con el riego (Urbano 2003).

Las necesidades hídricas del cultivo es uno de los parámetros de mayor importancia, ya que nos ayuda a responder ¿Cuánto regar?; con este cálculo se optimiza el recurso agua, y por lo tanto se logra incrementar la producción y rentabilidad del cultivo, además se contribuye al uso eficiente del agua de riego (INTAGRI 2019).

#### **2.2.5.1. Evaporación.**

El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada (Allen et al. 2006).

Proceso físico en el cual el agua pasa del estado líquido a vapor, está influenciada por diversos factores entre ellos: viento, temperatura, humedad relativa, radiación, composición y color de suelo. En el caso de los cultivos la evaporación, se refiere a la evaporación del agua que se encuentra en el suelo (Vásquez et al. 2017).

#### **2.2.5.2. Transpiración.**

Para (Sánchez 2005) la transpiración considerada de forma normal es un mecanismo usado por la planta para realizar diversas funciones:

- Refrigerar las hojas: se pueden conseguir temperaturas en las hojas de hasta 15 °C menos que en el aire que rodea la planta.
- Dirigir y concentrar nutrientes absorbidos por las raíces.
- La transpiración juega un papel muy importante en la subida del agua por el xilema.

Es el flujo de agua de la planta a la atmósfera que ocurre a través de las estomas y de las otras células epidérmicas, a través de la cutícula de la planta. Los estomas si bien es el principal medio de salida del agua de la planta al exterior también sirven para la entrada de CO<sub>2</sub> y la salida de O<sub>2</sub> (Vásquez et al 2017).

#### **2.2.5.3. Evapotranspiración.**

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del

suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo (Allen et al. 2006).

Existen 4 métodos generalmente aceptados para calcular la evapotranspiración potencial, a partir de determinados datos meteorológicos; el método de Hargreaves, Penman, Blaney –Criddle y Thornthwaite. (Olarte 2003).

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

Es un parámetro climático que puede ser calculado a partir de los datos meteorológicos. La ETo expresa el poder evaporante de la atmosfera en una localidad y época año específico, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo (Allen et al. 2006).

**Tabla 2.** Valores referenciales de Etp según la altitud

<b>Zonas</b>	<b>Evapotranspiración Potencial (ETP)</b>
Valles (de 1000 a 2000 msnm)	4.0 mm/día
Zonas Quechua (de 2000 a 3000 msnm)	3.0 mm/día
La Jalca (de 3000 a mas)	2.5 mm/día

Fuente: Pronamach, citado por Vásquez et al.2017.

#### **2.2.5.5. Evapotranspiración del cultivo (ETc)**

Se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción (FAO 2006).

Fuentes y García (1999) menciona que gran parte de agua absorbida por las plantas se consume en la evapotranspiración ya que solo una mínima parte (0,1 al 1%) se incorpora a los tejidos de la planta (agua de constitución).la evapotranspiración del cultivo se obtiene mediante siguiente formula.

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Donde:

$ET_c$  : evapotranspiración del cultivo ( $\text{mm día}^{-1}$ ).

$K_c$  : coeficiente del cultivo.

$ET_o$  : evapotranspiración de referencia ( $\text{mm día}^{-1}$ ).

#### 2.2.5.6 $K_c$ del cultivo

(Vásquez et al 2017) Es el factor que indica el grado de desarrollo de las plantas o cobertura del suelo por el cultivo.

(Fuentes y Garcia1999) afirma que el valor coeficiente del cultivo depende de las características de la planta y de las diferentes etapas que abarca su periodo vegetativo. El coeficiente del cultivo expresa como varía la capacidad de la planta para extraer el agua del suelo durante su periodo vegetativo. Esta variación es más notable en cultivos anuales, que cubren todo su ciclo en un periodo reducido de tiempo.

(Carrazón 2007) en los cultivos anuales se diferencian cuatro estados vegetativos o fases del cultivo.

- **Fase inicial:** desde la siembra hasta que existe un 10% de cobertura del suelo.
- **Fase de desarrollo:** desde el 10% de cobertura hasta la cobertura máxima, lo cual sucede habitualmente en el momento de la floración.
- **Fase media:** entre la floración y el inicio de la madurez, cuando las hojas comienzan a amarillear y cae, y los frutos a madurar.
- **Fase de maduración:** desde la madurez hasta la recolección.

Poco después de la plantación de cultivos anuales o poco después de la aparición de las hojas nuevas en el caso de los cultivos perennes, el valor de  $K_c$  es pequeño, con frecuencia menor a 0.4. El valor de  $K_c$  comienza a aumentar, a partir de este valor inicial de  $K_c$ , al comenzar el desarrollo rápido de la planta y alcanzar su valor máximo, de la planta. Durante la etapa final de temporada, a medida que las hojas comienzan a envejecer y se produce la senescencia debido a procesos naturales o las prácticas culturales, el valor de  $K_c$  comienza a

disminuir hasta alcanzar un valor mínimo al final de la temporada de crecimiento igual al Kc final (FAO 2006).

**Tabla 3.** Coeficiente de cultivo (Kc) de cultivos anuales (C. Brouwer y M. Heloibloem)

<b>Cultivo</b>	<b>Primera etapa</b>	<b>Segunda etapa</b>	<b>Tercera etapa</b>	<b>Cuarta etapa</b>
Algodón	0.45	0.75	1.15	0.75
Avena	0.35	0.75	1.15	0.45
Espinaca	0.45	0.60	1.00	0.90
Lechuga	0.45	0.60	1.00	0.90
Lenteja	0.45	0.75	1.10	0.50
Maíz dulce	0.40	0.80	1.15	1.00
Maíz grano	0.40	0.80	1.15	0.70
Papa	0.45	0.75	1.15	0.85
Rabano	0.45	0.60	0.90	0.90
Betarraga	0.45	0.80	1.15	0.80
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.80
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90

Fuente: Extraído de fuentes y García 1999.

### **2.2.6. Riego**

Consiste en regar todo el ciclo por debajo de la demanda del cultivo, usando una frecuencia de aportes hídricos lo suficientemente alta como para evitar la aparición de situaciones de estrés trascendentes (Sánchez y Torrecillas, 1995). El riego es una tentativa del hombre de alternar el ciclo hidrológico a nivel local promover el incremento de la producción agrícola. En otras palabras el riego es el suministro oportuno de la cantidad de agua a los cultivos de tal manera que estos no sufran disminución en sus rendimientos y sin causar daño al medio ambiente (Chipana 2013).

#### **2.2.6.1 Programación de riego**

Para calcular y programar el riego en parcela se debe determinar de manera más exacta posible los siguientes puntos: ¿Cuándo regar? Se refiere a la frecuencia o intervalo de tiempo entre riego y riego (días u horas); ¿Cuánto

regar? Es la cantidad de agua que se aplica en cada riego ( $m^3/ha^{-1}$ ); ¿cuál es la duración de la aplicación del riego? Es el tiempo en que se aplica el riego (horas o minutos) y ¿Cómo regar? Es el método como se aplica el agua de riego, que puede ser por superficie (surcos o melgas) y presurizado (aspersión, goteo, micro aspersión) (Vásquez et al 2017).

### 2.2.6.2 necesidades netas de agua

(Porrás 2015) la precipitación efectiva es aquella parte de la lluvia que se almacena en el volumen del suelo a profundidad radicular y es consumida por la planta en proceso de evapotranspiración. Indica que en zona de climatología árida y semiárida y riego por goteo,  $Pe$  y  $W$  se considera nulos coincidiendo las necesidades netas con la evapotranspiración del cultivo, las necesidades netas vienen dadas por la expresión:

$$N_n = ET_c - (P_e + W)$$

Donde:

$N_n$  : necesidades netas en  $mm\ día^{-1}$ .

$ET_c$  : evapotranspiración del cultivo en  $mm\ día^{-1}$ .

$P_e$  : precipitación efectiva en  $mm\ día^{-1}$ .

$W$  : variación de humedad en el suelo en  $mm\ día^{-1}$ .

### 2.2.6.3 Lámina de riego

(Fuentes y García 1999) Es la cantidad de agua que puede absorber la planta sin hacer esfuerzo excesivo y, por lo tanto, sin que haya una disminución de rendimiento en consecuencia, solo se permite un cierto porcentaje de agotamiento del agua disponible.

La lámina neta de riego se calcula con la siguiente expresión.

$$L_n = \frac{Cc\% - PMP}{100} \times D_{ap} \times Z_r \times p$$

Donde:

- Ln : lamina neta de riego en mm día<sup>-1</sup>
- Cc : humedad de suelo a capacidad de campo (%).
- PMP : humedad de suelo a punto de marchitez (%).
- Dap : densidad aparente (g/cc).
- Zr : profundidad radicular efectiva del cultivo (m).
- P : fracción de agotamiento.

#### 2.2.6.4 Lamina bruta de riego

(Mendoza 2013) las cantidades adicionales de agua que son necesarias para compensar las pérdidas por las condiciones en que se desarrolla el cultivo, estas pérdidas se producen por: percolación profunda, por debajo de la zona de raíces; uniformidad de distribución del agua en la parcela de riego y requerimientos de lavado de sales del suelo.

Las necesidades totales de riego están dada por la relación.

$$Lb = \frac{Nn}{Er}$$

Donde:

- Lb : lamina bruta de riego mm día<sup>-1</sup>
- Nn : necesidades netas de riego en mm día<sup>-1</sup>
- Er : eficiencia de riego en tanto por uno.

#### 2.2.6.5. Eficiencia de riego

Vásquez et al. (2017) está dada por la relación entre el volumen de agua evapotranspirada por las plantas y evaporada del suelo (ETo) más la cantidad de agua necesaria para mantener una concentración adecuada de sales en el perfil enraizado del suelo (Lsa), menos la precipitación efectiva (Pe), menos la ascensión capilar producida desde la napa freática (Lac).la expresión matemática es:

$$Er(\%) = \frac{V_a}{V_{ex}}(100)$$

$$Va = (ET_o + L_{sa} - L_{ac} - Pe) \times \text{Area}$$

Donde:

$E_r$  : Eficiencia de riego (%).

$V_a$  : Volumen de agua necesario para el cultivo ( $m^3$ ) o (mm).

$V_{ex}$  : Volumen de agua captado de la fuente de abastecimiento ( $m^3$ ).

**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

Fuente: Fuentes y García 1999.

#### 2.2.6.6. Frecuencia de riego

(Rिकासca Z.M.A, 2009) es el lapso de tiempo que será necesario esperar para realizar un nuevo riego.

Tiempo que deberá transcurrir para que un cultivo reduzca la humedad del suelo hasta un nivel previamente determinado (Gaviola 2013).

