

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Riego por goteo en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*)**

**Canaán 2750 msnm, Ayacucho, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. Lucio Tolomeo Huamani Huaman**

**ASESOR:**

**Ing. Efraín Chuchón Prado**

**Ayacucho - Perú**

**2023**

*Dedico este trabajo a todas las personas que han creído en mí y me han brindado su apoyo tanto moral como económico. En especial, quiero dedicar este trabajo a mis padres, Remigio y Trifonia (QEPD), quienes me dieron la vida y han sido mi mayor inspiración.*

*Agradezco profundamente el apoyo incondicional de Adelaida, el amor de mi vida, quien siempre ha estado a mi lado, brindándome su apoyo moral y económico sin descanso.*

*A mis queridos tíos Evaristo y Edmundo, quienes siempre han deseado lo mejor para mí y han sido una fuente constante de aliento. También quiero agradecer a mis hermanos Lázaro y Edwin, quienes me han apoyado incondicionalmente en los momentos más difíciles de mi vida, impulsándome a seguir adelante y alcanzar mis objetivos.*

*A mis amados hijos Rony, Roy y Rosy, quienes creen en mí y siguen mis pasos, su amor y confianza son mi mayor motivación.*

*También quiero expresar mi gratitud a mis amigos y compañeros, quienes con su ejemplo y guía me han acompañado hasta el final de este camino.*

**Lucio Tolomeo**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios por brindarme la oportunidad de crecer y avanzar en mi vida profesional.

Deseo extender mi más sincero agradecimiento a mi alma mater, la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, por abrirme sus puertas y brindarme una educación de calidad en el campo de la ingeniería.

Agradezco de manera especial a los profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias por compartir sus valiosas experiencias y brindarme consejos certificados a lo largo de mi formación.

Quiero expresar mi gratitud al Ingeniero Efraín Chuchón Prado, quien me ha guiado y colaborado de manera incondicional desde el inicio hasta el final de este proyecto de investigación.

A mis compañeros de clase, quienes se han convertido en amigos entrañables, les agradezco por todos los momentos compartidos y por hacer de nuestro tiempo en la universidad una etapa inolvidable en nuestras vidas.

A todos aquellos que, de una forma u otra, han contribuido en mi desarrollo académico y personal, les doy las gracias de todo corazón.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	ix
Resumen.....	1
Introducción .....	2

### **CAPÍTULO I**

<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	4
1.1.1. Internacional.....	4
1.1.2. Nacional .....	4
1.1.3. Local.....	6
1.2. RIEGO POR GOTEO .....	7
1.2.1. Clima .....	7
1.2.2. Evaporación.....	7
1.2.3. Transpiración.....	8
1.2.4. Evapotranspiración.....	8
1.2.5. Lámina de riego.....	10
1.2.6. Volumen de agua disponible.....	11
1.2.7. Tiempo de riego .....	11
1.2.8. Frecuencia de riego .....	11
1.3. ABONOS .....	12
1.3.1. Abonos orgánicos.....	12
1.3.2. Abonos inorgánicos.....	12
1.3.3. Guano de isla.....	13
1.4. REQUERIMIENTOS DE FERTILIZANTES SINTÉTICOS .....	13
1.4.1. Macronutrientes.....	13
1.4.2. Micronutrientes .....	13
1.4.3. Interacción entre nutrientes .....	14

1.5.	GENERALIDADES DEL CULTIVO DE PAPA .....	14
1.5.1.	Origen de la variedad Unica.....	14
1.5.2.	Distribución geográfica .....	14
1.5.3.	Importancia económica .....	14
1.5.4.	Características morfológicas .....	15
1.5.5.	Comportamiento agronómico.....	15
1.5.6.	Particularidades del cultivo .....	16
1.5.7.	Características de la variedad Unica .....	17

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA..... 19**

2.1.	INFORMACIÓN BÁSICA DE LA ZONA DEL PROYECTO .....	19
2.1.1.	Ubicación política .....	19
2.1.2.	Ubicación geográfica .....	19
2.2.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN .....	19
2.2.1.	Fuente de agua.....	19
2.2.2.	Cabezal de riego .....	20
2.2.3.	Área de riego .....	21
2.2.4.	Clima .....	21
2.3.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	21
2.4.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
2.4.1.	Tipo de investigación .....	22
2.4.2.	Población y muestra .....	22
2.4.3.	Técnicas e instrumentos .....	22
2.5.	MÉTODO PROCEDIMENTAL.....	22
2.5.1.	Campo experimental y evaluaciones realizadas.....	22
2.5.2.	Actividades realizadas en el campo .....	23
2.5.3.	Evaluaciones realizadas .....	24

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 31**

3.1.	Determinar la demanda agua en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ) V. Unica y V. Canchan, en el Centro Experimental de la UNSCH, 2022 .....	31
3.1.1.	Cálculo de demanda de agua método HARGREAVES .....	31

3.1.2.	Cálculo de demanda de agua utilizando CROPWAT 8.0 .....	33
3.1.3.	Volumen de agua disponible total en la capa de raíces.....	36
3.2.	Determinación del rendimiento por efecto del riego por goteo en el cultivo de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ). V. Unica en el Centro experimental de la UNSCH, 2022.....	38
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>41</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>42</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>43</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>46</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1. Cantidades realizadas en el campo .....	24
Tabla 2.2. Datos meteorológicos de la Estación Experimental Agraria Canaán – Ayacucho (INIA).....	26
Tabla 3.1. Evapotranspiración de Referencia ETo Método Hargreaves .....	32
Tabla 3.2. Resumen del cálculo de ETo Método Hargreaves .....	32
Tabla 3.3. Cálculo de demanda de agua del cultivo de papa Unica en el área experimental .....	33
Tabla 3.4. Cálculo de la evapotranspiración potencial ETo mediante Cropwat .....	34
Tabla 3.5. Cálculo de la precipitación efectiva Cropwat 8.0.....	34
Tabla 3.6. Requerimiento hídrico de la papa de acuerdo a Cropwat 8.0 .....	36
Tabla 3.7. Humedad del suelo medido con sensor	37
Tabla 3.8. Numero de tubérculos por planta de la papa variedad Unica.....	38
Tabla 3.9. Análisis de Varianza del número de tubérculos/planta para un diseño de bloques completamente al azar del cultivo de papa variedad Unica .	39
Tabla 3.10. Peso del número de tubérculo /planta del cultivo de la papa variedad Unica .....	39
Tabla 3.11. Análisis de Varianza del número de tubérculos/planta para un diseño de bloques completamente al azar del cultivo de papa variedad Unica	39
Tabla 3.12. Rendimiento del cultivo de papa variedad Unica.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 2.1. Reservorio de agua revestido con geomembrana .....	20
Figura 2.2. Cabezal de riego con operación manual.....	20
Figura 2.3. Válvula de control manual .....	21
Figura 2.4. Pantalla de inicio del programa Cropwat 8.0 .....	28
Figura 3.1. Datos requeridos para la papa en base a su fecha de siembra .....	35
Figura 3.2. Datos de suelo franco arenoso proporcionados por Cropwat 8.0.....	35



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Ubicación geográfica del proyecto.....	47
Anexo 2. Vías de comunicación distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray	47
Anexo 3. Resultado del análisis físico y químico del suelo.....	48
Anexo 4. Datos de estación meteorológica INIA CANAAN .....	50
Anexo 5. Factor de evapotranspiración potencial (MF) en mm por mes.....	53
Anexo 6. Mediciones diarias de humedad del suelo con sensores .....	54
Anexo 7. Panel fotográfico .....	55

## RESUMEN

El estudio actual se concentró en el impacto del riego por goteo en la producción de la variedad de papa UNICA en el Centro Experimental Canaán en 2022, que se encuentra a 2750 metros sobre el nivel del mar en Ayacucho. Los objetivos específicos es estimar el requerimiento de agua de cultivo de papa y su impacto en la producción utilizando técnicas indirectas como el método empírico de Hargreaves y el software CROPWAT 8.0 para calcular la Evapotranspiración Potencial. Los resultados revelaron que la demanda de agua fue de 1518,50 m<sup>3</sup>/ha según el método de Hargreaves y 1580 m<sup>3</sup>/ha utilizando el CROPWAT 8.0. Mediante la medición del sensor, se mejorará el riego de manera inmediata, con una lámina de agua disponible neta de 1159,2 m<sup>3</sup>/ha. El rendimiento del cultivo de papa bajo el efecto del riego por goteo automatizado, aplicando tratamientos de fertilizantes con un diseño de bloques completamente al azar, mostró diferencias significativas. Los tratamientos utilizados, como el guano de islas y el aporcador, así como la combinación de ambos, adquirirán rendimientos de 14.791,67 kg/ha, 12.500 kg/ha y 14.791,67 kg/ha, respectivamente. En conclusión, a pesar del uso de la misma cantidad de agua, la producción de papa se ve afectada por otros parámetros de producción. Se pueden desarrollarse, como la conservación del agua, el manejo del suelo y un mayor rendimiento de los cultivos, entre otras actividades útiles para los agricultores.

**Palabras clave:** Papa, riego por goteo, demanda de agua, rendimiento del cultivo, Software Cropwat.

## INTRODUCCIÓN

Los patrones actuales de uso del agua advierten sobre una inminente " crisis del agua" en varias partes del mundo , debido al rápido aumento de la población y la pérdida continua de este recurso crítico .La agricultura es el sector intensivo en consumo total de agua de ríos, lagos, cursos de agua y acuíferos, utilizando del 70% al 90%.

En nuestro país, aproximadamente el 36% de los cultivos se riegan, principalmente, con recursos hídricos superficiales. El 88% de estas áreas se riega mediante métodos de riego por gravedad, mientras que solo el 12% utiliza sistemas de riego presurizado, como la aspersión o el riego por goteo. Ante esta situación, es imprescindible buscar métodos que optimicen el uso del agua, evitando su desperdicio y garantizando una producción agrícola más eficiente y sostenible (Garrafa, 2017).

Las cintas de goteo, por ejemplo, se han estado utilizando con éxito en países industrializados para aumentar el rendimiento agrícola y mejorar la eficiencia del agua. Sin embargo, todavía se emplean sistemas y procedimientos de riego ineficientes en el área de Cusco, desperdiciando este recurso, debido a la falta de comprensión sobre la tecnología de riego moderna (Garrafa, 2017).

Para la mayor utilización de los recursos hídricos y tecnológicos, como los fertilizantes, se debe optimizar la gestión del sistema de riego (Martínez, 2001).

Para maximizar el rendimiento agrícola y aprovechar al máximo los recursos hídricos y tecnológicos, como los fertilizantes, se debe optimizar la gestión del sistema de riego (Martínez, 2001). El riego es un componente crítico de la productividad agrícola ya que tiene un impacto directo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Hay tecnologías de riego que pueden aumentar la producción de cultivos, incluido el riego por superficie, por aspersión, por microaspersión y por goteo (Hargreaves y Merkley, 2000).

Para reducir las pérdidas económicas de los agricultores, es necesario implementar nuevas tecnologías, como el riego por goteo, que incrementen la productividad de los cultivos y disminuyan los costos de producción para obtener mayores ingresos.

Para disminuir los agricultores pérdidas económicas, se deben utilizar tecnologías innovadoras como el riego por goteo para aumentar la producción de cultivos y reducir los costos de producción a fin de lograr mayores ganancias.

En este sentido, es crucial evaluar la eficiencia del riego por goteo y desarrollar alternativas que optimicen las operaciones agrícolas, promoviendo el ahorro de agua, el manejo adecuado del suelo y el aumento de la producción de los cultivos, entre otras actividades beneficiosas para los agricultores y se formula los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Determinar el efecto del Riego por goteo en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Unica a 2750 msnm, Ayacucho, 2022.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar la demanda agua en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) V. Unica, en el Centro experimental de la UNSCH, 2022.
2. Determinar el rendimiento por efecto del riego por goteo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). V. Unica en el Centro experimental de la UNSCH, 2022.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

##### **1.1.1. Internacional**

Según Arteaga (2021), en su investigación titulada "Efecto de cinco soluciones nutritivas aplicadas mediante fertirriego en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Superchola", se evaluó el desempeño de la variedad Superchola de papa, mejorada genéticamente, cuando se le suministran cinco soluciones nutritivas utilizando el método de fertirriego. El estudio se llevó a cabo en el invernadero de la Estación Experimental Santa Catalina, ubicada en Quito, Ecuador, y se adquirió un diseño completamente aleatorizado. En conclusión, se demostró que el cultivo de papa mostró un incremento en su rendimiento, una mayor eficiencia en el uso del agua y en la absorción de nutrientes cuando se consiguió la solución nutritiva Pilvicsa.

##### **1.1.2. Nacional**

De acuerdo con Garrafa (2017), en su tesis titulada "Estimación de la demanda de agua en el cultivo de papa variedad canchan (*Solanum tuberosum*) utilizando riego por goteo en el Centro Agronómico Kayra-San Jerónimo Cusco", se llevó a cabo el cálculo de la demanda hídrica utilizando el tanque evaporímetro clase A. Para ello, se utilizaron los datos de humedad relativa, velocidad del viento y precipitaciones obtenidas de la Estación Meteorológica Agrícola Principal - Kayra. Además, se utilizó la tabla propuesta por el Boletín 56 de la FAO y los datos se procesaron en una planilla de riego.

Durante los 153 días de evaluación, el cultivo de papa variedad canchan requirió una demanda de agua de 2484,8 m<sup>3</sup>/ha, de los cuales 2642,2 m<sup>3</sup>/ha se aplicaron como riego. Se aseguró una distribución adecuada del agua de riego, suministrando la misma cantidad a todas las plantas del cultivo. Se descubrió que la parcela número cuatro mostró un desempeño superior, con un factor de agotamiento de 0.25 y una producción de 48060 kg/ha.