Según Fernández (2010) el intervalo entre riegos se obtiene dividiendo la cantidad de agua que es preciso reponer, por el consumo diario.

$$\text{Intervalo} = \frac{\text{Ln (mm día}^{-1}\text{)}}{\text{ETc (mm día}^{-1}\text{)}}$$

#### 2.2.6.7. Tiempo de riego

Según Vásquez et al. (2017) es el tiempo necesario de aportar la dosis de riego y se calcula con la siguiente expresión:

$$Tr = \frac{A \times Lb}{Q}$$

Donde:

Tr : tiempo de riego

A : área a regar en  $m^2$ .

Lb : lamina bruta de riego en m.

Q : caudal del emisor en  $m^3 / \text{seg}$ .

### **2.2.7. Riego por superficie**

Santos (2010) este método de riego sigue teniendo una importancia relevante en el desarrollo del regadío, no solo porque corresponde al 80% de las áreas regadas del mundo, sino porque continua siendo el método más apropiado, técnicamente, para suelos llanos, pesados y económicamente, para cultivos y sistemas de producción.

#### **2.2.7.1. Ventajas**

Vásquez et al. (2017) hace mención a las ventajas de riego por superficie.

- Debido a la simplicidad de su infraestructura, es uno de los más económicos.
- Los requerimientos energéticos para su funcionamiento son nulos, gracias al empleo de energía gravitatoria.
- El viento no es un factor limitante en la distribución de agua.

#### **2.2.7.2. Desventajas**

Fuentes y García (1999) mencionan las ventajas de riego por superficie.

- Pérdida de agua por escorrentía superficial y percolación.
- Puede ocasionar problemas de erosión de los suelos.
- Si no se hace uso de manera adecuada puede ocasionar la proliferación de enfermedades y plagas.

##### **a. Riego por surcos**

En el riego por surcos, se puede lograr una buena eficiencia si se diseñan; y construyen adecuadamente. El ancho del surco debe permitir un

avance óptimo del agua, desde que entra en el surco hasta que llega al final del mismo (Vásquez et al. 2017).

En estos sistemas el agua corre lentamente y se infiltra a través de los surcos, pequeños canales abiertos regularmente, equidistantes, los mismos que deben tener pendiente suave y uniforme y ser alimentados por pequeños caudales para que la mayor parte de agua que escurre por ellos se vaya infiltrando a lo largo de la parcela uniformemente (Santos 2010).

#### **2.2.8. Aforo**

Es medir el caudal de la misma que circula por la sección de un río, tubería o canal; en hidrología superficial puede ser necesario medir desde pequeños caudales hasta grandes caudales (Franquet 2009).

##### **2.2.8.1. Importancia**

La medición de los caudales es importante porque permiten monitorear lo siguiente: la disponibilidad de agua con que se cuenta, el volumen de agua con que se riegan los cultivos, determinar la eficiencia de uso y de manejo del agua de riego además de poder distribuir el agua a los usuarios en la cantidad deseada (ICC 2017). Debido a la disminución en las lluvias que ha afectado la recarga hídrica y así la poca escorrentía superficial en los ríos; aunado a eso, la deficiente administración y uso irracional del agua por parte de los usuarios ocasionando problemas que en la actualidad afectan a las comunidades y sector productivo; es necesario realizar los aforos con la finalidad de una distribución adecuada del recurso hídrico (MINAGRI 2015).

##### **2.2.8.2. Métodos de aforo**

Se pueden emplear para aforar el caudal del agua, estando la mayoría de ellos basados en la determinación del área de la sección mojada transversal y la velocidad media (OMM, citado por ICC2017).

###### **a. Aforo por el método volumétrico**

Según la ICC (2017) consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito, obteniendo la siguiente relación:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

Donde:

Q: caudal expresado en m<sup>3</sup> / seg.

V: volumen de recipiente en m<sup>3</sup>.

T: tiempo de lleno del recipiente en Seg.

Este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales, en trabajos experimentales o para tener una idea rápida del caudal aportado (ICC 2017).

## **2.2.9. Generalidades de la papa**

### **2.2.9.1. Taxonomía**

Según la propuesta de Arthur Cronquist el año 1979 la taxonomía de la papa es:

Reino	: Vegetal
Subreino	: Embriophyta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Asteridade
Orden	: Solanales
Familia	: Solanaceae
Género	: Solanum
Especie	: <i>solanum tuberosum</i>
Variedad	: Amarilis

### 2.2.9.2. Origen

Es originario de América del Sur, en la región andina entre Perú y Bolivia; un centro secundario de origen se ubica en la isla de Chiloé, en el sur de Chile (Tapia y Fries 2007).

La papa comienza hace unos 8000 años, cerca del lago Titicaca que está a 3800 m.s.n.m en la cordillera de los andes, América del Sur, en la frontera de Bolivia y Perú. Comenzaron a domesticar las plantas silvestres de la papa que se daba en abundancia en los alrededores del lago (FAO, 2008).

### 2.2.9.3. Características botánicas

**La planta:** La papa (*solanum tuberosum*) es una herbácea anual que alcanza una altura de un metro y produce un tubérculo, la papa misma, con tan abundante contenido de almidón que ocupa el cuarto lugar mundial en importancia como alimento, después de maíz, el trigo y arroz (FAO 2008).

**El tallo:** Es un conjunto de tallos aéreos y subterráneos, el tallo principal se origina del brote del tubérculo semilla, el tallo secundario se origina de una yema subterránea del tallo principal, el tallo estolonífero se origina de un estolón que forma contacto con la luz, la rama se origina de una yema aérea del tallo principal (FAO 2008).

**La hoja:** Es la estructura que sirve para captar y transformar la energía lumínica (luz solar) en energía alimenticia (azúcar y almidón) la superficie de las hojas es la fuente que utiliza la planta de papa para el crecimiento y almacenamiento (producción) (FAO 2008).

**La flor:** Es la estructura aérea que cumple funciones de reproducción sexual, las flores se presentan en grupos que conforman la inflorescencia; cada flor se presenta al final de las ramificaciones del pedúnculo floral (pedicelos), el pedicelo está dividido en dos partes por un codo denominado articulación de pedicelo o codo de abscisión (Egusquiza, B.R. y Calatan, B.W., 2011).

**Fruto y semilla:** El fruto o baya de la papa se origina por el desarrollo del ovario. La semilla, conocida también como semilla sexual el ovulo fecundado, desarrollado y maduro; cada semilla tiene la facultad de originar una planta que,

adecuadamente aprovechada puede producir cosechas satisfactorias (Egusquiza, B.R. y Calatan, B.W., 2011).

**El tubérculo:** Es el tallo subterráneo especializado para el almacenamiento de los excedentes de energía (almidón); el tubérculo es “fruto” agrícola producto del trabajo, dedicación, responsabilidad del “papero” y de las condiciones favorables del ambiente donde ha crecido (Egusquiza, B.R. y Calatan, B.W., 2011).

#### **2.2.9.4. Exigencias respecto a las condiciones ambientales**

**a.) Temperatura:** La papa es considerada una planta termoperiodica, indicando que necesita una variación entre la temperatura máxima y mínima de al menos 10°C. si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados; si esta situación se presenta con frecuencia a lo largo del ciclo vegetativo, el rendimiento y la calidad se ponen en riesgo, pues las temperaturas altas son ideales para el crecimiento de tallos y hojas, pero no para el desarrollo de los tubérculos (CENTA 2002).

Con temperaturas máximas mayores a 25°C, la respiración de la planta aumenta, aumentando a su vez el consumo de asimilados disponibles para el crecimiento de la planta (Aldabe y Dogliotti 2006).

Días cortos y temperaturas bajas estimulan la iniciación de tubérculos, bajo condiciones de días muy largos y altas temperaturas la formación de tubérculos puede verse disminuida (Contreras 2009).

**b.) Luz:** El proceso fotosintético se efectúa cuando los rayos del sol inciden sobre la totalidad de las hojas verdes y no sobre el suelo desnudo. La asimilación bruta de la papa en un día luminoso pleno (50000 luz) a 18 – 20° es de 1.92 g CO<sub>2</sub> por metro cuadrado de área foliar por hora, con una concentración de 0.03% de CO<sub>2</sub>. Esto equivale a un rendimiento neto potencial de 1.23g de materia sea (Jimenez A.C, 2010).

**c.) Fotoperiodo:** La papa es un cultivo de día corto. El acortamiento de los días o fotoperiodo corto es un factor que estimula o acelera la entrada en tuberización de la mayoría de las variedades, pero no determina este proceso (Aldabe y Dogliotti 2006).

Con respecto a la respuesta a la longitud del día o fotoperiodo, la misma depende de la subespecie y variedad considerada. La subespecie tuberosum requiere para desarrollar su área foliar, de fotoperiodo largo (más de 14 horas de luz) y un proceso de tuberización (formación y engrosamiento de los tubérculos) de fotoperiodo corto (menos de 14 horas de luz); (Aldabe y Dogliotti 2006).

**d.) suelo:** Las papas pueden crecer casi en todo tipo de suelo, a excepción de salino o arcillosos. Suelos arcillosos o arena con arcilla y abundante materia orgánica, con buen drenaje y ventilación, son los mejores. Se considera ideal un ph de 5.2–6.4 en el suelo (FAO, 2008).

**e.) siembra:** Es la instalación del campo de papa. Una siembra buena es aquella en la que las plantas emergen uniformemente, las planta emergen a la tercera o cuarta semana después de la siembra. En la siembra se debe tener disponibles al personal, los equipos, herramientas y los insumos agrícolas necesarios (abonos, fertilizantes, etc.) (FAO, 2008).

### **Profundidad y distanciamiento de la siembra**

La profundidad de la siembra se refiere a la longitud que debe existir entre el borde superior de la semilla sembrada (enterrada) con la parte exterior de suelo se considera una adecuada profundidad entre (10 – 20 cm) (Egusquiza R., 2000).

El distanciamiento de siembra de tubérculo semilla de papa es la longitud de separación entre los surcos (distancia entre surcos) y entre semilla (distancia dentro del surco) cuyos valores tradicionales es 1 metro surco y entre semilla 30 cm. (Egusquiza R., 2000).

#### **2.2.9.5. Manejo del cultivo**

**Abonos:** Es importante porque mejoran las características de suelo, crean condiciones para el desarrollo de microorganismos benéficos, favorecen el crecimiento de raíces y contribuyen en la retención de agua y nutrientes. ). Fuente: (Guía técnica de manejo integrado de papa, 2011).

**Fertilizantes:** Son las fuentes sintéticas de nutrientes. Los fertilizantes de mayor importancia por mayor requerimiento son el Nitrógeno (N), el Fosforo (F) y el Potasio (P) conocidos como NPK. Los rangos de dosis recomendados es

Nitrógeno (180 -200 kg/ha); Fosforo (140 – 200 kg/ha); Potasio (120 – 160 kg/ha).  
Fuente: (Guía técnica de manejo integrado de papa, 2011).

**Riego:** El sistema radical efectivo de la papa se encuentra entre los 0.20 a 0.60 m de profundidad necesitando de 500 a 700 mm de agua durante su periodo vegetativo. En época seca el cultivo demanda la aplicación de riegos frecuentes y ligeros, para tratar de mantener el suelo a capacidad de campo, debido a que los niveles bajos de humedad afectan negativamente el rendimiento, tamaño y calidad de la papa (Vásquez et al 2017).

**Control de malezas:** Las malezas son otras plantas que compiten con las plantas de papa en el uso del espacio, agua y nutrientes; por otro lado, las malezas pueden ser hospederos de patógenos que causan daño al cultivo de papa (Egusquiza B.R Y Catalan B.W, 2011).

**Aporque:** Es trasladar la tierra al cuello de la planta de la papa. El aporque eleva la altura de los camellones, profundiza el surco de riego y aísla las raíces, estolones y tubérculos de las plagas que proceden del exterior (Egusquiza B.R Y Catalan B.W, 2011).

**Oportunidad del aporque:** Se lleva a cabo cuando la planta alcanza de 25 a 30 cm de altura, es muy dependiente de las condiciones de la lluvia, no es deseable realizar el apoque cuando el suelo está muy húmedo porque se compacta; tampoco es recomendable aporcar cuando las plantas tienen más de 35 cm porque se producen daños (heridas) a las plantas y a la zona subterránea que se convierten en vías de ingreso de enfermedades (Egusquiza B.R Y Catalan B.W, 2011).

#### **Enfermedades:**

- ❖ Mancha de la papa, provocado por el hongo *Phytophthora infestans*.
- ❖ La roña o sarna de la papa- *Spongospora subterránea*.
- ❖ El hongo de la papa.

**Plagas:** La papa puede ser atacada por varias especies de insectos, ácaros y nematodos entre los cuales se encuentran (Contreras, M. e Ingrid Castro – Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa INIA, Chile).

- ❖ Gorgojo de los andes(*Premnotypes latithorax*)

El gorgojo de los andes es considerado como plaga clave para el cultivo de la papa. Los adultos son de color marrón claro a oscuro y miden de 6 a 8 mm, no vuelan y se trasladan caminando. Los huevos son de color blanco a crema y miden hasta 1 mm de tamaño. Las larvas son de crema claro y la cabeza de color marrón, mide hasta 8 mm. Las pupas son de color blanco crema y pueden medir hasta 6 mm.

❖ La polilla de la papa:

Especie de la polilla

- *Phthorimaea operculella*
- *Symmetrischema tangolias*

La polilla de la papa en la zona andina es importante solo a nivel del almacén, en campo se comporta como plaga sin importancia económica, de manera el manejo integrado está dirigido solo para proteger los tubérculos a nivel del almacén (Enriquez, 1996).

**Cosecha:** La cosecha es la actividad de extracción de los tubérculos. La modalidad de cosecha (mecanizada, con yunta o manualmente) son las más empleadas y la eficiencia de cada una de ellas está determinada por la velocidad de extracción y el porcentaje de tubérculos que se quedan bajo tierra; la cosecha se realiza cuando la planta de papa está madura, cuando no muestra hojas verdes y, sobre todo cuando los tubérculos están maduros (piel firmemente adherida a la pulpa). (Egusquiza B.R Y Catalan B.W, 2011).

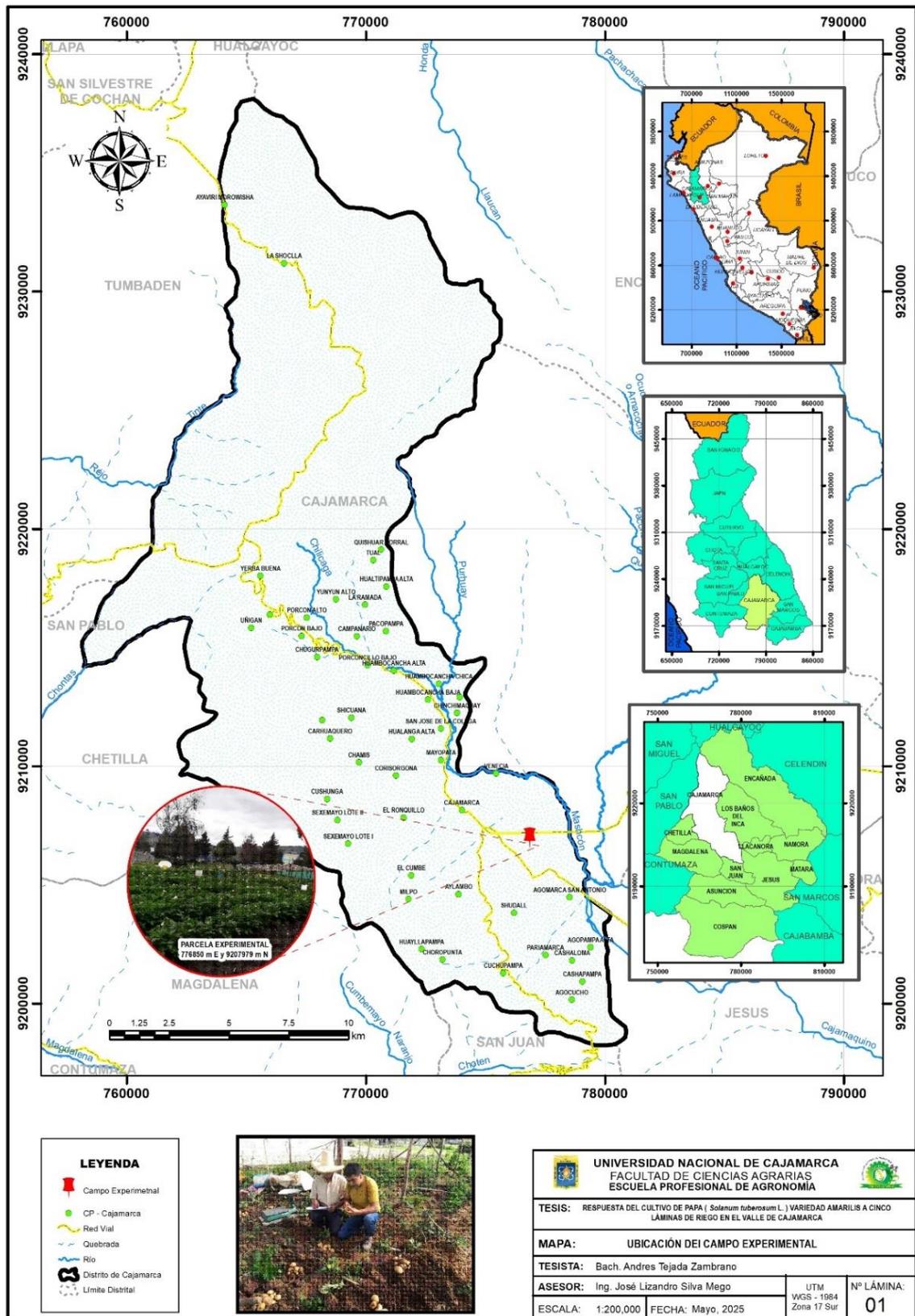
## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y METODOS**

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

Esta investigación se realizó en el campo experimental del Silvo Agropecuario de la Universidad Nacional de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca, geográficamente se ubica entre las coordenadas 776850 m Este, y 9207979 m Norte a una altitud de 2677 msnm, tiene un clima templado con una temperatura media anual de 15°C, la humedad relativa media 63.7% y la precipitación media de 528.3mm.

Figura 1. Mapa de ubicación



## A. condiciones climáticas

**Tabla 5.** Datos meteorológicos durante el periodo de estudio

Datos	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
T* media (°F)	63.7	64.1	64.8	66.2	66.0	64.3
HR (%)	50.0	40.4	38.8	38.4	48.2	43.4
Etp (mm mes <sup>-1</sup> )	133.1	155.1	174.5	190.4	191.9	192.9

Fuente: Estación Agrometeorológica "Augusto Weberbauer".

## B. Agua

El agua que se utilizó para regar para esta investigación fue captada del Servicio Silvo Agropecuario.

## C. Suelo

Se realizó muestreo de suelos, se llevó al laboratorio de análisis de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). En el cual el suelo presenta una textura Arcillo Arenoso. Presenta una reacción Neutro. El porcentaje de materia orgánica es medio, un contenido de fosforo alto, y un contenido de potasio medio. En conclusión, es un suelo apropiado para instalar el cultivo de papa.

**Tabla 6.** Resultado de análisis del suelo del campo experimental.

P	K	pH	MO	Al	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
ppm	ppm		%	meq/100g.	%	%	%	
16.22	325.0	6.9	2.46	.....51	12	37		Ar A

Ar A: Arcillo Arenoso

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelo del INIA – Cajamarca

### **C.1 Discusión e interpretación de análisis de suelo.**

El contenido de fósforo presente en el suelo se encuentra en un Nivel Alto, con un contenido de 16,22 ppm, indica una reserva adecuada de este nutriente esencial para procesos fisiológicos clave como la división celular y el llenado de tubérculos en papa (*Solanum tuberosum*). Sin embargo, estudios recientes sugieren que incluso suelos con niveles elevados de fósforo pueden beneficiarse de aplicaciones estratégicas y fraccionadas durante etapas críticas del desarrollo del cultivo, con dosis recomendadas de 60 a 90 kg ha<sup>-1</sup> para maximizar la absorción y minimizar pérdidas por lixiviación (Vargas Díaz et al., 2023; Fageria & Baligar, 2005). Esto es especialmente relevante en suelos con alta permeabilidad donde la movilidad del fósforo es limitada.

El potasio, se encuentra en un Nivel Alto, con un contenido de 325 ppm, adecuado para mantener el equilibrio hídrico celular y la turgencia, factores determinantes para la calidad y tamaño del tubérculo (Mengel & Kirkby, 2001). Sin embargo, investigaciones recientes indican que la fraccionación del potasio, aplicando entre 120 y 160 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> durante las fases de tuberización y llenado, contribuye a mantener niveles óptimos en la rizosfera, promoviendo una mayor eficiencia en la absorción y mejorando parámetros de calidad como el contenido de almidón y firmeza (Vargas Díaz et al., 2023; Rengel, 2015).

El pH del suelo es de 6,9 ; se encuentra en Termino descriptivo Neutra en un Rango de 6,6 – 7,3; se sitúa en el límite superior del rango óptimo para el cultivo de papa (5.5–6.5). A este pH, la disponibilidad de micronutrientes como hierro (Fe) y manganeso (Mn) comienza a disminuir, aunque sin alcanzar niveles que provoquen deficiencias severas (Morales Rudas, 2023). Además, el bajo contenido de aluminio intercambiable ( $\leq 0.5$  meq 100 g<sup>-1</sup>) garantiza un ambiente radicular libre de estrés por toxicidad, favoreciendo el desarrollo de un sistema radical vigoroso (Fageria et al., 2011). Mantener el pH dentro de este rango es crucial para optimizar la disponibilidad de nutrientes y evitar antagonismos.