Según a Bernuy(2018) se incrementará el valor de la huella hídrica verde del cultivo de papa en los años 2013 (2018),2018 utilizando el modelo CROPWAT en su estudio titulado “Evaluación de escenarios de cambio climático en la huella hídrica verde del cultivo de papa .Se incrementará el valor de la huella hídrica verde del cultivo de papa en los años 2013 al 2018 utilizando el modelo CROPWAT en su estudio titulado “Evaluación de escenarios de cambio climático en la huella hídrica verde del cultivo de papa en Huaros, provincia de Canta ”.

Según Bernuy (2018), en su investigación titulada "Evaluación de los escenarios de cambio climático en la huella hídrica verde del cultivo de papa en Huaros, provincia de Canta", se prolongará el valor de la huella hídrica verde para el cultivo de papa en el período comprendido entre los años 2013 y 2018 utilizando el modelo CROPWAT. El estudio reveló que, bajo el escenario climático actual, el distrito de Huaros no cuenta con suficiente agua procedente de las precipitaciones para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de papa.

Los resultados obtenidos para el valor de la huella hídrica verde fueron los siguientes: 627,82 m<sup>3</sup>/t, 681,02 m<sup>3</sup>/t, 613,04 m<sup>3</sup>/t, 642,74 m<sup>3</sup>/t y 540,81 m<sup>3</sup>/t para las campañas 2013-2014, 2014-2015, 2015 -2016, 2016-2017 y 2017-2018, respectivamente. Estos resultados indican la cantidad de agua necesaria para producir una tonelada de papa y reflejan la insuficiencia de agua disponible en la zona bajo el escenario climático actual.

Según Torres (2019), en su investigación titulada "Análisis de la huella hídrica verde en la producción de papa ante los efectos del cambio climático en la subcuenca del Río Buin", se llevó a cabo un estudio sobre la huella hídrica verde del cultivo de papa y sus posibles impactos en la subcuenca del río Buin debido al cambio climático. El estudio recopiló información agrícola, edáfica y meteorológica.

Se llegó a la conclusión de que la huella hídrica verde del cultivo de papa ha presionado en la subcuenca del río Buin desde 2013 hasta 2017, debido al incremento de la temperatura en los últimos años. Se obtuvo un valor promedio de huella hídrica verde para el cultivo de papa de 378,5 m<sup>3</sup>/t en la subcuenca Buin, 425,9 m<sup>3</sup>/t en la subcuenca de Achamayo y 430,2 m<sup>3</sup>/t en la cuenca Úbate-Bogotá, Colombia. Estas variaciones en los resultados se deben principalmente a las diferencias en las características climáticas y edáficas de cada región.

En su investigación titulada "Evaluación de la huella hídrica del cultivo de papa en la región de Puno", Herrera (2021) se determinó la huella hídrica de la producción de papa en el departamento de Puno. El objetivo principal fue calcular el valor de la huella hídrica del proceso de cultivo de la papa utilizando parámetros climáticos recopilados entre octubre de 2019 y marzo de 2020 en el departamento de Puno. La metodología desarrollada por la FAO se empleó para calcular las necesidades de riego del cultivo, utilizando el programa CROPWAT 8.0 de la FAO. Los datos climáticos se adquirieron del SENAMHI de la región y se realizó una evaluación estadística descriptiva.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: la temperatura mínima media mensual fue de  $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la temperatura máxima media mensual fue de  $16.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la velocidad media mensual del viento fue de  $2.2\text{ m/s}$ , hubo  $8.4$  horas de sol, la humedad relativa media mensual fue del  $64\%$ , la precipitación total mensual fue de  $748,3\text{ mm}$  y la precipitación efectiva fue de  $417,2\text{ mm}$ . La evapotranspiración potencial resultó en  $3,55\text{ mm/día}$ , mientras que la evapotranspiración verde fue de  $383,6\text{ mm}$  durante el período estudiado. El uso de agua para los cultivos fue de  $3836\text{ m}^3/\text{t}$ , y el rendimiento promedio fue de  $12.62\text{ t/ha}$ . Además, se disminuirá que la huella hídrica total del cultivo de papa fue de  $303,96\text{ m}^3/\text{t}$  y se realizó una valoración económica de  $422,81$  soles.

### **1.1.3. Local**

Angulo (2015) llevó a cabo una tesis que evaluó el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) mediante la aplicación de fósforo, magnesio y silicio en Manallasacc, ubicada a una altitud de  $3450\text{ msnm}$  en el distrito de Chiara, provincia de Huamanga, en el departamento de Ayacucho. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar la precocidad de la variedad de papa Yungay bajo diferentes tratamientos, determinar la productividad de la papa en relación a los niveles de silicio, fósforo y su interacción, y calcular la rentabilidad económica de dichos tratamientos.

Se evaluaron dos factores: el uso del producto comercial Magneclin Silicio en tres niveles ( $100, 200$  y  $300\text{ kg/ha}$ ) y la aplicación de fertilizante fosfórico en niveles de  $200, 300$  y  $400\text{ kg/ha}$ . También se incluyó un grupo de control que consistió en el tratamiento de  $400\text{ kg/ha}$  de Magneclin Silicio sin la adición de fertilizante fosfórico. En total, se probaron  $10$  tratamientos con  $4$  repeticiones cada uno, utilizando un diseño de Bloques Completos al Azar.

Hasta el momento, no se han realizado investigaciones similares en la región de Ayacucho sobre el rendimiento del cultivo de papa utilizando riego por goteo, aunque existen estudios en otros cultivos.

## **1.2. RIEGO POR GOTEO**

De acuerdo a Razuri (1988), se describe el riego por goteo como una técnica que consiste en aplicar agua de manera lenta y en forma de gotas de bajo caudal a lo largo de tuberías, mediante dispositivos llamados emisores específicos.

Según Shock y Welch (2013), el uso del sistema de riego por goteo se fundamenta principalmente en el ahorro de agua, ya que se minimiza el escurrimiento, la evaporación y la percolación, impidiendo así el contacto del agua con las hojas y los tallos, lo cual previene enfermedades y permite aumentar el rendimiento, satisfaciendo las necesidades de agua de las plantas. Además, destaca que el riego por goteo permite maximizar la eficiencia de los fertilizantes, ya que el agua se dirige exclusivamente a la zona radicular. En contraste, con otros métodos de riego, el nitrógeno suele perderse a través de la percolación profunda conocida como "lixiviación". El riego por goteo reduce esta lixiviación, lo que facilita la conservación del nitrógeno esencial para el crecimiento de las plantas.

### **1.2.1. Clima**

Es fundamental tener acceso a esta información con el fin de establecer las necesidades de agua de los cultivos. Para lograrlo, es necesario disponer de datos meteorológicos provenientes de una estación cercana y calcular la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>). Una alternativa adicional para determinar esta variable es utilizar un tanque evaporímetro de clase A.

### **1.2.2. Evaporación**

El proceso por el cual se transforma el agua líquida en vapor de agua y se evacua de la superficie donde se produce la evaporación. Este fenómeno ocurre en diversas superficies como lagos, ríos, caminos, suelos y vegetación húmeda. Para que las moléculas de agua pasen del estado líquido al estado de vapor, se requiere energía. Esta energía es proporcionada principalmente por la radiación solar directa y, en menor medida, por la temperatura ambiente, la superficie de evaporación es impulsada por el



diferencial de presión entre el vapor de agua en la superficie de evaporación y en atmósfera (FAO, 2006).

La diferencia de presión entre el vapor de agua en la superficie evaporante y el vapor de agua en la atmósfera impulsa la eliminación del vapor de agua de la superficie evaporante (FAO, 2006).

La evaporación es la transformación de un líquido en vapor. Este proceso ocurre en diversas superficies, ya sea en el mar, en una hoja, entre otros, y requiere aproximadamente 600 calorías por gramo de agua. Por lo general, esta energía es suministrada por la radiación solar (Castañón, 2000).

### **1.2.3. Transpiración**

La transpiración es el proceso mediante el cual el agua líquida presente en los tejidos de una planta se evapora y es posteriormente liberada hacia la atmósfera. En los cultivos, la mayor pérdida de agua ocurre principalmente a través de los estomas (FAO, 2006).

La transpiración es un fenómeno físico en el cual el agua de las plantas se evapora y se dirige hacia la atmósfera. Este proceso es una respuesta de las plantas a las condiciones ambientales. La transpiración ocurre principalmente en las hojas, pero también puede ocurrir en los tallos, flores, entre otros. La mayoría del agua se libera a través de los estomas (Castañón G., 2000).

### **1.2.4. Evapotranspiración**

La evapotranspiración (ET) se refiere a la pérdida de agua a través de la superficie del suelo, la cual ocurre mediante dos procesos distintos: la evaporación y la transpiración de los cultivos. Estos dos procesos ocurren simultáneamente y no es fácil distinguirlos entre ellos.

En las primeras etapas del crecimiento de los cultivos, la pérdida de agua se produce principalmente por evaporación directa del suelo. Sin embargo, a medida que los cultivos se desarrollan y cubren completamente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

El 100% de la ET se pierde por evaporación, pero una vez que se completa la cubierta vegetal, más del 90% de la ET se pierde por transpiración (FAO, 2006).

La evapotranspiración es descrito por Castaón (2000) como la cantidad de agua que se pierde en forma de vapor de una superficie cubierta de vegetación y se utiliza para calcular las necesidades hídricas de las plantas .necesidades de agua de las plantas.

#### **a) Evapotranspiración de referencia (ET<sub>O</sub>)**

ET<sub>O</sub> se definida como la cantidad de agua que una cubierta vegetal de referencia evapotranspiraría cubierta vegetal dadas condiciones óptimas de crecimiento y un adecuado suministro de agua por evapotranspiración . Se calcula usando una altura de 0,12 m, una resistencia superficial constante de 70 ms<sup>-1</sup> y un albedo una altura0,23 (FAO, 2006).

El propósito principal de definir la evapotranspiración de referencia (ET<sub>O</sub>) es poder determinar la evapotranspiración (ET) de los cultivos. Para lograrlo, se utiliza un coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) que se multiplica por la ET<sub>O</sub>, lo que resulta en la estimación de la evapotranspiración de los cultivos (ET<sub>c</sub> = ET<sub>O</sub> x K<sub>c</sub>) (Santos PL et al, 2010).

La ET<sub>O</sub> definida como la cantidad de agua que una cubierta vegetal de referencia evapotranspiraría en condiciones de crecimiento perfectas y un suministro de agua adecuado, calculado utilizando una altura de 0,12 m, una resistencia superficial constante de 70 ms<sup>-1</sup> y un albedo de 0,23 (FAO, 2006).

La razón fundamental para determinar la evapotranspiración de referencia (ET<sub>O</sub>) es para poder calcular la evapotranspiración (ET) del cultivo. Para ello se utiliza un coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), el cual multiplicado por ET<sub>O</sub> para calcular la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub> = ET<sub>O</sub> x K<sub>c</sub>) (Santos PL et al, 2010).

#### **b) Evapotranspiración de cultivo (ET<sub>c</sub>)**

La ET<sub>c</sub> se refiere a la cantidad de agua que un cultivo específico evapotranspira en un suelo fértil, libre de enfermedades y con un suministro adecuado de agua para lograr una producción óptima (Fuentes YJL, 2003).

ETc es la cantidad de agua que un determinado cultivo evapotranspira en un suelo rico y libre de enfermedades con suficiente aporte hídrico para alcanzar el máximo rendimiento (Fuentes YJL, 2003). (Fuentes YJL, 2003).

La ETc está influenciada por factores climáticos, disponibilidad de agua, tipo y variedad de cultivo, densidad de siembra y estado de desarrollo. A lo largo del ciclo fenológico de la planta, su sensibilidad a la disponibilidad de agua varía. Los períodos críticos, como la prefloración o floración y la maduración del fruto, son momentos en los que la planta es más susceptible al estrés hídrico (Castañon G., 2000).

El clima, la disponibilidad de agua, tipo de cultivo .la variedad, la densidad de siembra y la etapa de crecimiento tienen un impacto en ETc. La plantas su sensibilidad a la disponibilidad de agua fluctúa durante su ciclo fenológico, el estrés hídrico más frecuente en etapas críticas, como la prefloración o la floración y la maduración de floreciente frutos (Castaon G., 2000).y maduración de frutos (Castaon G., 2000).

### **1.2.5. Lámina de riego**

Para Losada (2009), la frase se refiere a la cantidad de agua aplicada a una unidad de zona agrícola durante el riego. Este número suele expresarse en m<sup>3</sup>/ha o como lámina de riego, que representa el espesor de la capa de agua que cubriría un área particular de terreno, lámina de riego refleja la cantidad de agua en una determinada profundidad de suelo.

La fórmula para calcular la lámina neta de agua es la siguiente:

$$Ln = wgcc - wg100 \times da \times z \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Ln: lámina neta de riego (mm)

Wgcc: humedad gravimétrica a capacidad de campo (%)

Wg: humedad gravimétrica en contenido de humedad del suelo (%)

Da: densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>)

z: profundidad de suelo (cm)

### 1.2.6. Volumen de agua disponible

Utilizando la información sobre la lámina de agua aprovechable o disponible total y el tamaño del área de terreno, es posible determinar el volumen total de agua disponible en la capa de raíces mediante la siguiente relación:

$$V = A \times Lr \qquad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

V: volumen de agua disponible total en la zona de raíces (m<sup>3</sup>/ha)

A: Área de terreno (m<sup>2</sup>)

Lr: lámina de riego (mm)

### 1.2.7. Tiempo de riego

Es el tiempo expresado en horas o minutos, mediante el cual el sistema de riego oferta a través de sus emisores, el volumen por unidad de área requerida para satisfacer las necesidades totales de agua del cultivo. El tiempo de riego será:

$$Tr = V/Q \qquad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

Tr: tiempo de riego (h)

V: volumen de riego (L)

Q: caudal de riego (L/h)

### 1.2.8. Frecuencia de riego

Según Vermeiren y Jobling (1980), es vital crear una frecuencia constante de riego para satisfacer las necesidades de agua en el momento oportuno. Para minimizar sustancial pérdidas por percolación en suelos de textura gruesa con alta permeabilidad y capacidad de retención limitada, son necesarias aplicaciones de agua modestas pero frecuentes .en suelos de textura gruesa con alta permeabilidad y capacidad de retención limitada, son necesarias aplicaciones de agua modestas pero frecuentes. El riego se puede ser hacer con la suficiente frecuencia durante las épocas de alta evapotranspiración para mantener baja la tensión del agua del suelo .hecho con suficiente frecuencia durante los momentos de alta evapotranspiración para mantener baja la tensión del agua del suelo.