La materia orgánica, en Nivel Medio con un contenido de 2.46 %, contribuye positivamente a la estructura del suelo y a la capacidad de retención de nutrientes. Un incremento hasta aproximadamente 4 % podría mejorar la

capacidad de campo en 3 a 5 mm m<sup>-1</sup>, aumentando la resiliencia del suelo frente a períodos de déficit hídrico durante la tuberización, fase crítica para el rendimiento (Wang, Gao, & Shen, 2022; Brady & Weil, 2016). La materia orgánica también favorece la actividad microbiológica y la formación de agregados estables, aspectos clave para la salud del suelo.

El análisis textural revela un suelo arcillo-arenoso con 51 % arena, 12 % limo y 37 % arcilla. Esta composición proporciona un buen drenaje debido a la alta proporción de arena, mientras que la arcilla contribuye a la retención de nutrientes y agua, aunque reduce ligeramente la disponibilidad hídrica inmediata (Hillel, 2004). La capacidad de campo (23.6 %) y el punto de marchitez permanente (13.2 %) resultan en un agua útil de 10.4 %, valor algo inferior al rango típico de 12–14 % en suelos con menor contenido de arcilla, lo que implica la necesidad de riegos más frecuentes para mantener la humedad por encima del punto crítico y evitar estrés hídrico irreversible (Wang et al., 2022; Allen et al., 1998).

Finalmente, la densidad aparente de 1.36 g cm<sup>-3</sup> se encuentra dentro del rango óptimo para el cultivo de papa (1.2–1.5 g cm<sup>-3</sup>), equilibrando la porosidad macroscópica y la estabilidad estructural del suelo. Esta densidad facilita la infiltración del agua aplicada y proporciona espacio suficiente para el desarrollo radicular. Densidades superiores a 1.5 g cm<sup>-3</sup> han demostrado restringir la penetración radicular y aumentar el escurrimiento superficial, afectando negativamente la eficiencia del riego y el rendimiento (Li, Zhang, & Chen, 2021; Dexter, 2004).

## **3.2 Materiales y Equipos**

### **3.2.1 Material Biológico**

- . Semilla de papa (*solanum tuberosum* L.) variedad amarilis.

### **3.2.2 Herramientas**

- . Pico.
- . Lampa.
- . Palana.

.depósito de 20 litros.

### **3.2.3. Equipo**

. Computadora.

. Impresora.

.Vernier.

. Balanza de precisión.

### **3.2.4. Material de Escritorio**

. Hoja de apuntes, lapiceros.

. Software: Word, Excel, Infostad.

### **3.2.5. Otros materiales**

. Wincha.

. Rafia.

. Estacas.

. Letreros.

. Cordel.

. Regla graduada.

. Manguera.

## **3.3. Metodología**

### **3.3.1. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L.).**

Es la cantidad de agua que necesita para su desarrollo la papa para su crecimiento, satisfacer la tasa de evapotranspiración; que viene ser la cantidad de agua que se pierde en la atmosfera a través de las hojas de la planta. Por lo tanto con fin de estimar las necesidades de agua de la papa, se determinó primero la tasa de evapotranspiración.

## A. Cálculo de la evapotranspiración

La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), se calcula utilizando el método de Hargreaves con MF, dado por la siguiente expresión:

$$ET_o = T \text{ (}^\circ\text{F)} \times CH \times MF \text{ donde } CH = 0.166(100 - HR)^{0.5}$$

Donde:

T (°F): Temperatura en grados Fahrenheit.

CH: Corrección de humedad.

MF: Factor de evaporación por latitud.

HR: Humedad relativa en %.

Utilizando el método Hargreaves con MF, para este caso a latitud sur 07° 10 de la estación Augusto Weberbauer ubicado en la Universidad Nacional de Cajamarca, se obtuvo los resultados del periodo en estudio como se indica en la tabla 7.

**Tabla 7.** Evapotranspiración potencial con MF del periodo estudio.

Parámetro / Mes	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
T (°F)	63.7	64.1	64.8	66.2	66.0	64.3
HR (%)	50.0	40.4	38.8	38.4	48.2	43.4
Factor ETp MF	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.4
CH	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2
ETp (mm mes <sup>-1</sup> )	133.1	155.1	174.5	190.4	191.9	192.9
ETp (mm día <sup>-1</sup> )	4.4	5.0	5.6	6.3	6.2	6.4

Nota: Datos de la estación meteorológica "Augusto Weberbauer".

## B. Lamina de riego

La lámina de riego es la cantidad de agua necesaria que se aplica al cultivo de papa según las condiciones del valle de Cajamarca, se calculó en bases a los datos de los meses de junio – octubre, que es época de meses secos (fórmula

para el cálculo de la evapotranspiración potencial ETp de Hargreaves), multiplicado por el número de días que se aplicó el riego.

En base a los 5 meses indicados cuyo valor es de 4.7mm/día Teniendo en cuenta que los agricultores del valle normalmente respetan los turnos semanales de riego, optemos la frecuencia de riego realizarlo cada 7 días, con la siguiente relación:

$$Lr = ETp \times Fr$$

Donde:

Lr: lamina de riego.

ETp: evapotranspiración media.

Fr: frecuencia de riego.

Reemplazando tenemos:

$$Lr = 4.7\text{mm} \times 7 \text{ días}$$

$$Lr = 32.9\text{mm} / \text{días}$$

**Tabla 8.** Lamina de riego y volumen de agua en litros.

Clave	tratamientos (mm)	L/ parcela /riego
T – 1	4	120
T – 2	8	240
T - 3	12	360
T – 4	16	480
T – 5	20	600

Según el distrito de Riego del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), el costo por m<sup>3</sup> de agua es de s/. 0.05

### C. Aforamiento

Para calcular el caudal de agua en litros por segundo se realizó el aforamiento, utilizando un cronometro y un depósito de 20 litros, se llevó a cabo en las instalaciones del Servicio Silvo Agropecuario (SESA), utilizando la siguiente relación.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde:

Q : L/Seg.

V : volumen o capacidad del recipiente (L).

T : tiempo de lleno de recipiente (Seg).

El tiempo en llenar el depósito de 20 litros fue de 55 segundos. Esta práctica se aplicó antes de utilizar cada riego, luego:

Remplazando tenemos:

$$Q = \frac{20 \text{ L}}{55 \text{ seg}} = 0.36 \text{ L /seg}$$

#### D. Tiempo de riego

Para esta investigación el tiempo de riego ha sido calculado en relación a los tratamientos considerados. Y teniendo en cuenta el caudal de 0.36 L/Seg, para el tratamiento T – 1 (4 mm) se tiene:

$$Tr = \frac{A \times Lb}{Q}$$

Donde:

Tr : Tiempo de riego en min.

A : Área a regar en m.

Lb : Lamina de riego en m (0.04m).

Q : Caudal en m<sup>3</sup> / Seg (3.6 x 10<sup>-4</sup>) resultado anterior.

$$Tr = \frac{6\text{m} \times 0.004}{3.6 \times 10^{-4}} = 666.666 \text{ Seg Surco} = 1.1 \text{ min/surco}$$

Luego el tiempo de riego es 1.1min / surco, con respecto al tratamiento T – 1(4mm).

En la tabla 9 se muestra el tiempo de riego empleado para cada uno de los tratamientos considerados.

**Tabla 9.** Tiempo de riego aplicado para cada tratamiento

Tratamientos	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Lamina de riego (mm)	4	8	12	16	20
Tiempo de riego/ surco (min)	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5
Tiempo de riego/ Parcela (min)	4.4	8.8	13.2	17.6	22

\* Cada parcela tiene 4 surcos

### 3.3.2. Diseño experimental y análisis estadístico

Empleando el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado, para valorar estadísticamente el nivel de significancia de los tratamientos, y de los demás bloques, los que estuvieron distribuidos en forma aleatoria en el campo experimental.

#### a. Característica del campo experimental

Cada tratamiento es una parcela, las características se detallan a continuación y la distribución se muestra en la Figura 1.

Bloque:

Numero	.....	2
Largo	.....	25.0m.
Ancho	.....	6.00m
Área	.....	150 m <sup>2</sup>

Parcela:

Numero	.....	4
Largo	.....	6.00m
Ancho	.....	5.00m
Área	.....	30.00 m <sup>2</sup>

Surco:

Numero / parcela	.....	4
Largo	.....	6.00m
Ancho	.....	1.00m
Área	.....	6.00 m <sup>2</sup>

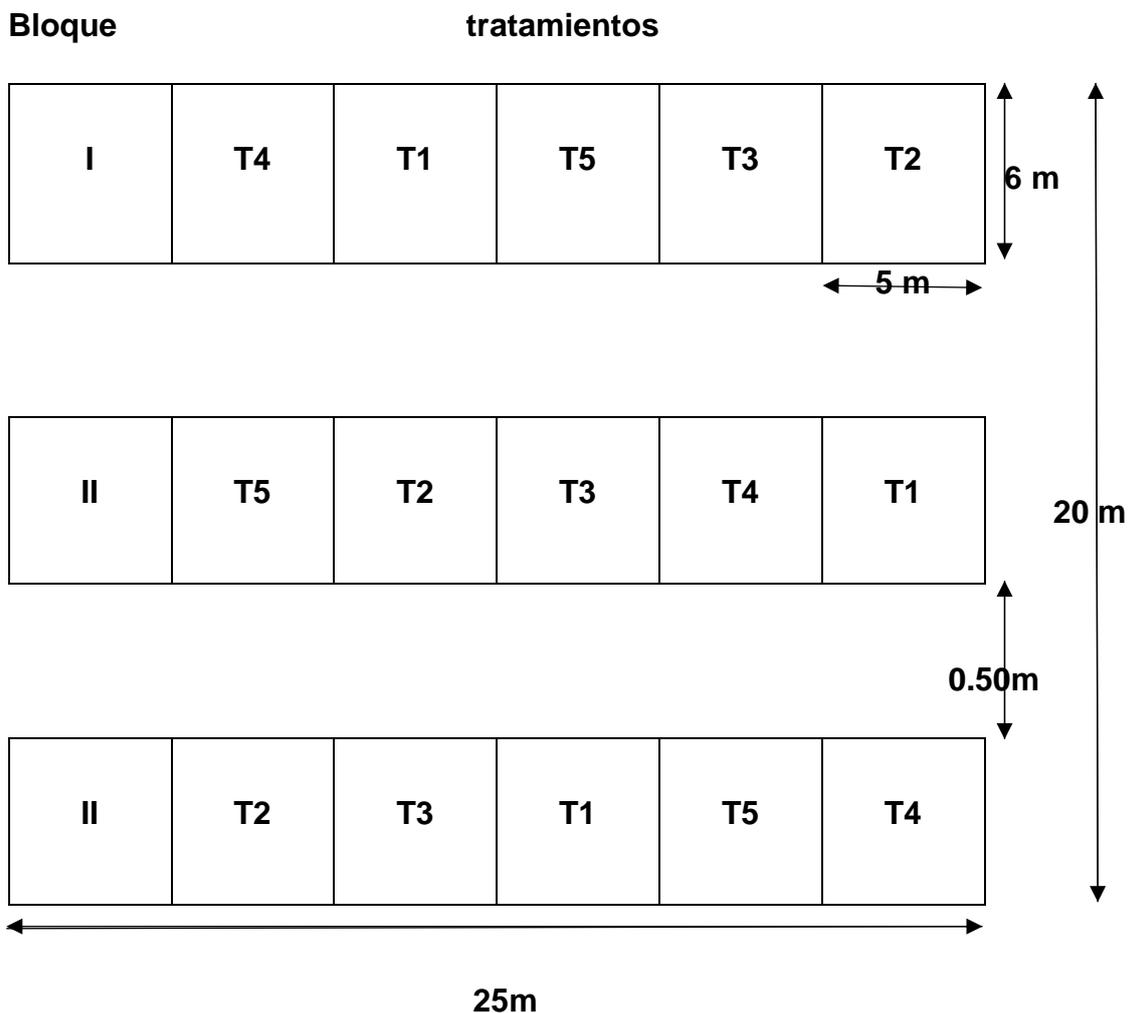
Calles:

Numero:	.....	2
Largo	.....	25.00m
Ancho	.....	0.50m
Área	.....	12.5 m <sup>2</sup>

Área:

Total	.....	450 m <sup>2</sup>
-------	-------	--------------------

**Figura 2.** Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos en cada uno de los bloques.



### 3.3.3. Volumen de agua aplicado

La Tabla 10 muestra los volúmenes de agua aplicados en función de las diferentes láminas de riego para cada tratamiento (T-1 a T-5). El volumen total de agua se calcula en litros (L), luego se convierte a metros cúbicos ( $m^3$ ) y, finalmente, se expresa el volumen aplicado por hectárea en metros cúbicos por hectárea ( $m^3/ha$ ).

**Tabla 10.** Volumen total de agua suministrado por cada tratamiento

Tratamiento	Lámina de Riego (mm)	Volumen / Riego (L) / Parcela	Volumen Total / 20 Riegos (L) / Parcela	Volumen Total / 20 Riegos (m <sup>3</sup> ) / Parcela	Volumen Total por Hectárea (m <sup>3</sup> /ha)
T-1	4	120	2400	2.4	800
T-2	8	240	4800	4.8	1600
T-3	12	360	7200	7.2	2400
T-4	16	480	9600	9.6	3200
T-5	20	600	12,000	12	4000

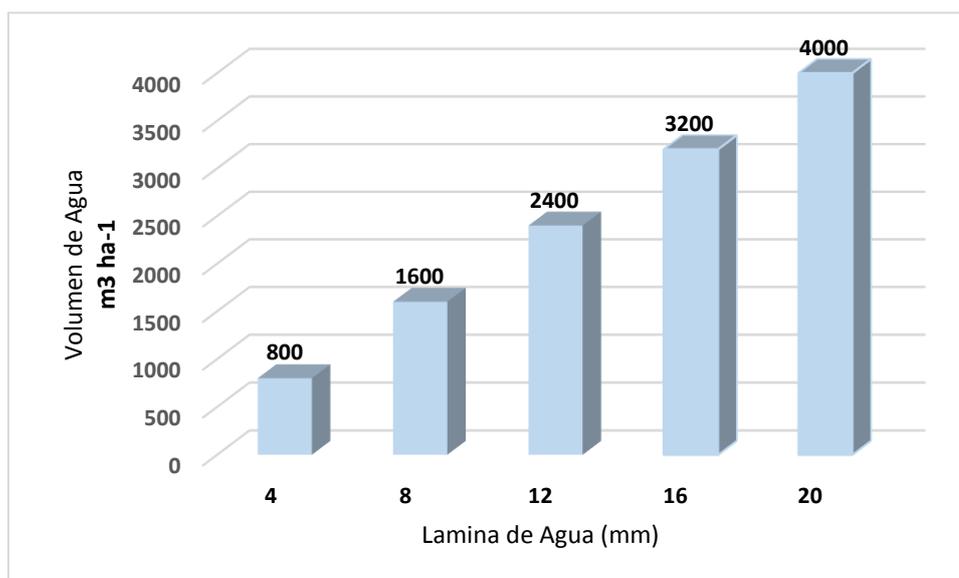
Nota. La lámina de riego (Lr) para cada tratamiento es el valor en milímetros (mm) que se convierte a litros de agua por parcela de 30 m<sup>2</sup>

Como se observa en la tabla 10, los tratamientos con mayor lámina de riego (T-4 y T-5) resultaron en un mayor volumen total de agua aplicado, alcanzando hasta 12,000 L por parcela en el caso de T-5 (4000 m<sup>3</sup>/ha). Estos resultados son consistentes con investigaciones previas, como la de Vargas Díaz et al. (2023), que señalan que un riego adecuado puede aumentar el rendimiento del cultivo de papa, aunque también advierten sobre la importancia de un manejo eficiente del agua.

En ese sentido, si bien los tratamientos con mayor lámina de riego mostraron volúmenes de agua significativamente mayores, esto no siempre garantiza una mejora proporcional en la productividad del cultivo. Morales Rudas (2021) en su estudio sobre el riego de cultivos en Arequipa también encontró que un uso excesivo de agua puede no traducirse directamente en un aumento en el rendimiento, lo que resalta la necesidad de optimizar la cantidad de agua aplicada para evitar un desperdicio innecesario de recursos hídricos, especialmente en regiones con disponibilidad limitada de agua, como el Valle de Cajamarca.

El análisis de los datos de este estudio y de los artículos revisados sugiere que, si bien el aumento de la lámina de riego puede mejorar el rendimiento en ciertas condiciones, la eficiencia en el uso del agua debe ser una prioridad en el manejo del riego. Es necesario realizar ajustes en la frecuencia y cantidad de agua aplicada, basándose no solo en el volumen, sino también en las necesidades específicas del cultivo y las condiciones climáticas de la región para optimizar los recursos y garantizar la sostenibilidad de la producción agrícola.

**Figura 3.** Volumen total de agua suministrado por cada tratamiento



En la figura 3 se observa que a medida que aumenta la lámina de riego (de T-1 a T-5), el volumen total de agua aplicado por tratamiento también aumenta. Esto se refleja en el volumen por hectárea, lo que indica que el riego se vuelve más intensivo a medida que se incrementa la cantidad de agua aplicada. Si bien estos tratamientos con mayores volúmenes de agua podrían satisfacer mejor las necesidades hídricas del cultivo, también se debe considerar la eficiencia en el uso del agua y la sostenibilidad del recurso en áreas con limitaciones hídricas.

#### **3.3.4. Manejo del cultivo**

**A. Muestreo y análisis del suelo:** Se realizó con la ayuda de una palana derecha tomando muestras en forma de zigzag a una profundidad de 30 cm, mezclamos las muestras y se sacó una representativa, cuya muestra fue llevado a INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria), para su respectivo análisis.

**B. Preparación del terreno:** El terreno lo trabajamos con anticipación eliminando malezas, dejando el suelo listo con la finalidad de crear las condiciones favorables, así tener un buen desarrollo del cultivo de papa.

**C. Delimitación del área experimental:** Para esta labor utilizamos la figura 2 y el croquis del diseño experimental, marcamos el terreno utilizando estacas, cordel y wincha luego identificamos y etiquetamos.

**D. Surcado:** Se llevó a cabo en forma manual haciendo uso de picos, a una distancia de 1m por surco.

**E. Siembra:** Se realizó a mano el 01 junio de 2019, utilizando semilla certificada de INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria).

Se realizó un riego 2 días antes de la siembra con la finalidad de humedecer el terreno para brindar mejores condiciones a la semilla.

**F. Riegos:** Se realizó por surco utilizando una manguera, aplicando el tiempo para las láminas de riego de 4, 8, 12, 16, y 20 mm. Cuyo riego se realizó cada 7 días ya que es el periodo que se acostumbra regar en los diferentes sectores del valle.

**G. Deshierbo:** Esta labor cultural se realizó a los 40 días de la siembra (11 de julio de 2019). Y el segundo labor llamado aporque el 15 de septiembre de 2019.

**H. Fertilización:** Se aplicó urea debido a que el resultado de análisis del suelo muestra la materia orgánica media (2,46%) como consecuencia el N es bajo. Cabe mencionar que el nitrógeno es importante para este cultivo para su crecimiento.

En lo referente a fósforo y potasio no se aplicó, ya que el análisis del suelo muestra: P y K en niveles altos cubriendo la mayor parte de las necesidades del cultivo.

**I. Cosecha:** Se realizó a los 156 días después de la siembra (03 de noviembre del 2019), se realizó en forma manual, extrayendo todas las plantas de los surcos, los que ocuparon un área de 30 m<sup>2</sup>, cuyos valores sirvieron para determinar los rendimientos en t ha<sup>-1</sup>.

### **3.5 Evaluaciones realizadas**

**A. Rendimiento:** Se determinó su peso fresco en kg por 30 m<sup>2</sup> de los tres bloques; luego se determinó el rendimiento expresado en kg ha<sup>-1</sup>. Se realizó con ayuda de una balanza para cada uno de los tratamientos en estudio.

**B. Característica agronómica:** Al realizar la cosecha, de los dos surcos centrales de cada parcela se tomaron 5 plantas al azar, tomando en cuenta el efecto borde, para realizar las respectivas evaluaciones.

**. Altura de la planta**

Al finalizar la cosecha se midió la altura de la planta por tratamiento, para el cual se utilizó una regla graduada en cm, midiéndose desde la base hasta el punto apical de la planta.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos obtenidos mediante las evaluaciones del rendimiento en campo, se han organizado en tablas para ser sometidos al análisis de varianza y comparación de medias, correspondientes a las variables en estudios. Los resultados obtenidos se dan a continuación.

#### 4.1. Análisis estadístico de las variables agronómicas

##### 4.1.1. Rendimiento de papa (*solanum tuberosum* L.) variedad amarilis en tn ha<sup>-1</sup>

En la tabla 11 se presentan los resultados del análisis de varianza, aplicado al rendimiento del cultivo, mostrando que existe diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos, lo que indica que las variaciones en las láminas de aguas aplicadas en los tratamientos y las diferencias entre bloques influyen significativamente en el rendimiento del cultivo.