### **1.3. ABONOS**

#### **1.3.1. Abonos orgánicos**

Para Borrero (2008), los abonos orgánicos son compuestos formados por restos animales, vegetales o mixtos que se depositan en el suelo para mejorar sus cualidades físicas, biológicas y químicas. Los restos de cultivos que quedaron después de la cosecha, los cultivos utilizados como abono verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno), los desechos agrícolas orgánicos (estiércol, purines), los desechos orgánicos de la fabricación de productos agrícolas y los desechos domésticos son algunos ejemplos de estos residuos.

Según Farfán (2002), la adición de estos fertilizantes al suelo fortalece las defensas del suelo contra enfermedades y plagas porque se producen nutrientes que mantienen la fertilidad del suelo y mejoran sus cualidades físicas, químicas y biológicas. Los fertilizantes también producen cultivos más saludables y mayores rendimientos ya que no dañan el medio ambiente ni el suelo.

Según Villagarcía (1987), las papas se benefician del uso de fertilizantes porque mejoran las propiedades físicas del suelo, lo que a su vez ayuda al crecimiento de los tubérculos. Se recomienda aplicar estiércol en diciembre si la siembra se realiza en marzo. Sin embargo, debido a su alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, el estiércol de pollo debe usarse con precaución ya que existe el peligro de sobreventa. Las variedades tardías se benefician más del estiércol.

#### **1.3.2. Abonos inorgánicos**

Los fertilizantes inorgánicos, según Borrero (2008), son compuestos químicos creados con altas concentraciones de fósforo, calcio, potasio y nitrógeno, nutrientes vitales para el desarrollo de las plantas. En comparación a los fertilizantes orgánicos, se absorben más fácilmente. Además, para su uso en sistemas de fertirrigación, estos los abonos deben ser solubles en agua. (Fuente: <http://abonosudec102.blogspot.pe/p/abonos-inorganicos.html>)

Farfán (2002), destaca diversas ventajas y desventajas en los distintos tipos de abonos inorgánicos. Los abonos simples brindan la posibilidad de ajustar las cantidades de cada nutriente según las necesidades del suelo, algo que no resulta tan sencillo con los

abonos orgánicos. Los fertilizantes complejos, más costosos, proporcionan una fertilización más consistente que los fertilizantes simples. Los fertilizantes granulares mixtos vienen a continuación, luego los fertilizantes puros, luego los fertilizantes directos, en esa secuencia.

### **1.3.3. Guano de isla**

Según Borrero (2008), las heces de las aves guaneras que habitan en las islas y promontorios de nuestra costa se acumulan para formar el guano de isla. El guanay (*Phalacrocorax bouganivilli* Lesson), el piquero (*Sula variegata* Tshudi) y el pelícano (*Pelecanus thagus*) son algunas de las aves más destacadas en este proceso.

## **1.4. REQUERIMIENTOS DE FERTILIZANTES SINTÉTICOS**

### **1.4.1. Macronutrientes**

Según INFOAGRO (2004), el nitrógeno desempeña un papel crucial en el rendimiento de los cultivos, ya que promueve el crecimiento de la parte aérea de la planta y contribuye a la formación y engrosamiento de los tubérculos.

Las ventajas del fósforo incluyen una mejor calidad de los tubérculos, menor susceptibilidad a las lesiones y crecimiento de las raíces. El potasio tiene una variedad de actividades significativas, incluida la formación de la síntesis de almidón y la mejora de la resistencia de las plantas a las enfermedades, incluido el mildiú vellosa y la sequía.

El beneficio del fósforo en el desarrollo de las raíces, mejorando la calidad de los tubérculos y reduciendo su susceptibilidad a daños. También contribuya a una mejor conservación de las plantas. Sin embargo, un exceso de fertilización con potasio puede interferir con la absorción de magnesio.

### **1.4.2. Micronutrientes**

Según INFOAGRO (2004), el cultivo de la papa requiere niveles bajos de boro. La papa no tolera la deficiencia de magnesio, y esto se manifiesta entre las nervaduras de las hojas amarillentas e incluso puede conducir a su muerte o marchitez en casos graves.

Además, afirma que la papa reacciona bien a los tratamientos con zinc realizados a las hojas.

### **1.4.3. Interacción entre nutrientes**

Barrantes (1992) afirma que también existe una especie de autonomía con déficit inducido, en la que la " Ley del Mínimo" y la presencia de factores antagónicos y sinérgicos inciden en la capacidad de absorción de nutrientes de la planta.

## **1.5. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE PAPA**

### **1.5.1. Origen de la variedad Unica**

El Centro Internacional de la Papa (PIC), agricultores y organizaciones nacionales de investigación agrícola como la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica trabajaron juntos para producir la variedad de papa UNICA, según The Latin American Potato Magazine de 2007. En honor a la Universidad de Ica, que es el alma mater de muchos profesionales del área, el nombre "UNICA" es un acrónimo del nombre completo de la universidad. Esta variedad fue escogida a lo largo de tres años y en varios períodos, incorporando las progenies seleccionadas en el diseño genético mediante el procedimiento de cruzamiento entre líneas y probadores.

La mencionada institución entregó la variedad UNICA a los agricultores en 1998, y fue inscrita en el Registro Nacional de Cultivares en 2005 con el número de registro 001-2005- AG -SENASA-DGSV.

### **1.5.2. Distribución geográfica**

De acuerdo con Gutiérrez (2007), la variedad UNICA fue seleccionada y sometida a evaluación por el CIP durante un período de más de 7 años, siendo sembrada en más de 20 localidades en diferentes experimentos. Las propiedades de resistencia hacen que este cultivar sea atractivo para los productores de papa. Además, la resiliencia de la variedad UNICA en una amplia gama de entornos permite su amplia difusión en las zonas costeras y montañosas del Perú. Tanto para la elaboración en tiras como para el consumo en fresco, la variedad UNICA ofrece grandes cualidades.

### **1.5.3. Importancia económica**

Según INFOAGRO (2004), en la actualidad, la papa desempeña un papel fundamental en la alimentación humana, siendo utilizada tanto como alimento principal en la dieta como planta forrajera para el ganado. Además, la papa tiene un valor importante en la industria, ya que se utiliza como materia prima para la producción de

almidón y alcohol. Esto representa una oportunidad para los agricultores, ya que la demanda en el mercado puede generar mejores ingresos.

Por otro lado, según el CIP (2007), la variedad UNICA se destaca principalmente por su uso en consumo fresco.

#### **1.5.4. Características morfológicas**

Según Horton (1992), la variedad de papa UNICA tiene las siguientes características:

**Hojas:** Las hojas compuestas se colocan en espiral alrededor del tallo. Presentan cinco pares de folíolos laterales y un par de intercalados en los pecíolos, y tienen forma disecada.

**Tallos:** La planta tiene varios tallos ramificados, herbáceos. Los tallos son robustos, de color verde intenso y miden entre 90 y 120 cm de altura.

**Tubérculo:** Tubérculos oblongos y alargados con ojos poco profundos. Se forma una depresión semiprofunda en la parte superior del ojo. Los ojos crecen pequeñas protuberancias al final de \_de primavera. La piel del tubérculo es rosada, volviéndose más clara a fines de la primavera en las zonas costeras y roja en las zonas altas primaveral en localidades costeras y rojo en localidades montañosas. La pulpa del tubérculo es de color blanco nacarado.

**Flores:** flores violetas que no desarrollan bayas en climas fríos .no desarrollar bayas en climas fríos. Florecen moderadamente en la primavera en las regiones costeras, rara vez en el invierno en las zonas costeras y nunca en las tierras altas a más de 2000 metros sobre el nivel del mar.

**Estolones:** En invierno o en la sierra, los estolones son alargados. En primavera, son ligeramente más cortos y se adhieren al tallo.

#### **1.5.5. Comportamiento agronómico**

Según Villagarcía (1987), el tubérculo de papa tiene una fase de latencia de 40 a 50 días y exhibe una dominancia apical menor. Se emplea principalmente para la



reproducción de plantas, se cree que es precoz y tiene una duración de 70 a 90 días en los trópicos o las tierras altas. En cambio otro, se considera semiprecoz en ambientes de trópico bajo, como la costa o los valles interandinos, con una duración de 90 a 110 días mano, 0 a 1500 msnm).

#### **1.5.6. Particularidades del cultivo**

Horton (1992) ofrece las siguientes consideraciones sobre el cultivo de la papa:

*a) Período de siembra:* Los tubérculos se utilizan como semilla para la siembra de papa, según Parsons (1989). Es mejor utilizar semilla certificada porque asegura calidad, pureza varietal, sanidad y vigor, lo que resulta en un rendimiento máximo, particularmente en variedades tardías. El tiempo de siembra varía según la geografía y se ve afectado por la humedad del suelo y el contenido de agua.

*b) Profundidad de plantación:* La profundidad de plantación recomendada es de 7-8 cm, o casi tres veces el tamaño del tubérculo la profundidad de siembra. La siembra superficial aumenta la posibilidad de reverdecer, mientras que la siembra más profunda retrasa la emergencia.

*c) Densidad de plantación:* La distancia entre cada fila de tubérculos en los surcos es de 0,5 a 0,7 m. hay un espacio de 0,3 a 0,4 m entre cada golpe. Esto produce una plantando densidad de densidad de 35.000 a 66.000 tubérculos por hectárea. Debido a la competencia por luz, agua y nutrientes, una densidad extremadamente alta puede resultar en tubérculos más pequeños.

*d) Material de siembra:* La siembra se realiza con tubérculos enteros o porciones de tubérculos. Lo ideal es utilizar tubérculos enteros que pesen más de 30 gramos. Si se requiere cortar los tubérculos, se deben adquirir dos partes con tamaños y número de yemas similares. La cantidad de material de siembra oscila entre 1.000 y 4.000 kg por hectárea dependiendo de la densidad de siembra y el peso de los tubérculos.

*e) Preparación del suelo:* es fundamental que el suelo esté adecuadamente aflojado, aireado y libre de terrones para promover el crecimiento de las raíces, una emergencia rápida y homogénea y limitar el riesgo de enfermedades.

*f) Siembra:* existen numerosas técnicas para la siembra, pero la más popular consiste en colocar manualmente las semillas de papa en los surcos antes de cubrirlos con equipos manuales o mecánicos.

*g) Riego:* Según INFOAGRO (2004), debido a que la papa es un cultivo que requiere mucha agua, debe tener un riego adecuado. Sin embargo, el riego excesivo puede reducir el contenido de almidón de un cultivo y fomentar la propagación de enfermedades.

Según Horton (1992), normalmente se realizan cuatro riegos durante el crecimiento de la papa en suelos frescos pero no demasiado húmedos. Además, se aconseja regar la planta por primera vez al mes y medio de la siembra y nuevamente al inicio de la floración.

#### **1.5.7. Características de la variedad Unica**

La variedad UNICA presenta las siguientes características vegetales, según Gutiérrez et al. (2007), como lo cita Álvarez (2010): es una planta herbácea de porte erguido. Los tallos, que son horribles y tienen una longitud de 0,90 a 1,20 metros, son de color oscuro. En el tallo, las hojas son complejas y dispersas en espiral. Contienen 5 pares de folíolos laterales y un par de intercalados en los pecíolos y una forma disecada.

En términos de floración, hay una floración modesta en la costa en primavera, una floración limitada en la costa en invierno y una floración en las tierras altas (más de 2000 metros sobre el nivel del mar). Durante el clima frío clima, las flores son violetas y no desarrollan bayas. Los estolones son algo más cortos y se conectan al tallo en primavera, y se alargan durante el invierno o en ambientes de altura.

En cuanto a los estolones, son algo más cortos y se unen al tallo en primavera y se alargan durante el invierno o en circunstancias de sierra. Los tubérculos tienen ojos poco profundos y una profundidad de ojo apical semiprofunda. Son oblongos y alargados. A finales de la primavera aparecen pequeñas protuberancias en los ojos; sin embargo, durante el invierno o en un ambiente estriado, se suavizan. Estos baches también pueden aparecer cuando hay un retraso en la cosecha, niveles excesivos de nitrógeno o estrés hídrico prolongado. La piel del tubérculo es de color rosa, que se aclara hacia la costa y se torna roja en la sierra. Tiene pulpa de color crema.

La semilla exhibe una dominancia apical menor y un período de latencia de 40 a 50 días en términos de actividad agronómica. En circunstancias de trópico alto o tierras altas (2000 a 3800 metros sobre el nivel del mar), la fase vegetativa es prematura (70 a 90 días después de la siembra) para la multiplicación de semillas. Costa o valles interandinos (0 a 1500 msnm), presenta rasgos semiprecozes (90 a 110 días después de la siembra). A diferencia de otros cultivares, conserva su rendimiento debido a su alta estabilidad durante las temporadas de siembra y secado. En los inviernos tropicales bajos de la costa peruana tiene un rendimiento potencial alto (50 toneladas por hectárea), y en las estaciones húmedas de la Sierra es factible alcanzar este rendimiento potencial. Pero en estas regiones, los rendimientos son más bajos en la primavera y durante la estación seca. Según Gutiérrez -Rosales et al. (2007), referenciado por Ivarez (2010), comercialmente se pueden lograr rendimientos promedio de 40 toneladas por hectárea.

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **2.1. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA ZONA DEL PROYECTO**

#### **2.1.1. Ubicación política**

Región : Ayacucho  
Provincia : Huamanga  
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray  
Lugar : Centro experimental Canaán - UNSCH

#### **2.1.2. Ubicación geográfica**

El distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray se encuentra ubicada al este de la ciudad de Ayacucho, en la provincia de Huamanga, Región Ayacucho, en la sierra central del Perú.