Aunque los resultados evidencian efectos significativos, brindan información útil para el diseño de experimentos futuros. Se recomienda incluir un mayor número de repeticiones y controlar mejor las condiciones ambientales. También podría ser útil explorar interacciones entre las láminas de agua y otras variables agronómicas como la fertilización o el uso de cultivares específicos, para identificar factores que puedan influir más significativamente en el rendimiento del cultivo.

El coeficiente de variación estimada en el análisis de variancia para la variable, rendimiento, fue de 16 %; valor que resulta adecuado para este tipo de trabajos.

En la Tabla 11, donde se hace la relación de varianzas, la prueba de F nos indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamiento; lo cual significa que la lámina de riego, en las condiciones que se realizó el experimento, afecta al rendimiento de papa.

Seguidamente se realizó la comparación de medias de rendimiento, mediante la aplicación de la prueba de Tukey con 5 % de probabilidad; obteniendo los resultados de la Tabla 12.

Como el valor de comparación de Tukey, fue estimado en 10.55, al aplicarlo a las medias de rendimiento de papa; se identificaron como los mejores tratamientos a los tratamientos 4 y 5, que consistieron en aplicar láminas de agua de 16 y 20 mm respectivamente. Lo cual significa que estadísticamente resulta mejor usar cualquiera de estos dos tratamientos. Sin embargo, por ser el agua un recurso limitado, se debería elegir el uso de 20 mm de lámina de riego en la producción de papa.

**Tabla 11.** Análisis de varianza del rendimiento del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) variedad amarilis

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	F tabular
Repeticiones	2	355.3408	177.6704	10.902 **	7.01
Trat	4	960.9066	240.2266	14.741 **	8.65
Total	14	1446.6227			

CV = 16 %; GL: Grados de libertad

**Tabla 12.** Aplicación de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para el rendimiento

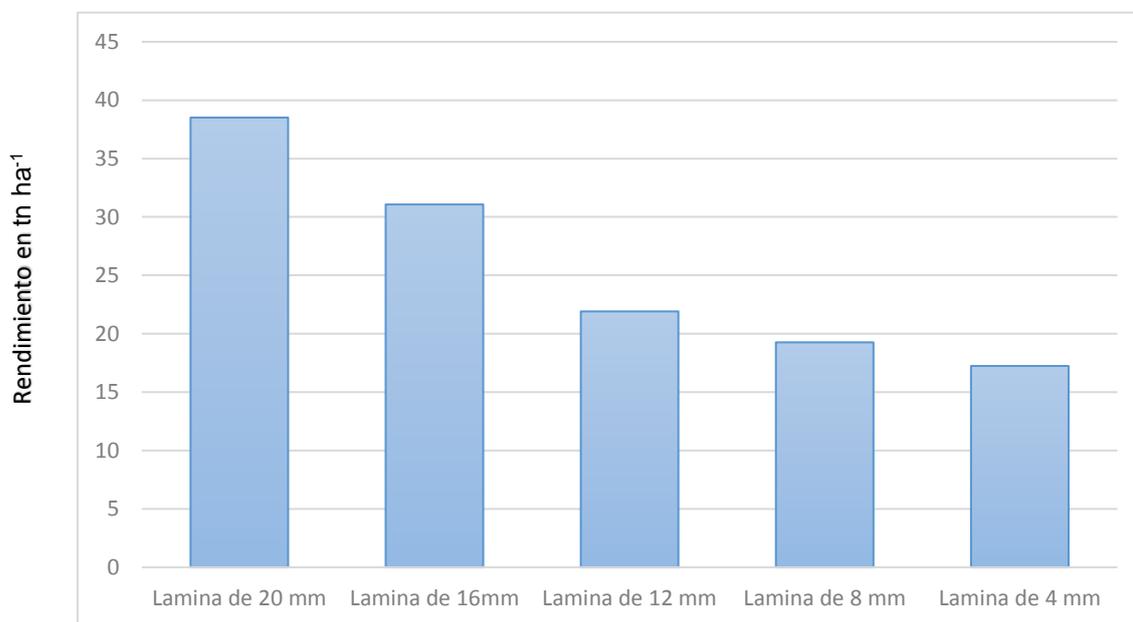
Láminas de agua	Rendimiento	Tukey
Lamina de 20mm	38.51	A
Lamina de 16mm	31.07	AB
Lamina de 12 mm	21.91	BC
Lamina de 8mm	19.29	C
Lamina de 4mm	17.24	C

Los resultados de la prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para el rendimiento indican que la lámina de agua de 20 mm, alcanza el mayor rendimiento en el presente estudio con 38.51 tn ha<sup>-1</sup>. Clasificado dentro del grupo estadístico (A), esto sugiere que dicha lámina proporciona suficiente agua para sostener el desarrollo del cultivo en las condiciones experimentales.

En término práctico, el resultado destaca la importancia de ajustar la lámina de riego no solo para maximizar el rendimiento, sino también para optimizar el uso del agua. Como señala Morales Rudas (2023), el manejo eficiente de riego no solo mejora la productividad, sino que también contribuye a la sostenibilidad agrícola.

Finalmente, la comparación con estudios previos resalta la necesidad de una investigación más profunda sobre los factores que limitan el rendimiento en este tipo de cultivo. Aspecto como la fertilización, la estructura de suelo y la capacidad de retención de agua deben considerarse en futuras investigaciones, como han indicado autores como Allen et al. (1998) y Morales Rudas (2023).

**Figura 4.** Promedio del Rendimiento (tn ha<sup>-1</sup>) generado por los tratamientos



En la figura 4 muestra el rendimiento promedio (tn ha<sup>-1</sup>) En función de diferentes láminas de riego (en mm).se observa que el mayor rendimiento (38.51 tn ha<sup>-1</sup>), se obtuvo con una lámina de 20 mm.

El rendimiento es un indicador clave de la productividad y la eficiencia del proceso del cultivo. Un alto rendimiento indica una mayor producción de biomasa por unidad de superficie, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para el agricultor. El mayor rendimiento obtenido con 20 mm de lámina de riego sugiere que esta cantidad de agua podría ser óptima para el desarrollo del cultivo en las condiciones específicas del experimento. Este resultado es consistente con la literatura que indica que un adecuado suministro hídrico es esencial para el crecimiento y desarrollo vegetal (Puppo, 2015; Navarro, 2003), favoreciendo la producción de biomasa. Sin embargo, es importante considerar que la respuesta del cultivo al riego puede variar dependiendo de factores como el tipo de suelo, las condiciones climáticas, y la etapa fenológica del cultivo, así como la eficiencia de uso del agua.

En conclusión, la Figura 4 sugiere una relación compleja entre la lámina de riego y el rendimiento, con un posible punto óptimo en torno a los 20 mm. Sin embargo, se necesita un análisis estadístico completo y la consideración de otros factores (ej: tipo de suelo, condiciones climáticas, etc.) para una interpretación más robusta. Estudios futuros con un rango más amplio de láminas de riego, así como un análisis más detallado de las variables del suelo y el clima, son necesarios para validar estos resultados y comprender completamente la influencia del riego en el rendimiento. Además, se recomienda investigar la influencia de otros factores agronómicos, como la fertilización, el manejo de plagas y enfermedades, etc., en el rendimiento.

#### **4.1.2 Altura de planta de papa (*solanum tuberosum* L.) Variedad amarilis en (cm).**

En la tabla 13, se presenta los resultados del análisis de varianza para la altura de la planta de papa. Los resultados muestran que existe significación estadística en los bloques, es decir las diferentes láminas de agua aplicadas afectaron de manera significativa la altura de las plantas de papa. Este resultado es consistente con estudios previos que señalan que la cantidad de agua disponible es un factor clave para el crecimiento óptimo de cultivos como la papa, especialmente en etapas críticas de desarrollo.

En el análisis de varianza de la variable altura de planta se determinó como coeficiente de variación a la cifra de 16 %, valor que es adecuado para este tipo de trabajos.

El análisis de varianza aplicado a la variable altura de planta (Tabla 13), nos indica que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos, lo cual significa que la altura de planta de papa, es afectada por la lámina de agua que se usa para regar.

Al existir diferencias entre tratamientos, existe la posibilidad de identificar al o a los mejores tratamientos. Objetivo que se logra utilizando una prueba de medias; en nuestro caso se eligió la prueba de Tukey y los resultados obtenidos se dan en la Tabla 14.

**Tabla 13.** Análisis de varianza de la altura de planta del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) variedad amarilis

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular
Repeticiones	2	114.772	57.386	3.586 NS	7.01
Tratamientos	4	2414.136	603.534	37.719 **	8.65
Error	8	128.008	16.001		
Total	14	2656.916			

CV: 16 %; GL: Grados de Libertad

**Tabla 14.** Aplicación de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para la altura de planta (cm)

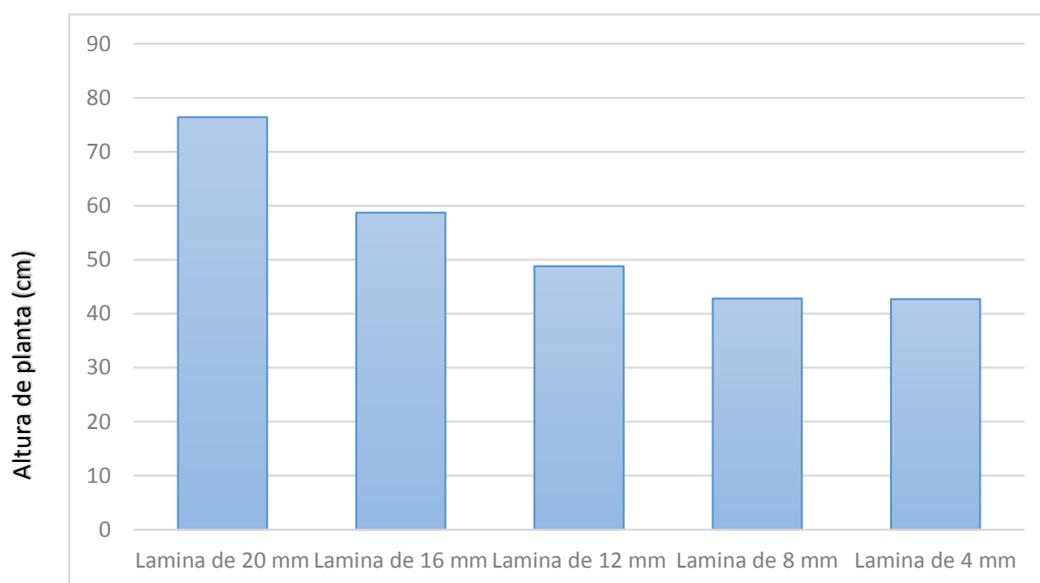
Tratamientos	Altura de planta	Tukey
Lamina de 20 mm	76.4	A
Lamina de 16 mm	58.7	B
Lamina de 12 mm	48.8	BC
Lamina de 8 mm	42.8	C
Lamina de 4 mm	42.7	C

En la tabla 14 muestra la prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad aplicada a la lamina de agua resaltando qu la lamina de 20 mm (76.4 cm) se ubica en la agrupación A. mostrando una diferencia estadísticamente

significativa respecto a la demás laminas. Este resultado evidencia que un mayor suministro de agua promueve un crecimiento superior, lo cual es consistente con investigaciones como las realizadas por Morocho (2019), quien observo incrementos similares en la altura de betarraga con mayores láminas de riego, indicando que el agua es esencial para mantener la presión de turgencia y favorecer procesos como la fotosíntesis y la expansión celular.