Latitud Oeste : 74° 12' 21"  
Latitud Sur : 13° 09' 28"  
Altitud : 2750 m. s. n. m.

El presente trabajo se ha realizado en un sistema de riego existente en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, el cual fue utilizado para la automatización.

### **2.2. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE INVESTIGACIÓN**

#### **2.2.1. Fuente de agua**

La fuente de agua proviene del río Huatatas. Para su almacenamiento, se utiliza un reservorio piramidal cubierto con geomembrana, el cual tiene una pendiente del 1%. El embalse presenta las siguientes dimensiones: longitud de 4,36 metros, profundidad de 2,06 metros y altura de 2,84 metros, mostrando un volumen total de 50 metros cúbicos.

En el presente trabajo, se hace uso del sistema de riego implementado en el Centro Experimental de la UNSCH – Canaan Bajo.

**Figura 2.1**

*Reservorio de agua revestido con geomembrana*



### **2.2.2. Cabezal de riego**

El cabezal de riego se encuentra situado en la caseta de bombas e incluye una serie de componentes, tales como manómetros, filtros de anilla, válvula de aire, caudalímetro y otros accesorios. Es importante destacar que, anteriormente, el funcionamiento del cabezal de riego se realizó de forma manual.

**Figura 2.2**

*Cabezal de riego con operación manual*



### 2.2.3. Área de riego

El área o subunidad de riego abarca una extensión de 1224 metros cuadrados, con unas dimensiones de 48 metros de longitud y 25,50 metros de ancho. Esta área cuenta con una válvula de control de 2 pulgadas, la cual se opera de forma manual.

**Figura 2.3**

*Válvula de control manual*



### 2.2.4. Clima

El clima juega un papel fundamental en el desarrollo de los cultivos, siendo uno de los factores más significativos. En el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, se experimenta un clima subtropical caracterizado por temperaturas que suelen superar los 20°C. Además, la precipitación anual en esta región no alcanza los 500 mm.

## 2.3. MATERIALES Y EQUIPOS

- Papel bond
- Libreta de campo
- Lapicero
- Estaca de madera
- Cinta de riego de Clase 15 mil
- Flexómetro

### **Software**

- Microsoft Word 2019
- Microsoft Excel

## **2.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.4.1. Tipo de investigación**

La investigación realizada en este estudio es de carácter experimental, descriptivo y aplicado. Se llevó a cabo una evaluación del cultivo de papa, específicamente de la variedad Unica, considerando tres tratamientos de fertilizantes: aporcador, guano de islas y la combinación de aporcador con guano de islas.

### **2.4.2. Población y muestra**

a) Población: La población considerada en este estudio se encontró representada por un área de unidades de cultivo de 1224 m<sup>2</sup> (32 surcos) de cultivos de papa de la variedad Unica en el centro experimental Canaán – UNSCH.

b) Muestra: La muestra seleccionada consistió en una subunidad de cultivo de 2 m<sup>2</sup> (5 plantas por surco) de cultivo de papa de la variedad Unica en el centro experimental Canaán - UNSCH.

### **2.4.3. Técnicas e instrumentos**

**Documentación:** La realización de proyectos de investigación demanda una minuciosa revisión documental. Esta etapa nos brinda la oportunidad de adquirir los conocimientos teóricos indispensables como equipo, los cuales desempeñarán un papel fundamental en la fase de investigación de campo.

**Observación:** La observación constituye una técnica ampliamente empleada en la mayoría de las investigaciones, dado que nos permite obtener información directa sobre los eventos que tienen lugar y resultan esenciales para asegurar la continuidad del proceso.

## **2.5. MÉTODO PROCEDIMENTAL**

### **2.5.1. Campo experimental y evaluaciones realizadas**

#### **Terreno**

- Área total : 1224 m<sup>2</sup>
- Largo : 48 m
- Ancho : 25.50 m



### **Cultivo**

- Distancia entre surcos: 0.80 m
- Distancia entre golpes: 0.4 m
- Número total de surcos: 32
- Variedad: Unica

### **Riego**

Por Goteo uniforme a toda la parcela (32 surcos/Área Total)

### **Abonamiento**

**Guano de isla** compuesto de 50kg.

**Aporcador:** N+K+S+Mg de 50 Kg

- 9 surcos abonado con guano de isla.
- 9 surcos abonado con aporcador.
- 9 surcos abonado con guano de isla más aporcador.
- 5 surcos sin ningún abono.

### **2.5.2. Actividades realizadas en el campo**

El trabajo de investigación se realizó a nivel de campo con cultivo de papa variedad “única”, que se resume a continuación en la tabla 2.1.



**Tabla 2.1***Cantidades realizadas en el campo*

Fecha	Observaciones	Labores Culturales
27/11/2021	<b>Abonamiento:</b> Con gallinaza, mejorador del suelo al 100% natural, 4 bolsas. Fertilizante sintético “papa sierra” 15-25	Siembra: distanciamiento de 0.40 x0.80
10/12/2021	Algunos surcos sin fertilizante Primeros brotes en subsuelo	
18/12/2021	% de germinación de canchan de 120 golpes 108 germinados que es igual a 90 %. % germinación de la variedad Unica, de 120 golpes 70 germinados que es igual a 58 %.	
03/01/2022	% de germinación de la variedad Unica, de 120 golpes 112 germinados que es igual a 93%.	Se hizo el primer y único control fitosanitario con dipereclin*25 más adherente wettex. en la cantidad de tres mochilas de 20 litros para toda la parcela.
05/02/2022	<b>Abonamiento: guano de isla</b> compuesto de 50kg. <b>Aporcador:</b> N-K-S+Mg de 50 kg. 9 surcos abonado con guano de isla. 9 surcos abonado con aporcador. 9 surcos abonado con guano de isla más aporcador. 05 surcos sin ningún abono.	Aporque y Abonamiento
13/01/2022	Primeros brotes de floración e inicio de tuberización	
05/02/2022	Papa variedad <b>Unica</b> . en plena floración con una altura de 90 cm desde el suelo hasta el ápice de la planta.	
12/03/2022	Papa variedad <b>Canchan</b> , poca floración, con altura de 75 cm. desde el suelo hasta el ápice de la planta. Poda de los tallos de la planta para ayudar a la mejor tuberización	Poda
22/03/2022	Observación de los tubérculos y señalando la cosecha	
24/03/2022		Cosecha

### 2.5.3. Evaluaciones realizadas

#### a) Demanda de agua del cultivo de papa variedad Unica

##### *Antecedentes*

Esta investigación se llevó a cabo en un campo experimental con un sistema de riego por goteo automatizado, instalado en el Centro Experimental de Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. El área experimental contaba con la automatización del sistema de riego y estaba equipada con los siguientes componentes:

Electrobomba Pedrollo de 2Hp

Válvula de aire de simple efecto

Caudalímetro  
Manómetros de 2 bares  
Línea de purga  
Depósito de 50 m<sup>3</sup>  
Filtro de anilla de 2 pulgadas  
Válvula de control de 2 pulgadas  
Cintas de riego de clase 15 mil  
Laterales de riego principal y secundario de 63 mm

La evaluación consistió en medir la humedad a la capacidad de campo en el sistema de riego por goteo. Se recopilieron datos de los riegos realizados en diferentes días, abarcando desde el inicio del riego hasta la etapa de cosecha. Una vez que se obtuvo la cosecha, se llevó a cabo una evaluación de la calidad y el rendimiento del cultivo.

#### ***Tratamiento control riego por goteo***

En este estudio, se implementó el riego por goteo con control utilizando una lámina de agua cada siete días. Durante cada evento de riego, se abrieron las seis compuertas de la parcela de riego continuo, suministrando un caudal de 0,5 l/s en cada compuerta durante el tiempo de riego. De esta manera, se irrigaron los cuatro bloques correspondientes a este tratamiento.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar la demanda de agua del cultivo de papa de la variedad Unica, así como también analizar su rendimiento. Para resaltar los rendimientos obtenidos, se comparan los resultados de la aplicación de abonamiento con un grupo de control sin abonamiento.

En la determinación de la evapotranspiración, una variable clave para calcular la demanda de agua, se utilizaron métodos indirectos, como la fórmula de Hargreaves basada en la temperatura, y se empleó el software CROPWAT 8.0 en este estudio. Estas herramientas permitieron obtener estimaciones precisas de los requerimientos hídricos del cultivo.

#### ***Obtención de datos meteorológicos***

Para llevar a cabo esta investigación, se recopilieron datos de la estación meteorológica INIA CANAAN, la cual está situada en las coordenadas geográficas de

latitud 13° 10' 00.06" y longitud 74° 12' 22.92". La estación se encuentra a una elevación de 2735 metros sobre el nivel del mar (msnm). Estos datos se utilizaron para establecer las variables meteorológicas necesarias y calcular la evapotranspiración (ETO), lo que nos permitió determinar de manera precisa las demandas de riego requeridas.

**Tabla 2.2**

*Datos meteorológicos de la Estación Experimental Agraria Canaán – Ayacucho (INIA)*

Mes	Tm (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	n (Horas)	HR (%)	V (m/s)	Pm (mm)
Enero	17.6	11.4	23.8	7.7	88.6	2	88.8
Febrero	17.5	10.9	24.1	7.4	88.5	3	82.9
Marzo	17.1	11.3	22.8	7.0	90	2	98.9
Abril	16.9	10.3	23.4	7.9	89.9	2	137.7
Mayo	16.1	8.3	23.8	7.3	88.4	2	11.8
Junio	16.0	7.8	24.1	9.6	86.6	2	1.4
Julio	15.6	6.9	24.3	8.2	85.1	1	3.4
Agosto	17.1	9.1	25.1	8.6	84.1	2	3.4
Setiembre	17.6	10.3	24.8	9.0	77.9	2	1.6
Octubre	19.1	11.2	27.0	8.2	76.0	3	24.3
Noviembre	18.4	11.2	25.5	9.5	78.1	2	51.4
Diciembre	18.3	11.5	25.1	7.3	79.8	3	32.2

Fuente: Coordinación de actividades –Gerencia General Infraestructura –GRA (2022).

### *Método de Hargreaves*

Los datos climáticos requeridos para la aplicación de este método incluyen la temperatura media mensual, tanto la radiación solar medida como la calculada, la radiación extraterrestre equivalente, el factor mensual de latitud, la humedad relativa y la altitud. Los cálculos de la evapotranspiración potencial pueden producirse intensamente en la radiación y la temperatura.

### **En base a la temperatura**

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

*Ecuación 4*

Dónde:

**ETP** = Evapotranspiración potencial (mm/mes)

**MF** = Factor mensual de latitud

**TMF** = Temperatura media mensual (°F), medida

**CH** = Factor de corrección para la humedad relativa, y

**CE** = Factor de corrección para la altura o elevación del lugar

$$\text{CH} = 0.166 (100 - \text{HR})^{1/2}$$

*Ecuación 5*

Dónde:

**HR** = Humedad relativa media mensual (%), medida.

Si,  $\text{HR} > 64\%$ , se emplea la fórmula anterior, en caso  $\text{HR} < 64\%$ ,  $\text{CH} = 1$ , y

$$\text{CE} = 1.0 + 0.04 * \frac{\text{E}}{2,000}$$

*Ecuación 6*

**E** = Latitud o elevación del lugar (msnm)

### ***Utilización del software CROPWAT 8.0***

Para calcular la evapotranspiración de referencia, se utiliza el software CROPWAT 8.0 para Windows. Este programa de computación permite calcular los requisitos de agua de los cultivos y sus necesidades de riego utilizando datos climáticos y de cultivos existentes o nuevos. Además, el programa facilita la creación de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo, así como el cálculo del suministro de agua para diversos patrones de cultivo.

Esta versión de CROPWAT 8.0 para Windows se basa en las versiones anteriores del sistema DOS, CROPWAT 5.7 de 1992 y CROPWAT 7.0 de 1999. Además de contar con una interfaz de usuario completamente rediseñada, CROPWAT 8.0 para Windows incorpora nuevas y actualizadas características.

Todos los procedimientos de cálculo utilizados en CROPWAT 8.0 se basan en las directrices establecidas por la FAO en su publicación No 56 de la Serie Riego y Drenaje, titulada “Evapotranspiración del Cultivo - Guías para la determinación de los requisitos de agua de los cultivos”.

**Figura 2.4**

*Pantalla de inicio del programa Cropwat 8.0*



### ***Cálculo de la Precipitación Efectiva***

Se utiliza el método de FAO para calcular la precipitación efectiva.

### ***Cálculo del coeficiente de cultivo***

Para el cálculo del coeficiente de cultivo se tuvo en cuenta el estado de desarrollo del cultivo de papa variedad Unica, con 30 días como etapa inicial, 25 días como etapa de desarrollo, 33 días etapa intermedia y 26 días etapa de maduración. Cabe mencionar que los kc serán obtenidos del manual N°56 de FAO.

### ***Volumen de agua disponible total en la capa de raíces***

Conociendo la lámina de agua aprovechable o disponible total, se calcula el volumen de agua disponible o aprovechable total en la capa de raíces, mediante la relación:

$$La = ([\theta_{mcc}(\%) - \theta_{mpmp}(\%)] * Dap * Prof) / (\rho_w * 100) \quad \text{Ecuación 7}$$

Luego, si “La” está expresada en mm, el volumen de agua disponible ( $V_{AD}$ ) expresado en  $m^3/ha$  está dado por la relación:

$$(V_{AD}) = 10 * La \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

**La:** Lámina de agua disponible total, (mm), y

**V<sub>AD</sub>:** Volumen de agua disponible total en la zona de raíces, (m<sup>3</sup>/ ha).

La lámina de agua de la humedad fácilmente aprovechable ( $L_f$ ) se calculará mediante la relación:

$$L_f = f * (\theta_{mcc} - \theta_{mpmp}) * \frac{D_{ap} * Prof}{\rho_w} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$\theta_{mcc}$  : Contenido de humedad a capacidad de campo en base a peso de agua,

$\theta_{mpmp}$ : Contenido de humedad a punto de marchitez permanente en base a peso de agua,

Prof : Profundidad de la capa enraizada del suelo (cm),

$D_{ap}$  : Densidad aparente del suelo (g/cm<sup>3</sup>),

f : Fracción del agua del suelo fácilmente disponible.