Los resultados indican que las láminas de agua de 16 – 20 mm son ideales para maximizar la altura de la planta de papa en condiciones experimentales. Sin embargo, debe considerarse que excesos de agua pueden llevar a problemas de drenaje y pérdida de nutrientes en los suelos de textura arcillosa, como lo advierte Navarro (2003). Además, el uso eficiente del recurso hídrico, como se evidencia en estos resultados, no solo incrementa el rendimiento, sino que también favorece la sostenibilidad agrícola, evitando desperdicios y garantizando la productividad del cultivo.

**Figura 5.** Promedio de altura de planta (cm) generado por los tratamientos



La Figura 5 presenta un gráfico de barras que ilustra la relación entre la lámina de agua de riego (en milímetros) y la altura promedio de las plantas (en centímetros). Se observa una tendencia ascendente en la altura de las plantas a medida que aumenta la lámina de riego, alcanzando su máximo valor con una

lámina de 20 mm. Este patrón sugiere que un mayor suministro de agua favorece un crecimiento vegetativo más robusto.

La aparente correlación positiva entre la lámina de riego y la altura de la planta concuerda con la comprensión general del papel del agua en el crecimiento vegetal. El agua es esencial para mantener la turgencia celular, factor crítico para la expansión celular y el desarrollo de tejidos. Además, participa directamente en la fotosíntesis, proceso clave para la producción de biomasa y, en consecuencia, el crecimiento de la planta (Puppo, 2015; Corado, 2014).

No obstante, es fundamental reconocer que la relación entre la lámina de riego y el crecimiento vegetal no siempre es lineal. Excesos de agua pueden generar estrés hídrico por encharcamiento, afectando la aireación del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las raíces (Navarro, 2003). Este efecto podría explicar por qué no se observa un aumento continuo y proporcional en la altura de la planta con el incremento de la lámina de riego. Investigaciones adicionales con láminas superiores a 20 mm serían necesarias para determinar si se alcanza un punto de saturación o incluso un efecto negativo por exceso de riego (Chuchón, 2019).

#### **4.1.3. Diámetro ecuatorial del tubérculo de papa (*solanum tuberosum* L.) variedad amarilis en (cm)**

En la tabla 15 se presentan los resultados del análisis de la varianza para el diámetro ecuatorial del tubérculo de papa. Los resultados muestran que existe significación estadística en los bloques, tratamientos; lo que implica que las diferentes láminas de agua aplicadas afectaron de manera significativa el diámetro ecuatorial de los tubérculos de la papa. Este resultado es consistente con investigaciones que destacan la influencia de la disponibilidad de agua en el llenado de los tubérculos y el desarrollo óptimo del cultivo.

El análisis de varianza aplicado a la variable diámetro ecuatorial de la papa, ha permitido estimar el coeficiente de variación en 15 %; valor que se considera apropiado para este tipo de trabajo.

La tabla 15, la prueba de F, nos muestra que hay diferencias significativas entre tratamientos, es decir es diferente el efecto de las láminas de agua usadas para regar el cultivo de papa.

Con la finalidad de identificar el mejor tratamiento, se aplicó la prueba de Tukey, cuyos resultados se dan en la Tabla 16.

**Tabla 15.** Análisis de varianza de la variable diámetro ecuatorial del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) variedad amarilis

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	F tabular
Repeticiones	2	0.6776	0.3388	0.468	3.84
Tratamientos	4	18.0629	4.5157	6.241	4.46
Error	8	5.7877	0.7234		
Total	14	24.5281			

CV: 15 %

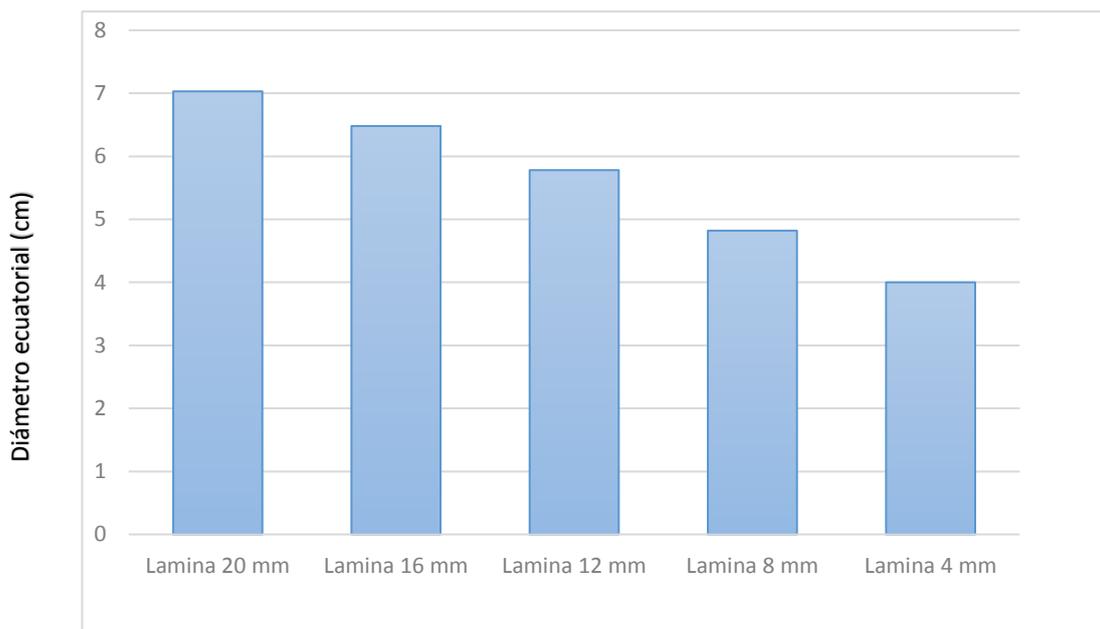
**Tabla 16.** Aplicación de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad para el diámetro ecuatorial de papa

Tratamientos	Diámetro ecuatorial	Tukey
Lamina 20 mm	7.03	A
Lamina 16 mm	6.48	A B
Lamina 12 mm	5.78	A B
Lamina 8 mm	4.82	A B
Lamina 4 mm	4.00	B

Los resultados que se dan en la Tabla 16, que presenta la prueba de significación de Tukey al 5% de probabilidad para el diámetro ecuatorial de los tubérculos de papa muestran diferencias significativas entre las láminas de agua evaluadas. La lamian de 20 mm (media = 7.03) se ubica en la agrupación estadística A, destacándose como el tratamiento con el mayor diámetro ecuatorial. Este resultado sugiere que un riego controlado puede favorecer un desarrollo eficiente del tubérculo, lo cual es consistente con estudios realizados en betarraga y cebolla, (Morocho, 2019; Morales ,2023).

Estos resultados enfatizan la importancia de un manejo eficiente del riego para maximizar el desarrollo del tubérculo, la lámina de 20 mm se presenta como una opción óptima para mejorar el diámetro ecuatorial en condiciones controladas. Estudios adicionales en otros cultivos y contextos podrían validar estas conclusiones y aportar estrategias más integrales para la gestión hídrica en la agricultura.

**Figura 6.** Promedio de diámetro ecuatorial del tubérculo (cm) generado por los tratamientos



La Figura 6 muestra la relación entre la lámina de agua de riego (en mm) y el diámetro ecuatorial de los tubérculos (en cm). Se observa que la lámina de 20 mm presenta el mayor diámetro ecuatorial,

El diámetro ecuatorial del tubérculo es una variable crucial relacionada con el rendimiento y la calidad del producto. Un mayor diámetro generalmente indica un mayor tamaño y peso del tubérculo, lo que se traduce en un mayor rendimiento. Es posible que, más allá de un punto óptimo, el aumento de la lámina de riego no genere un incremento proporcional en el diámetro, o incluso pueda tener un efecto negativo. Un exceso de agua puede provocar problemas de encharcamiento y saturación en el suelo, afectando el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes (Navarro, 2003).

En conclusión, la Figura 6 sugiere que existe una relación compleja entre la lámina de riego y el diámetro ecuatorial de los tubérculos, con un posible punto óptimo alrededor de los 4 mm de lámina de riego. Sin embargo, se necesita un análisis estadístico completo y la consideración de otros factores (ej: textura del suelo, condiciones climáticas, etc.) para una comprensión más profunda de esta relación. Estudios adicionales con un rango más amplio de láminas de riego, así como un análisis más detallado de las variables del suelo y el clima, son necesarios para validar estos resultados y para obtener una comprensión más completa del efecto del riego en el desarrollo de los tubérculos.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

De los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación que se desarrolló en el valle de Cajamarca, en el cultivo de papa (*solanum tuberosum* L.) variedad amarilis.

El tratamiento 5 dio mayor rendimiento cuya lámina de riego de 20 mm dando resultado 38.51 tn ha<sup>-1</sup>. Este resultado demuestra que, bajo las condiciones edafoclimáticas del área experimental, una mayor disponibilidad de agua favorece la formación y llenado de los tubérculos.

En la altura del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) variedad amarilis, el tratamiento 5 dio mayor resultado cuya lámina de riego de 20 mm dando un valor de 78.4 cm. Cuyo resultado es mayor a los otros tratamientos considerados.

En el diámetro del cultivo de papa (*solanum tuberosum* L) variedad amarilis, el tratamiento 5 dio mayor resultado cuya lámina de riego de 20 mm dando un valor de 7.03 cm. Cuyo resultado es mayor a los otros tratamientos considerados.

#### 5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar investigaciones complementarias utilizando la lámina de riego óptima (20 mm) en diferentes épocas del año y bajo distintas condiciones edafoclimáticas y variedades de papa, para validar y ampliar la aplicabilidad de los resultados obtenidos en esta investigación.

## CAPITULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, J.; Alvarado, O. (2017). *efectos de diferentes láminas de riego en el crecimiento y desarrollo de cebolla de bulbo (Allium cepa L.*
- Chuchón, 2019. "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.
- Delgado, G.2012. Determinación de la lámina de riego para el cultivo de Albahaca Genovesa (*Ocimum basilicum* "Genovese".) a partir de la variación del coeficiente multiplicador de la evaporación. Tesis Ing. Agr. Cal, Colombia. Universidad del valle. 11p.
- Egusquiza, R. y Catalan, W. (2011). Manejo Integrado de Papa. "Jornada de Capacitación UNALM – AGROBANCO Huanquite – Paruro – Cusco – Perú.
- FAO. (2006). *Boletín 56, estudio Riego y Drenaje.*
- FAO, 2006. *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO: Riego y drenaje N. 56.*
- 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.
- Franquet, J. 2009. El caudal mínimo medioambiental del tramo inferior del río Ebro. 1 ed. Disponible en <http://www.eumed.net/libros/2009b/564/>.