### **b) Evaluación rendimiento del cultivo de papa variedad Unica**

Al finalizar el periodo vegetativo del cultivo se realizó la cosecha de los tubérculos según el tratamiento, evaluándose el número de tubérculos, y pesos de los mismos.

#### ***Números de tubérculos/planta y sus pesos***

Se registró la cantidad de tubérculos/planta producidos por tratamiento.

#### ***Rendimiento según tratamiento***

Teniendo el peso total por tratamiento y el área del experimento se calculó el rendimiento del cultivo en kilogramos por hectárea.

$$\text{Rendimiento (Kg/ha)} = \text{cantidad producida (Kg)} / \text{Superficie cosechada (ha)}$$

### **c) Diseño en bloques completamente al azar (DBCA)**

Se utilizó el diseño experimental de mayor uso ya que tiene grandes ventajas si el número de tratamientos no excede de 15, se pueden agrupar las unidades experimentales

en estratos o bloques uniformes logrando que la variabilidad de las unidades experimentales sean mínima aunque la variabilidad entre los estratos y bloques sean alta, en este diseño el número de unidades experimentales dentro de un bloque tiene que ser igual al número de tratamientos por investigar.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Determinar la demanda agua en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) V. Unica y V. Canchan, en el Centro Experimental de la UNSCH, 2022**

En este estudio se ha empleado el método empírico de Hargreaves y el software Cropwat para determinar y analizar los datos climáticos, ya que estos son factores clave que tienen un impacto directo en los cultivos.

El área de estudio se encuentra en el distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, que se caracteriza por un clima templado húmedo, con temperaturas que superan los 20°C y una precipitación anual de menos de 500 mm en la región (Ramirez et al., 2016).

Los datos meteorológicos utilizados en esta investigación fueron recopilados de la Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho (INIA), ubicada en la latitud 13° 10' 00.06" Sur y longitud 74° 12' 22.92" Oeste, a una elevación de 2735 msnm. Estos datos se utilizaron para determinar las variables meteorológicas, calcular la evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y establecer una planificación adecuada del riego. Se tradujo la tabla 3.1 como referencia para estos datos.

#### **3.1.1. Cálculo de demanda de agua método HARGREAVES**

##### **a) Evapotranspiración**

Para el cálculo de la evapotranspiración de referencia se utilizó el método de Hargreaves, método en base a la temperatura, resultados en la tabla 3.1.



**Tabla 3.1**

*Evapotranspiración de Referencia ETo Método Hargreaves*

Latitud: S 13.17°		Altitud: 2,735.00 msnm											
PARÁMETRO DE CÁLCULO	UNIDAD	MESES											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura Media Mensual	°C	17.6	17.5	17.1	16.9	16.1	16.0	15.6	17.1	17.6	19.1	18.4	18.3
TF - Temperatura Media Mensual	°F	63.7	63.5	62.8	62.4	61.0	60.8	60.1	62.8	63.7	66.4	65.1	64.9
HR - Humedad Relativa	%	88.6	88.5	90.0	89.9	88.4	86.6	85.1	84.1	77.9	76.0	78.1	79.8
CH - Factor de Corrección Humedad		0.560	0.563	0.525	0.528	0.565	0.608	0.641	0.662	0.780	0.813	0.777	0.746
CE - Factor de Corrección Altitud		1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055
MF: Factor Mensual de Evapotranspiración		2.657	2.307	2.344	1.977	1.761	1.566	1.678	1.917	2.155	2.485	2.547	2.680
<b>ETo - Evapotranspiración Potencial</b>	<b>mm</b>	<b>100.0</b>	<b>87.0</b>	<b>81.5</b>	<b>68.7</b>	<b>64.0</b>	<b>61.0</b>	<b>68.1</b>	<b>84.0</b>	<b>112.9</b>	<b>141.5</b>	<b>135.9</b>	<b>137.0</b>
Altitud (msnm)		E											
Factor de Corrección por Altitud		CE= 1.0 + 0.04 (E/2000)											
Temperatura Media Mensual		°C											
Temperatura °F		TF = 1.8 * °C + 32											
Factor de Corrección Humedad		CH= 0.166 * (100 - HR) <sup>0.5</sup> ; Sí, HR < 64% → CH = 1.0											
Factor Mensual de Evapotranspiración		MF => Tabla Nº 1											
Evapotranspiración Potencial		ETo = TF * CH * MF * CE											

Los resultados obtenidos fueron procesados utilizando la información proporcionada por la Oficina de Coordinación de Actividades de la Gerencia de Infraestructura del Gobierno Regional Ayacucho - GRA.

**Tabla 3.2**

*Resumen del cálculo de ETo Método Hargreaves*

MES	Nº DIAS	HARGREAVES HR	PROM (mm/mes)	PROM (mm/día)
ENE	31	3.2	99.96	3.2
FEB	28	3.1	86.96	3.1
MAR	31	2.6	81.49	2.6
ABR	30	2.3	68.71	2.3
MAY	31	2.1	64.10	2.1
JUN	30	2.0	61.09	2.0
JUL	31	2.2	68.20	2.2
AGO	31	2.7	84.10	2.7
SEP	30	3.8	112.97	3.8
OCT	31	4.6	141.47	4.6
NOV	30	4.5	135.83	4.5
DIC	31	4.4	136.88	4.4
Media		3.13	95.15	3.13

## b) Cálculo de demanda de agua del área experimental

**Tabla 3.3**

*Cálculo de demanda de agua del cultivo de papa Unica en el área experimental*

CALCULO DE DEMANDA DE AGUA CULTIVO PAPA VARIEDAD UNICA							Demanda Campaña m <sup>3</sup> /ha
	N	D	E	M	A		
Area Cultivada Mensual (ha)	Ha	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	
Kc Ponderado		0.40	0.95	1.15	0.75	0.75	
ETP	(mm)	135.9	137.0	100.0	87.0	81.5	
ETR	(mm)	54.36	130.15	115.00	65.25	61.13	
PE	(mm)	56.0	11.1	82.2	78.0	69.2	
Demanda unitaria neta	m <sup>3</sup> /ha	-16.40	1190.50	328.00	-127.50	-80.75	1518.50
Eficiencia de riego	%	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
Demanda bruta de agua	m <sup>3</sup> /ha	-18.22	1322.78	364.44	-141.67	-89.72	1687.22
Dias por mes	días	30	31	31	28	31	
Jornada de riego	horas	24	24	24	24	24	
MODULO DE RIEGO	l/s/ha	0.00	0.49	0.14	0.00	0.00	

Según los datos de la tabla, al utilizar el cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) mediante el método empírico de Hargreaves y aplicando criterios de eficiencia de riego del 90% con un sistema de riego automático, se determina que el requerimiento total de riego sería de 1.518,50 m<sup>3</sup>/ha.

### 3.1.2. Cálculo de demanda de agua utilizando CROPWAT 8.0

#### a) Cálculo de la evapotranspiración potencial (ET<sub>o</sub>)

Para el cálculo de la Evapotranspiración Potencial, emplearemos datos obtenidos en base al Anexo D de:

- Altitud (m)
- Latitud (°S); (°N)
- Longitud (°E); (°O)
- Temperatura máxima (°C)
- Temperatura mínima (°C)
- Humedad relativa (%)
- Velocidad del viento (km/día)

**Tabla 3.4**

*Cálculo de la evapotranspiración potencial ETo mediante Cropwat*

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	11.4	23.8	89	2.0	7.7	22.3	4.08
Febrero	10.9	24.1	89	3.0	7.4	21.7	3.95
Marzo	11.3	22.8	90	2.0	7.0	20.2	3.58
Abril	10.3	23.4	90	2.0	7.9	19.7	3.43
Mayo	8.3	23.8	88	2.0	7.3	16.9	3.01
Junio	7.8	24.1	87	2.0	9.6	18.7	3.14
Julio	6.9	24.3	85	1.0	8.2	17.5	2.95
Agosto	9.1	25.1	84	2.0	8.6	19.8	3.58
Septiembre	10.3	24.8	78	2.0	9.0	22.4	4.19
Octubre	11.2	27.0	76	3.0	8.2	22.5	4.77
Noviembre	11.2	25.5	78	2.0	9.5	25.0	4.84
Diciembre	11.5	25.1	80	3.0	8.4	23.4	4.60
<b>Promedio</b>	<b>10.0</b>	<b>24.5</b>	<b>85</b>	<b>2.2</b>	<b>8.2</b>	<b>20.9</b>	<b>3.85</b>

El promedio de la evapotranspiración potencial anual obtenida es 3.85 mm/día.

**Tabla 3.5**

*Cálculo de la precipitación efectiva Cropwat 8.0*

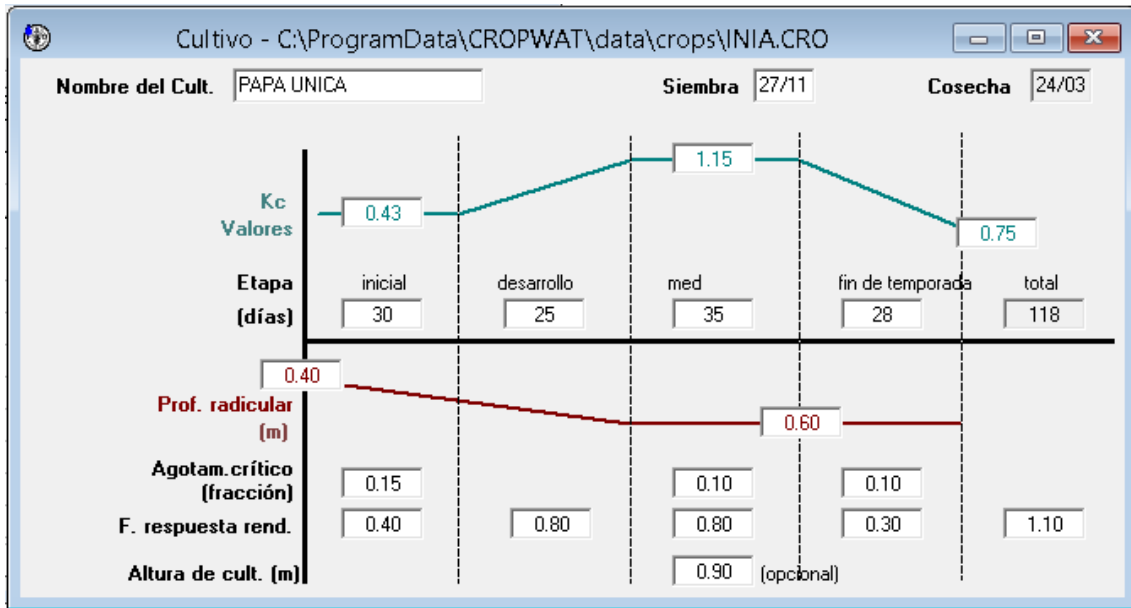
	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	88.8	82.2
Febrero	82.9	78.0
Marzo	98.9	89.2
Abril	137.7	116.4
Mayo	11.8	0.9
Junio	1.4	0.0
Julio	3.4	0.0
Agosto	3.4	0.0
Septiembre	1.6	0.0
Octubre	24.3	7.2
Noviembre	51.4	56.0
Diciembre	32.2	11.1
<b>Total</b>	<b>537.8</b>	<b>440.9</b>

La precipitación efectiva anual obtenida es de 440.9 mm.

*Datos del cultivo y de la fecha de siembra.* Para calcular la dosis de riego adecuada y determinar la cantidad de agua requerida para el cultivo, es necesario ingresar los datos correspondientes del tipo de cultivo en el software Cropwat 8.0. Estos datos están previamente programados en el software. Para este estudio en particular, se ingresaron los datos necesarios, cuyo resultado se muestra en la figura 3.1.

**Figura 3.1**

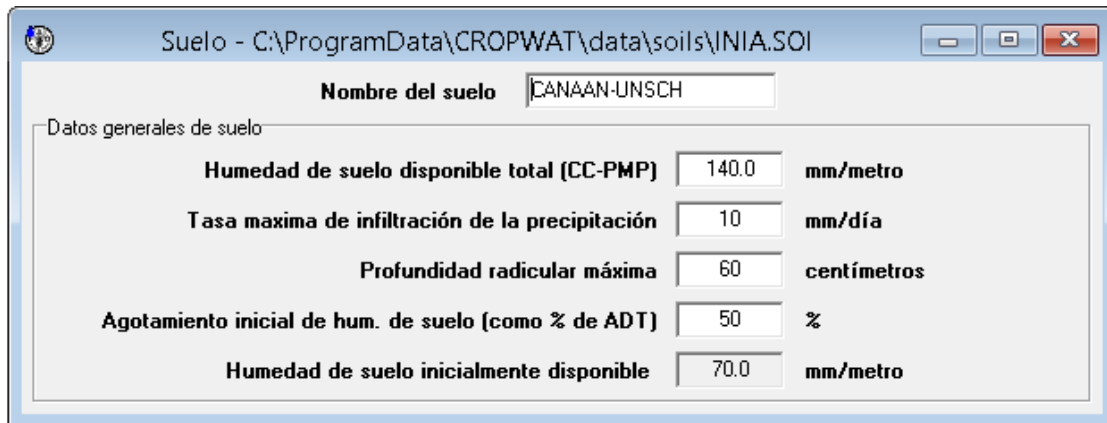
*Datos requeridos para la papa en base a su fecha de siembra*



**Datos de suelo.** La inclusión de los datos de suelo resulta fundamental en la programación de riego. En este sentido, hemos ingresado los datos recomendados por el software Cropwat 8.0, específicamente para suelos franco arenosos, con el propósito de optimizar la planificación del riego.

**Figura 3.2**

*Datos de suelo franco arenoso proporcionados por Cropwat 8.0*



**Cálculo del requerimiento de agua del cultivo.** El cálculo del requerimiento de agua del cultivo se realiza utilizando el software Cropwat 8.0, el cual nos permite determinar el consumo de agua necesario para cada mes, específicamente para el cultivo de papa en nuestro caso. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla 3.6**

*Requerimiento hídrico de la papa de acuerdo a Cropwat 8.0*

Requerimiento de Agua del Cultivo							
Estación ETo			INIA-Ayacucho		Cultivo		PAPA UNICA
Est. de lluvia			INIA		Fecha de siembra		27/11
Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req. Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0.43	2.05	8.2	6.6	0.0
Dic	1	Inic	0.43	2.01	20.1	4.6	15.6
Dic	2	Inic	0.43	1.98	19.8	0.0	19.8
Dic	3	Des	0.47	2.08	22.9	6.7	16.2
Ene	1	Des	0.74	3.16	31.6	21.9	9.7
Ene	2	Des	1.04	4.24	42.4	30.9	11.4
Ene	3	Med	1.17	4.73	52.0	29.3	22.7
Feb	1	Med	1.17	4.68	46.8	26.0	20.8
Feb	2	Med	1.17	4.62	46.2	25.3	20.9
Feb	3	Fin	1.15	4.41	35.3	26.8	8.5
Mar	1	Fin	1.03	3.81	38.1	28.0	10.0
Mar	2	Fin	0.88	3.14	31.4	29.0	2.3
Mar	3	Fin	0.77	2.72	10.9	11.7	0.0
					<b>405.6</b>	<b>246.9</b>	<b>158.0</b>

De la tabla anterior se deduce que el requerimiento del agua del cultivo de 158 mm, equivalente a 1580 m<sup>3</sup>/ha, bajo las condiciones climáticas de la zona de Canaán.

### 3.1.3. Volumen de agua disponible total en la capa de raíces

#### a) Disponibilidad de humedad en el suelo con sensores

El monitoreo de la disponibilidad de humedad en el suelo mediante sensores a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo de papa, variedad Unica, se ha realizado un control diario de la humedad del suelo utilizando sensores. En la tabla que se muestra a continuación se presentan los registros correspondientes a distintas fechas. Se observa que la humedad registrada se ha mantenido por encima de la capacidad de campo, lo cual indica que el riego por goteo ha sido continuo y automatizado.

**Tabla 3.7***Humedad del suelo medido con sensor*

Semana	Mes	Fecha Control	Fecha Control	Humedad Suelo	C.C	P.M
1	Nov-Dic	27/11/2021	05/12/2021	31.78	30.6	16.6
2	Dic	06/12/2021	12/12/2021	32.07	30.6	16.6
3		13/12/2021	19/12/2021	31.62	30.6	16.6
4		20/12/2021	26/12/2021	31.62	30.6	16.6
5	Dic-Ene	27/12/2021	02/01/2022	30.43	30.6	16.6
6	Ene	03/01/2022	09/01/2022	30.84	30.6	16.6
7		10/01/2022	16/01/2022	30.80	30.6	16.6
8		17/01/2022	23/01/2022	31.81	30.6	16.6
9		24/01/2022	30/01/2022	30.21	30.6	16.6
10	Ene-Feb	31/01/2022	06/02/2022	30.09	30.6	16.6
11	Feb	07/02/2022	13/02/2022	30.10	30.6	16.6
12		14/02/2022	20/02/2022	29.77	30.6	16.6
13		21/02/2022	27/02/2022	31.73	30.6	16.6
14	Feb-Mar	28/02/2022	06/03/2022	30.04	30.6	16.6
15	Mar	07/08/2022	13/03/2022	29.96	30.6	16.6
16		14/03/2022	20/03/2022	29.92	30.6	16.6
17		21/03/2022	27/03/2022	29.55	30.6	16.6
<b>Promedio</b>				<b>30.80</b>		

**b) Volumen de agua disponible total en la capa de raíces**

$$L_F = f * (\theta_{mcc} - \theta_{mpmp}) * \frac{D_{ap} * Prof}{\rho_w}$$

Lf = ?,

CC = 30.6 %;

PMP = 16.6 %;

f = 0.25;

Dap = 1.38 gr/cc

Prof = 0.60m

Lf = 11.592. cm (Sin coeficiente de agotamiento)

Lf= 115.92 mm

En consecuencia, el cultivo de la papa tuvo un volumen de agua disponible de 1159.2 m<sup>3</sup>/ha

Los resultados obtenidos revelan que el suelo posee una humedad a capacidad de campo del 30,60% y una humedad al punto de marchitez permanente del 16,60%. Además, el promedio de humedad del suelo medido mediante sensores a lo largo de toda la temporada es del 30,80%. Estos valores indican que el cultivo de papa ha mantenido una humedad cercana a la capacidad de campo durante todo el ciclo.

Como resultado, se estima una lámina final de riego de 115,92 mm, lo que equivale a una demanda total de agua de 1159,20 m<sup>3</sup>/ha.

En conclusión, al comparar los cálculos de la demanda de agua para el cultivo de papa variedad Unica mediante métodos empíricos y la medición directa de humedad con sensores, se observa una diferencia significativa. El uso del sensor proporciona de manera objetiva el volumen de agua almacenado en la zona de raíces del cultivo, lo que permite optimizar el suministro de agua al perfil del suelo. Además, los resultados indican que el requerimiento estimado es mayor en comparación con la medición directa de humedad. Esto demuestra que el uso de sensores puede ayudarnos a ahorrar agua de manera efectiva.

### **3.2. Determinación del rendimiento por efecto del riego por goteo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). V. Unica en el Centro experimental de la UNSCH, 2022**

Con el fin de determinar el rendimiento del cultivo de papa variedad UNICA, se realizaron evaluaciones en la cosecha, enfocándose en el número de tubérculos por planta (Tabla 3.8) y el peso de los tubérculos por planta (Tabla 3.10). Además, se llevó a cabo el análisis de varianza correspondiente a estos datos (Tabla 3.9 y Tabla 3.11). Estas evaluaciones se realizaron en los surcos tratados con los fertilizantes empleados.

**Tabla 3.8**

*Numero de tubérculos por planta de la papa variedad UNICA*

<b>Tratamientos</b>	<b>Bloques</b>					
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
Guano de isla	9	13	8	10	12	10
Aporcador	8	10	7	7	8	9
Guano de isla + Aporcador	12	8	8	13	9	13
Sin Fertilizante	5	6	3	6	5	4

**Tabla 3.9**

*Análisis de Varianza del número de tubérculos/planta para un diseño de bloques completamente al azar del cultivo de papa variedad UNICA*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<math>\alpha</math></b>
Tratamientos	3	20.208	41.819	15.57	3.29
Bloques	5	20.208	4.0417		
Error	15	2.6861	2.6861		
Total	23	185.96			

En el ANVA el resultado nos muestra que el  $F_c = 15.57 > F_{0.05 (3,15)} = 3.29$ , concluimos que al menos uno de los tratamiento de fertilizantes son diferentes con  $\alpha = 0.05$ , y por tanto influyen en tener variación en el número de tubérculos/planta.

**Tabla 3.10**

*Peso del número de tubérculo /planta del cultivo de la papa variedad UNICA*

<b>Tratamientos</b>	<b>Bloques</b>					
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>
Guano de isla	2.06	2.98	1.83	2.29	2.75	2.29
Aporcador	2.01	1.61	2.30	2.30	2.01	1.79
Guano de isla + Aporcador	1.67	2.51	2.51	1.54	2.23	1.54
Sin Fertilizante	1.03	0.86	1.72	0.86	1.03	1.29

**Tabla 3.11**

*Análisis de Varianza del número de tubérculos/planta para un diseño de bloques completamente al azar del cultivo de papa variedad UNICA*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<math>\alpha</math></b>
Tratamientos	3	4.938	0.988	6.36	3.29
Bloques	5	0.586	0.195	1.26	
Error	15	2.331	0.155		
Total	23	7.855			

En el ANVA el resultado nos muestra que el  $F_c = 15.57 > F_{0.05 (3,15)} = 3.29$ , concluimos que al menos uno de los tratamiento de fertilizantes son diferentes con  $\alpha = 0.05$  en el rendimiento en Kg/ha de la papa variedad UNICA.



**Tabla 3.12***Rendimiento del cultivo de papa variedad UNICA*

<b>Fertilizantes</b>	<b>Rendimiento Promedio papa V.UNICA</b>		
	<b>N° Tuber/planta</b>	<b>peso (kg/Planta)</b>	<b>Kg/ha</b>
Guano de isla	10	2.367	14791.67
Aporcador	8	2.000	12500.00
Guano de isla + Aporcador	11	2.000	12500.00
Sin Fertilizante	5	1.133	7083.33

Los resultados presentados en la Tabla 3.12 muestran que el rendimiento del cultivo de papa variedad UNICA es influenciado por el uso de diferentes fuentes de fertilizantes. Se observa que el guano de isla produce los mejores resultados, a pesar de que se haya aplicado la misma lámina de agua mediante un sistema de riego por goteo automatizado. Estas conclusiones contrastan con lo indicado por Villagarcía (1987), quien encontró que la papa se beneficia del estercolado, ya que mejoró las condiciones físicas del suelo y, por consiguiente, el desarrollo de los tubérculos.

## CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que el rendimiento de la variedad UNICA de papa (*Solanum tuberosum*) se ve influenciado por el uso de diferentes fuentes de fertilizantes. Entre las opciones evaluadas, se encontró que el guano de isla produce los mejores resultados en términos de rendimiento, cuando se utiliza la misma cantidad de agua a través de un sistema de riego automático. Esto sugiere que el guano de isla puede ser una opción efectiva para maximizar la producción de papa bajo estas condiciones.
2. Mediante el uso de métodos empíricos para el cálculo de la evapotranspiración potencial, se determinó la demanda de agua de la variedad UNICA de papa en el campo experimental de la UNSCH. Los resultados obtenidos fueron de 1518,50 m<sup>3</sup>/ha con el método Hargreaves y de 1580 m<sup>3</sup>/ha con el método CROPWAT 8.0. Además, utilizando la cantidad de humedad con sensores, se mejorará el suministro de agua mediante un sistema de riego por goteo automatizado con una lámina de agua disponible neta de 1159,2 m<sup>3</sup>/ha. Estos resultados son importantes para establecer pautas de riego y garantizar un suministro adecuado de agua a los cultivos de papa.
3. Se ha determinado el impacto del riego por goteo automatizado en el rendimiento del cultivo de papa de la variedad UNICA. Mediante un diseño de bloques completamente al azar y la aplicación de tratamientos de fertilizantes, se realizó un análisis de varianza que reveló diferencias significativas en el rendimiento del cultivo. Los resultados muestran que al aplicar guano de islas, el aporcador o una combinación de ambos, se obtuvieron rendimientos de 14791.67 kg/ha, 12500 kg/ha y 12500 kg/ha respectivamente. Estos destacan la importancia de seleccionar adecuadamente los fertilizantes y de implementar un sistema de riego por goteo automatizado para optimizar la producción de papa.

## **RECOMENDACIONES**

1. A partir de las experiencias observadas en el presente trabajo con el sistema de riego por goteo automatizado, se concluye que es fácil controlar la humedad requerida por los cultivos. Por lo tanto, se recomienda la automatización de este sistema en todo el campo experimental de Canaán. Esto permitirá optimizar el uso del agua y garantizar un suministro adecuado para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.
2. Con el fin de ampliar el conocimiento y proporcionar guías de información adicional, se sugiere realizar trabajos similares con otras variedades de papas y diferentes cultivos, utilizando los fertilizantes más utilizados en la región de Ayacucho. Esto permitirá obtener resultados comparativos y brindar recomendaciones específicas para cada tipo de cultivo, teniendo en cuenta las condiciones y prácticas agrícolas locales.
3. Se recomienda llevar a cabo estudios similares en condiciones ambientales que abarquen tanto periodos secos como periodos húmedos. Esto ayudará a evaluar si existen diferencias significativas en los resultados obtenidos bajo estas dos condiciones climáticas. La comparación podrá comprender mejor cómo se comporta el sistema de riego por goteo automatizado en diferentes escenarios y ajustar las prácticas de riego en consecuencia.
4. Además, se sugiere realizar investigaciones que evalúen los sistemas de riego por gravedad y los sistemas de riego presurizado como variables de estudio. Esto permitirá comparar y contrastar los beneficios, limitaciones y eficiencia de ambos sistemas en relación con el riego por goteo automático. Estos estudios mejorarán la información valiosa para los agricultores y ayudarán a seleccionar el sistema de riego más adecuado según las características del terreno y los recursos disponibles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