- Fernández, R *et al.* 2010. *Manual de Riego para agricultores: Modulo 4. Riego localizado: Manual y Ejercicios*. Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria.
- Fuentes, J; García, G. 1999. *Técnicas de riego. Sistema de riego en la agricultura*. 1 ed. rev. y corr. México. Editorial Mundi-Prensa. 473 p.
- INTAGRI. (2019). *Manual de riego agrícola: Optimización del uso del agua en cultivos*. Instituto de Transferencia de Tecnología Agrícola.
- INTAGRI. 2019. *Diseño agronómico de sistemas de riego por goteo. Serie agua y riego Num.32. Artículos técnicos de INTAGRI*. Mexico.5p.
- ICC.2017. *Manual de medición de caudales*. 1 ed. rev. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Guatemala.18 p.
- Jiménez A.C.(2010). *Tuberosas y Raíces. Texto universitario FAZ – UNSAAC-Cusco*.
- Martínez B.L. (1998). *Manual de Fertirrigacion, Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Intihuasi*. Chile: Cromograf Ltda.
- Minagri, (2017). *Papa: característica de la producción nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana*. DEEIA – Lima – Perú.
- Mechayl. (2018). *Tesis Titulada: Comportamiento Agronómico de Cinco Variedades de Papa Nativa (solanum sp) en tres marcos de siembra en Velille – Chumbivilcas - Cuzco*.
- Medina, J; Himeur, Y. (2005). *Manual de operación y mantenimiento de un Sistema de riego por goteo: Proyecto “Prevención y Preparación en*

*Comunidades Alto andinas, afectadas por Sequías, Heladas y otros peligros en cuatro distritos de las Regiones de Moquegua y Arequipa.*  
1 edición Lima, Perú. 26p.

Mendoza, 2013. Riego por goteo (en línea). San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 91 p.

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

Morales Rudas, I. (2023). *Respuesta del cultivo de cebolla (Allium cepa L.), variedad Roja Arequipeña, a cinco láminas de riego por goteo en el Valle de Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

Navarro, J. (2003). *Efecto de Cuatro Láminas de Riego sobre el Rendimiento de Plátano (Musaparadisiaca, 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.

Olarte H.W.(1987). *Manual de Riego por Gravedad, Serie Manuales Tecnicos N° 1, Comision de Coordinacion de Tecnologia Andina (CCTA).* Lima.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO = honduras. 218p. 2016.

Pardo, A. 2013. El origen del agua terrestre: la ciencia actual desde la visión de Odon de Buen. (en línea) Zaragoza, España. 5p.

Paredes, J 2013. Importancia del agua. 1 ed. rev. Lima, Peru: Universidad San Martin de Porres

Pizarro, F. 1996. *Riego Localizado de Alta Frecuencia.* 3 edición Rvdo. Editorial, Mundi-Prensa. Madrid, España, 511p.

- Porras, ZR. 2015. "evaluación del sistema de riego por geteo u exudación en el cultivo de quinua (*Chenopidium quinoa* Will) en el INIA- la Molina " Tesis Ing. Agr. Lima, Peru, UNALM. 113p.
- Puppo, L. 2015. Curso de riegos en cultivos intensivos (en línea). Uruguay, universidad de la republica. 54 p. consultado 18 jun. 2019.
- Rिकासca Z.M.A. (2000). *Evaluacion de tres fraccionamientos del nivel de fertilización 160 – 160 – 140 Mediante Fertirrigacion en el Cultivo de Papa*. Cusco : Tesis Universidad Nacional De San Antonio Abad del Cusco.
- Santos, L. 2010. *El Riego y su Tecnologia*. 1 ed. Editorial Europa – America. Lisboa, Portugal. 296 p.
- Sivincha, 2022. "Respuesta del Cultivo de Cebolla (*Allium cepa* L.) a tres Frecuencias de Riego Localizado en Condiciones de centro Agronomico K'AYRA – San Jeronimo – Cuzco. Tesis de Titulo. Universidad Nacional San Antonio Abad Del Cuzco. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Agronomia. Cuzco, Peru.
- Tapia, 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.
- Vargas Díaz, R., Wilches Ortiz, W., Espitia Malagón, E., Franco Florez, C., & Mojica Ramos, S. (2023). Evaluación del uso eficiente del agua y producción del cultivo de papa bajo dos técnicas de riego. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 4(2), 89–93.
- Vasquez, L. 2009. *Efecto de la materia organica y del distanciamiento de siembra en el rendimiento de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*)*,

*en el valle del Mantaro – Junin.* Tesis para optar el titulo de ingeniero  
Agronomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 79p.

Vasquez et al/2017. Fundamentos de la ingeniería de riegos. 1ra ed.lima  
Peru .442p.

## CAPITULO VII

### ANEXOS

#### Anexo 1. Registro de información de campo

**Tabla 17.** Datos meteorológicos promedios anuales registrados en la estación Agrometeorológica.

MESES	INFORMACION METEOROLOGICA				
	T Max(°C)	TMin (°C)	TProm (°C)	HR (%)	PP(mm)
Enero	21.7	8.7	15.4	67.4	77.9
Febrero	21.6	8.6	15.2	68.1	64.6
Marzo	21.1	8.8	15.2	72.3	119.2
Abril	21.5	7.8	15.1	70.9	52.2
Mayo	21.8	6.1	14.8	67.9	33.4
Junio	21.7	4.6	14.2	60.3	4.4
Julio	21.9	4.0	13.9	58.0	2.7
Agosto	22.2	4.2	14.6	57.4	4.3
Setiembre	22.3	6.5	15.1	58.1	21.7
Octubre	22.1	7.1	15.4	59.3	45.4
Noviembre	22.7	7.5	15.6	59.9	42.6
Diciembre	22.0	7.2	15.5	64.0	59.9

Fuente: Datos de la estación meteorológica "Augusto Weberbauer".

## Anexo 2. Datos de las evaluaciones de campo

**Tabla 18.** Rendimiento de papa (*solanum tuberosum* L.) en kg.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTOS	PROMEDIO
	I	II	III		
1	14.14	15.22	22.36	51.72	17.24
2	17.27	16.17	24.34	57.78	19.26
3	21.86	19.99	23.89	65,74	21.9
4	24.68	26.54	42.00	93.22	31.07
5	28.65	37.43	49.45	115.53	38.51
TOTAL	106.6	115.35	162.04	383.99	

Nota: Elaboración propia

**Tabla 19.** Altura de planta de papa (*solanum tuberosum* L.) en cm.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTOS	PROMEDIO
	I	II	III		
1	38	41	49.1	128.1	42.7
2	48	37	43.4	128.4	42.8
3	44	49.4	53	146.4	48.8
4	55	53.1	68	176.1	58.7
5	78	72	79.2	229.2	76.4
TOTAL	263	252,5	292.7	808.2	

Nota: Elaboración propia

**Tabla 20.** Diámetro de planta de papa (*solanum tuberosum* L.) en cm.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTOS	PROMEDIO
	I	II	III		
1	4	3.5	4.5	12	4.00
2	5	4	5.46	14.46	4.82
3	6.34	6	5	17.34	5.78
4	4.54	6.5	8.4	19.44	6.48
5	5.9	7.7	7.49	21.09	7.03
TOTAL	25.78	27.7	30.85	84.33	

Nota: Elaboración propia

### Anexo 3.



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



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 : ANDRES TEJADA ZAMBRANO

PROCEDENCIA: Cajamarca – Silvo Agropecuario UNC

Fecha: 28-05-2019

#### RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	M.O %	Al meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
Silvo Agropecuario	SU0426-EEBI-19	16.22	325.0	6.9	2.46		51	12	37	Ar A

C.C. %	P.M.P %	A. disp. %	D. apar
23.59	13.21	10.38	1.36

#### INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : ALTO  
Potasio (K) : MEDIO  
pH (reacción) : NEUTRO  
Materia orgánica (M.O) : MEDIO  
Clase textural : 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: PAPA

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	160	130	100	--								

#### RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

APLICAR 3.00 TON/HA DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA  
Estación Experimental La Molina

Ing. Pablo A. 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



Datos del documento  
Tipo de documento: BOLETA DE VENTA ELECTRONICA  
Serie y correlativo: B002-1184  
Fecha: 20-05-2019  
Hora: 12:02:58  
Fecha Vencimiento: 20-05-2019

Datos del emisor	Adquiriente / Usuario
RUC: 20538977030 Nombre: ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA VISTA FLORIDA - LAMBAYEQUE Dirección: Jr. Wiracocha S/N, LOS BAÑOS DEL INCA, CAJAMARCA, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, PE Sucursal: EEA. BAÑOS DEL INCA	Identificación: DNI - DOCUMENTO DE NACIONAL DE IDENTIDAD Número de identificación: 70040401 Nombre: TEJADA ZAMBRANO ANDRES Dirección: CENTRO POBLADO PORCON BAJO KM. 3.6, CAJAMARCA, CAJAMARCA, DEPARTAMENTO CAJAMARCA, PE

Cantidad	Unidad	Código	Código SUNAT	Descripción	Valor unitario	Importe
1,000	UNIDAD	00011	0	ANALISIS DE FERTILIDAD+ TEXTURA + PARAM. HIDRICOS	S/ 46.61	S/ 46.61

**Información adicional**  
POR SERVICIO DE ANÁLISIS FERTILIDAD + TEXTURA + PARÁMETROS HIDRICOS EN SUELOS  
REF. NOTA DE VENTA N° 001878  
EMITIDO EN EL JR. WIRACOCCHA S/N - BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA

**Total impuestos**  
Total IGV 18%: S/ 8.39

**Totales del documento**  
Total Gravadas: S/ 46.61  
Importe total de la venta: S/ 55.00

Monto en letra: CINCUENTA Y CINCO Y 00/100 SOLES



Representación impresa de una boleta de venta electrónica  
Documento generado por DFACTURE  
Tel. (511) 729 - 9045 - <https://www.dfacture.com.pe/>  
Puede descargar su comprobante desde el sitio:  
<https://factura.thefactoryhka.com.pe/consultadocumentos>

Pag.

#### **Anexo 4. Panel fotográfico**

**Figura 7.** Cultivo de papa en campo experimental



**Figura 8.** Evaluando características agronómicas



**Figura 9.** Cosecha de cultivo de papa



**Figura 10.** Juntado en costales para su posterior pesada



**Figura 11.** Evaluación de dato de rendimiento