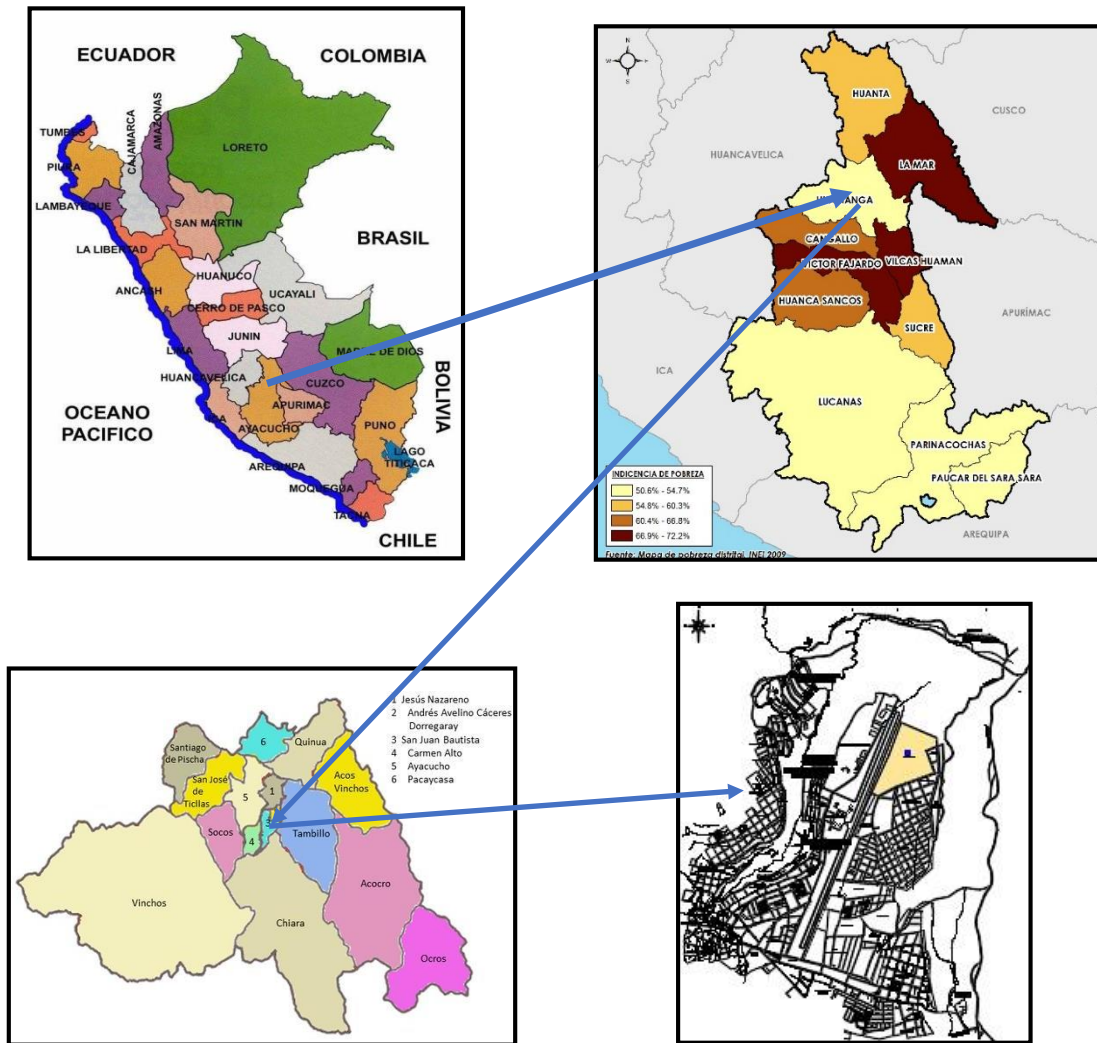
- Álvarez E. (2010). Fraccionamiento en dos y tres partes del tubérculo- semilla y tres fuentes cicatrizantes en papa (*Solanum tuberosum* L.) cv. Unica con manejo orgánico. Tesis Ing. Agr. Arequipa- Perú. Universidad Nacional de San Agustín.
- Arteaga, G, (2021). *Respuesta del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) variedad Superchola a la aplicación de cinco soluciones nutritivas mediante fertirriego*, Tesis. Universidad Central del Ecuador, Quito. Ecuador.
- Angulo, N. (2015). Rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) con aplicación de fósforo, magnesio y silicio. Manallasacc a 3450 msnm, Ayacucho. UNSCH
- Bernuy, P. (2018). Escenarios de cambio climático en la huella hídrica verde del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en Huaros - provincia de Canta.
- Borrero, C. A. (2008) *Institución educativa La Torre Gómez del Municipio del El Retorno Guaviare* Colombia.
- Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/abonosorganicos.html> (Consultado en abril 2014)
- Castañón, G. (2000). Ingeniería del Riego. Utilización Racional del Agua. Madrid, España: Spain Paraninfo S.A.
- CIP (2007) Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. An international cooperators' guide. Centro Internacional de la Papa -CIP. Lima, Perú. 126 p. Disponible en: <http://www.cipotato.org/publications/pdf/003875.pdf> (Consultado en noviembre de 2010)
- Farfán, C. (2002) Caracterización de Fuentes Orgánicas para uso en sistemas de la Agricultura Urbana, Curso de continuación de estudios “Agricultura orgánica y Gestión en agro negocios” monografía previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. La Habana – Cuba 2002 pp. 17 – 33.
- FAO. (2006). Boletín 56, estudio Riego y Drenaje.
- Fuentes, L. (2003). Técnicas de riego. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Garrafa, N. (2017). Calculo de la demanda hídrica en el cultivo de papa variedad canchan (*Solanum tuberosum*) bajo riego por goteo en condiciones del Centro Agronómico Kayra-San Jerónimo Cusco. UNSAC. Tesis
- Gutiérrez, R. O. (2007) «UNICA: variedad Peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climática adversas. Revista Latinoamericana de la Papa, 2007: 41-49.

- Hargreaves, G.H. & Merkle G.P. (2000). Fundamentos del Riego. Estados Unidos. Water Resources Publications.
- Herrera, M. (2021). Evaluación de la huella hídrica del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en la región Puno, 2019 - 2020. Universidad Privada San Carlos
- Horton, D. E. (1992) La papa. Producción, comercialización y programas CIP Lima y Hemisferio Sur, Montevideo.
- Losada, V.A. (2009). Fundamentos hidráulicos. (4ta ed.). Madrid, España: Mundi-prensa.
- MARTINEZ B.L. (1998). Manual de Fertirrigación, Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación Intihuasi. Chile: Cromograf Ltda.
- Martínez, L. (2001). Manual de operación y mantención de equipos de riego presurizado. Gobierno Regional de Atacama. Comisión Nacional de Riego e Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Huasco, Chile: Vallenar.
- Minag. (2012). Papa INIA 303- Canchan. (En línea). Instituto Nacional de Innovación Agraria. Consultado 1 de Oct 2016. Disponible en [http://www.inia.gob.pe/images/ProductosServicios/publicacion/Tripticos/TRIPTIC OS\\_PDF\\_2012/02%20PAPA%20INIA%20303%20-%20CANCHAN%20\(REEDIC\).pdf](http://www.inia.gob.pe/images/ProductosServicios/publicacion/Tripticos/TRIPTIC OS_PDF_2012/02%20PAPA%20INIA%20303%20-%20CANCHAN%20(REEDIC).pdf)
- OLARTE H.W. (1987). Manual de Riego por Gravedad, Serie Manuales Técnicos N°1, Comisión de Coordinación de Tecnología Andina (CCTA). Lima.
- Parsons, M. (1989) Manual para la educación agropecuaria de “PAPAS”, Editorial Trillas, SA de CV. México, D.F.
- PIZARRO C.F. (1996). Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLF), Goteo, Micro aspersión, Exudación (3ra ed.). España: Prensa. Bilbao.
- Razuri, R. (1988). Diseño de riego por goteo. Centro Interamericano de desarrollo integral de aguas tierras. 167 p.
- Revista Latinoamericana de la Papa. (2007). UNICA: variedad Peruana para mercado fresco y papa frita con tolerancia y resistencia para condiciones climáticas adversas, pág. 41-50.
- Santos, L et al. (2010). El Riego y sus Tecnologías. UCLM.
- Shock, C.C. & Feibert, E.B.G. (2002). Deficit irrigation of potato. in P. Moutonnet (ed) Deficit irrigation Practices. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Water Reports 22:47-55.

- Torres Huaranca, F. J. (2019). Análisis De La Huella Hídrica Verde En La Producción De La Papa Ante Los Efectos Del Cambio Climático En La Subcuenca Del Río Buin, 2013- 2017. Huaraz.
- Vermeiren, L. & Jobling, G.A. (1980). Localized irrigation: design, installation, operation, evaluation. Irrigation and Drainage paper N°36. FAO Rome. 203 pp.
- Villagarcia, H. S. (1987) La fertilización del cultivo de la papa. Lima Perú- Dpto. de fisiología. UNA – CIP

# ANEXOS

## Anexo 1. Ubicación geográfica del proyecto



## Anexo 2. Vías de comunicación distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Origen	Destino	Nº km	Tiempo	Tipo de carretera
Ayacucho	Andrés Avelino Cáceres Dorregaray	0.5km	15 min	Afirmada



### Anexo 3. Resultado del análisis físico y químico del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA  
**LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR**  
 Jr. Abraham Valdelomar N°249-Telf. 315936 966942996  
 Ayacucho-Perú  
 "Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Región : Ayacucho HR. 00804  
 Provincia : Huamanga  
 Distrito : Andrés Avelino Cáceres D.  
 Localidad : C.E. Canaán  
 Proyecto : Tesis: "Implementación y Monitoreo Con Tecnología Arduino para Automatización de Riego Tecnificado en el centro Experimental Canaán UNSCH - Ayacucho 2021"  
 Solicitante : Sr. Juan Carlos Ludeña Aguilar

#### ANALISIS DE CARACTERIZACION

Muestra Calicata	Análisis Granulométrico (%)			Clase Textural	PH (H <sub>2</sub> O) 1:2.5	C.E. (dS/m) 1:1	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O. (%)	Nt (%)	Cationes cambiabiles (Cmol(+)/kg)							C.I.C (Cmol(+)/kg)	
	Arena	Limo	Arcilla							P	K	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>		H <sup>+</sup>
01	38.4	28.4	33.3	Fr-Ar	7.45	1.72	0.0	2.25	0.11	37.8	152.2	14.3	6.4	0.78	0.68	0.0	0.0	34.9

Ayacucho, 17 de diciembre del 2021.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS  
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES  
 RESPONSABLE  
  
 Juan B. Girón Molina  
 C.I.P. 77120

Ao: Arenoso; AoFr: Arena franca; FrAo: Franco Arenosos; Fr: Franco; FrL: Franco Limoso; L: Limoso; FrArAo: Franco arcilloso arenoso; FrAr: Franco arcilloso; FrAr: Franco arcillosos; FrArL: Franco arcilloso limos; ArAo: arcillo arenoso; ArL: Arcillo limoso; Ar: Arcilloso



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA  
**LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR**

Jr. Abraham Valdelomar N°249-Telf. 315936 966942996

Ayacucho-Perú

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Provincia : Huamanga  
Distrito : Andrés Avelino Cáceres D.  
Localidad : C.E. Canaán  
Proyecto : Tesis: "Implementación y Monitoreo Con Tecnología Arduino para  
Automatización de Riego Tecnificado en el centro Experimental Canaán UNSCH  
- Ayacucho 2021"  
Solicitante : Sr. Juan Carlos Ludeña Aguilar

### ANALISIS FISICO DE SUELO

Muestra Caficata	Análisis Granulométrico			Clase Textural	Densidad Aparente (g/cc)	Capacidad de campo (%)	Punto de Marchites (%)
	% Arena	%limo	%Arcilla				
01	38.4	28.4	33.3	Fr-Ar	1.38	30.6	16.6

Ayacucho, 17 de diciembre del 2021.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS  
PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES  
RESPONSABLE  
  
Juan B. Gurón Molina  
C.I.P. 77120



### Anexo 4. Datos de estación meteorológica INIA CANAAN



**GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO**  
GERENCIA GENERAL DE INFRAESTRUCTURA  
COORDINACION DE ACTIVIDADES

CODIGO DE DATOS: **002-22**

Estación: **INIA CANAAN**  
COD. **031**  
RED HIDROMETEOROLOGICA  
Latitud : 13° 10' 00.06" S Dptp : AYACUCHO  
Longitud : 74° 12' 22.92" W Prov. : HUAMANGA  
Altitud : 2735 Dist. : AYACUCHO

FECHA: Ayacucho 16 de febrero del 2022

Registro de Temperaturas Máximas Absolutas Diarias (°C) - Estación INIA CANAAN

DIAS	MESES											
	Ene	Feb.	Mar.	Abril	May.	Jun	Jul	Agos	Set.	Oct	Nov.	Dic
01	24.6	25.8	23.8	23.4	24.6	26.0	23.2	23.4	25.6	27.4	23.8	20.6
02	24.8	25.8	22.6	24.6	24.8	26.2	22.8	22.8	26.4	27.2	27.2	23.8
03	20.0	22.2	21.6	21.4	25.2	24.6	23.6	22.4	26.4	26.8	26.4	24.6
04	24.4	21.6	23.4	22.8	24.6	24.8	23.8	21.8	27.2	27.6	26.8	20.2
05	23.6	25.0	24.2	22.8	24.0	25.0	24.2	23.8	25.2	21.6	27.6	24.2
06	24.2	24.8	21.8	22.6	25.0	19.6	24.4	24.6	20.8	24.2	27.6	19.6
07	24.2	23.6	25.2	22.8	24.4	24.0	24.2	25.4	24.2	25.2	28.4	24.0
08	24.6	22.6	22.0	20.8	24.8	22.0	24.2	25.4	23.6	24.2	28.0	25.4
09	21.6	25.0	21.8	16.6	23.4	24.8	25.2	25.8	25.0	26.4	28.6	23.6
10	24.6	22.0	18.6	23.0	23.8	24.8	25.0	24.0	25.4	27.8	28.8	25.8
11	24.6	23.2	22.8	20.4	24.6	22.4	22.4	21.8	25.0	25.8	27.8	27.2
12	24.8	23.8	24.0	22.0	21.6	22.6	24.6	25.4	25.2	27.8	21.4	26.4
13	21.6	24.0	22.4	22.4	23.6	24.8	25.6	25.6	27.0	29.6	26.2	27.4
14	24.2	26.0	21.8	23.2	23.8	24.6	23.4	26.0	27.2	29.2	28.4	26.2
15	24.8	24.6	22.8	24.8	24.2	23.8	25.6	25.8	20.4	28.4	27.8	26.4
16	21.8	25.6	25.2	25.0	23.4	23.4	25.2	25.2	22.8	27.8	28.8	25.6
17	24.8	26.2	22.8	25.4	23.6	21.6	26.4	25.8	24.4	27.0	30.2	26.4
18	25.2	24.8	23.8	25.4	24.8	23.8	23.0	24.6	24.4	28.2	27.8	26.8
19	21.8	26.2	23.4	25.8	25.2	24.6	24.0	26.4	25.8	24.8	26.2	27.2
20	23.8	25.2	25.2	23.2	25.6	24.8	22.2	26.6	23.6	27.4	20.4	27.6
21	22.4	22.4	19.6	25.4	26.0	24.4	24.0	24.2	25.8	29.8	23.4	28.6
22	23.0	21.8	22.2	23.8	25.4	24.6	24.4	25.6	26.2	26.2	26.8	27.2
23	24.2	24.2	20.2	24.4	24.6	25.2	25.2	27.0	19.6	29.2	24.0	27.0
24	23.8	21.2	22.4	25.0	18.2	25.6	25.8	25.8	24.8	30.6	21.0	22.0
25	23.4	25.6	23.4	24.2	18.4	24.6	24.6	27.4	25.0	28.8	25.0	25.8
26	22.6	25.4	25.0	24.6	18.0	23.8	25.2	25.6	27.0	28.4	23.4	27.4
27	26.6	23.2	24.8	24.4	23.2	24.8	24.8	24.0	25.6	27.8	16.2	27.6
28	25.6	23.6	23.2	23.0	25.0	24.8	23.4	26.4	27.0	23.6	21.4	23.0
29	26.2		22.6	23.6	24.8	23.6	24.6	26.6	23.0	22.0	22.6	24.4
30	21.2		20.2	24.6	24.8	24.4	24.2	25.4	25.0	28.0	21.8	22.8
31	25.0		22.8		23.8		24.0	26.6		26.8		24.6
MAX	26.6	26.2	25.2	25.8	26.0	26.2	26.4	27.4	27.2	30.6	30.2	28.6
MEDIA	23.8	24.1	22.8	23.4	23.8	24.1	24.3	25.1	24.8	27.0	25.5	25.1
MINIMA	20.0	21.2	18.6	16.6	18.0	19.6	22.2	21.8	19.6	21.6	16.2	19.6

Registro de Temperaturas Mínimas Diarias (°C) - Estación INIA CANAAN

DIAS	MESES											
	Ene	Feb.	Mar.	Abril	May.	Jun	Jul	Agos	Set.	Oct	Nov.	Dic
01	12.6	11.0	12.8	10.4	8.4	8.0	5.6	12.4	8.0	10.2	8.8	12.0
02	13.6	12.0	11.0	11.0	7.6	6.8	4.4	11.2	9.0	8.8	10.2	10.4
03	11.0	12.2	11.2	12.2	6.8	8.4	4.2	11.0	8.0	10.0	9.6	9.6
04	10.8	9.8	11.2	12.8	10.0	9.0	4.4	11.8	10.0	10.8	11.2	11.6
05	10.6	12.2	12.4	11.0	8.6	6.6	4.0	5.0	12.2	13.8	9.2	11.0
06	12.8	12.2	11.8	11.8	10.4	6.8	5.6	6.2	8.6	10.6	9.4	10.6
07	9.8	11.8	12.0	12.8	10.8	6.4	5.4	7.0	9.2	11.4	10.0	11.6
08	11.2	11.2	10.8	10.8	11.2	6.4	4.8	7.2	10.0	12.8	11.4	10.6
09	9.2	11.8	11.0	10.8	7.0	7.8	5.8	7.0	10.4	14.2	11.6	12.2
10	13.6	12.0	10.2	11.2	5.8	7.0	6.4	6.4	10.4	13.6	10.4	12.0
11	9.6	10.8	9.6	10.8	6.8	7.8	7.0	6.6	10.6	10.8	12.2	12.6
12	12.6	10.0	11.4	11.2	5.6	8.4	7.8	8.4	10.2	9.4	13.4	10.2
13	8.6	9.8	11.0	11.6	8.4	7.8	7.4	8.4	10.4	11.6	12.2	12.6
14	13.6	8.8	12.0	10.2	11.8	7.4	7.6	10.2	11.4	12.2	12.2	9.6
15	13.4	9.2	11.8	10.6	6.8	8.4	7.8	10.0	13.4	12.0	13.4	12.0
16	10.8	8.4	12.6	10.8	6.6	7.0	7.6	7.0	11.6	11.2	12.4	13.2
17	11.2	7.8	10.4	9.0	5.4	8.8	7.8	8.4	12.0	10.8	12.6	12.4
18	11.4	7.6	10.6	9.0	9.0	10.0	7.2	8.4	8.0	11.0	11.8	12.2
19	7.4	6.8	11.2	9.2	6.2	9.6	8.4	8.2	10.8	14.0	10.4	10.0
20	13.6	11.8	8.2	8.2	8.6	9.2	7.0	7.8	8.8	9.0	9.0	13.0
21	12.8	11.2	11.4	8.0	9.0	8.2	6.8	8.6	9.2	10.8	10.6	10.8
22	11.6	12.4	11.4	7.8	10.0	7.8	6.4	8.0	13.6	10.0	11.8	9.8
23	12.6	12.6	10.4	8.8	10.2	7.2	6.0	8.6	11.2	10.2	11.0	10.0
24	12.8	12.8	10.2	8.8	8.8	7.8	6.2	10.8	13.4	10.8	11.0	11.8
25	11.4	12.0	11.4	10.0	8.4	6.8	7.8	8.8	9.4	12.0	12.6	13.4
26	12.0	11.4	11.0	11.2	7.4	6.2	6.4	11.0	9.4	12.0	13.6	8.8
27	10.6	11.6	13.0	7.6	8.0	7.2	7.4	12.4	12.0	9.6	11.8	12.8
28	11.4	13.2	13.2	9.6	7.2	6.8	9.2	9.2	9.6	12.6	10.0	12.2
29	10.0		13.8	10.2	6.8	9.0	9.2	11.0	9.8	11.8	11.8	13.6
30	12.2		11.2	10.8	9.2	8.4	10.2	12.6	8.6	8.4	11.4	12.4
31	9.2		11.0		10.0		12.8	11.6		10.2		12.2
MAX	13.6	13.2	13.8	12.8	11.8	10.0	12.8	12.6	13.6	14.2	13.6	13.6
MEDIA	11.4	10.9	11.3	10.3	8.3	7.8	6.9	9.1	10.3	11.2	11.2	11.5
MINIMA	7.4	6.8	8.2	7.6	5.4	6.2	4.0	5.0	8.0	8.4	8.8	8.8

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
Proyecto Infraproyecto para la Red de Estaciones Meteorológicas de Ayacucho

Ing. Flor Vargas Jari  
Resp. DE RED HIDROMETEOROLOGICA

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
Oficina de Coordinación de Actividades - OFICIA

Ing. Demetrio Vargas Pérez  
RESPONSABLE DE RED HIDROMETEOROLOGICA





**GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO**  
**GERENCIA GENERAL DE INFRAESTRUCTURA**  
**COORDINACION DE ACTIVIDADES**

**CODIGO DE DATOS:** **002-22**

Estación : **INIA CANAAN**  
**CODIGO 031**

RED HIDROMETEOROLOGICA  
 Latitud : 13° 10' 00.06" S Dpto : AYACUCHO  
 Longitud : 74° 12' 22.92" W Prov. : HUAMANGA  
 Altitud : 2735 Dist. : AYACUCHO

FECHA: Ayacucho 16 de febrero del 2022

Registro de Precipitación acumulada diario/ mensuales (mm \*m2) - Estación INIA CANAAN

Registro de Humedades Relativas Diarias (%) - Estación INIA CANAAN

AÑOS	MESES											
	Ene	Feb.	Mar.	Abri	May.	Jun	Jul	Agos	Set.	Oct	Nov.	Dic
01	0.0	0.0	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	1.0
02	14.1	1.8	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6
03	7.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
04	12.8	0.0	0.0	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0
05	0.0	0.0	3.6	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	6.1	3.6	0.0
06	11.5	16.8	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
07	0.0	21.3	19.4	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	4.3	0.0	0.0
08	1.9	4.3	0.0	41.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
09	0.0	1.4	12.4	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.6
10	0.0	6.4	0.0	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
11	0.0	2.8	0.8	4.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	3.2	0.0	3.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1.6	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	2.1	0.0	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.9
17	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0
18	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	2.7	5.2	0.0
20	1.6	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0
21	2.5	2.3	0.0	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0
22	0.0	4.5	8.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
23	0.9	1.9	1.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.4	2.4	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0
25	12.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	9.9
26	0.9	1.5	0.0	12.5	0.0	0.0	0.4	3.0	0.0	0.0	5.7	0.0
27	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.2	0.0	0.0	9.6	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.2	1.5
29	0.0		4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6	6.0
30	1.9		3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2
31	0.0		4.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5		0.0
<b>TOTAL</b>	<b>88.8</b>	<b>82.9</b>	<b>98.9</b>	<b>137.7</b>	<b>11.8</b>	<b>1.4</b>	<b>3.4</b>	<b>3.4</b>	<b>1.6</b>	<b>24.3</b>	<b>51.4</b>	<b>32.2</b>
<b>MAX</b>	<b>14.1</b>	<b>21.3</b>	<b>19.4</b>	<b>41.5</b>	<b>9.2</b>	<b>1.2</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>1.2</b>	<b>6.1</b>	<b>14.6</b>	<b>9.9</b>
<b>PROM.</b>	<b>2.9</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>	<b>4.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.0</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.8</b>	<b>1.7</b>	<b>1.0</b>

AÑOS	MESES											
	Ene	Feb.	Mar.	Abri	May.	Jun	Jul	Agos	Set.	Oct	Nov.	Dic
01	92	86	88	89	87	84	85	88	74	74	81	88
02	88	88	92	91	88	87	84	85	78	77	76	85
03	95	92	90	90	89	89	82	85	77	74	74	82
04	94	89	92	89	88	88	84	87	81	73	79	89
05	92	88	89	91	86	89	83	84	78	85	76	83
06	85	88	87	92	90	87	86	83	86	84	74	87
07	89	92	88	89	89	88	86	83	83	79	72	84
08	86	93	95	91	89	86	87	83	85	81	73	84
09	87	88	90	95	87	88	83	85	80	76	74	86
10	83	92	92	92	90	87	86	84	76	73	71	86
11	86	93	89	94	88	88	86	86	77	83	71	75
12	83	90	86	92	87	88	85	83	75	73	82	74
13	86	88	88	91	90	87	85	84	74	71	78	77
14	90	85	91	90	88	87	85	84	73	74	73	73
15	90	87	90	91	86	87	85	83	82	72	74	73
16	87	85	90	86	89	86	82	85	81	72	69	78
17	88	80	92	87	89	86	85	85	76	76	68	79
18	90	84	88	87	86	86	84	83	78	76	72	76
19	90	82	87	91	84	88	87	85	74	78	72	79
20	91	89	83	88	88	85	88	83	77	76	89	72
21	92	87	92	85	84	86	88	85	74	77	85	70
22	92	91	92	89	88	87	84	83	76	77	74	75
23	85	89	95	89	91	86	86	85	87	71	81	73
24	88	92	90	90	94	86	84	85	79	70	88	74
25	88	90	92	89	94	85	83	85	75	74	83	79
26	90	89	89	89	95	84	87	84	75	73	86	79
27	85	90	87	90	90	84	84	88	77	73	94	79
28	90	93	88	89	87	86	87	86	73	78	84	77
29	88		89	89	87	86	83	85	79	81	85	85
30	88		96	90	86	85	86	76	75	75	87	89
31	89		93		88		85	81		81		82
<b>MAX</b>	<b>94.6</b>	<b>93.5</b>	<b>95.9</b>	<b>94.9</b>	<b>95.0</b>	<b>89.3</b>	<b>88.3</b>	<b>88.5</b>	<b>86.6</b>	<b>85.3</b>	<b>93.7</b>	<b>89.2</b>
<b>MEDIA</b>	<b>88.6</b>	<b>88.5</b>	<b>90.0</b>	<b>89.9</b>	<b>88.4</b>	<b>86.6</b>	<b>85.1</b>	<b>84.1</b>	<b>77.9</b>	<b>76.0</b>	<b>78.1</b>	<b>79.8</b>
<b>MINIMA</b>	<b>82.8</b>	<b>79.8</b>	<b>83.4</b>	<b>84.7</b>	<b>84.0</b>	<b>83.7</b>	<b>82.2</b>	<b>75.5</b>	<b>73.0</b>	<b>70.5</b>	<b>68.2</b>	<b>70.0</b>

NOTA

: Falsificación, alteración o adulteración de los datos hidrometeorológicos considerados como el bien público se sancionará de acuerdo al Art. 427 del Código Penal

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
 Oficina de Coordinación de Actividades - OFEMA  
 Presente: Registro de datos hidrometeorológicos en la Estación de Ayacucho

*Bachyling. V. Flor Vargas Jari*  
 Resp. DE RED HIDROMETEOROLOGICA

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
 Oficina de Coordinación de Actividades - OFEMA

*Ing. Demetrio Vargas Pérez*  
 RESPONSALE DE RED HIDROMETEOROLOGICA





**GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO**  
GERENCIA GENERAL DE INFRAESTRUCTURA  
COORDINACION DE ACTIVIDADES

CODIGO DE DATOS: **002-22**

RED HIDROMETEOROLOGICA

Estación : **INIA CANAAN** Latitud : 13° 10' 00.06" S Dptp : AYACUCHO  
CODIGO **031** Longitud : 74° 12' 22.82" W Prov. : HUAMANGA  
Altitud : 2735 Dist. : AYACUCHO

FECHA: Ayacucho 16 de febrero del 2022

Registro de Velocidades de Viento Diarias (m/s) - Estación INIA CANAAN

AÑOS	MESES											
	Ene	Feb.	Mar.	Abri	May.	Jun	Jul	Agos	Set.	Oct	Nov.	Dic
01	1	2	4	2	1	3	2	3	2	4	1	3
02	3	4	2	1	1	1	1	3	1	3	1	3
03	2	3	3	3	1	0	1	3	1	2	1	2
04	1	2	3	2	1	1	2	3	3	3	1	1
05	4	3	1	1	3	1	2	1	3	3	1	3
06	3	3	1	1	1	3	1	1	0	2	2	2
07	1	1	1	1	2	2	1	1	1	3	3	3
08	3	3	3	1	1	2	1	1	2	2	1	1
09	1	3	4	1	3	0	0	1	2	3	3	3
10	2	3	2	3	1	1	1	1	1	5	2	3
11	3	2	3	1	1	1	2	1	4	4	5	5
12	3	3	3	1	3	1	1	1	2	9	2	3
13	1	1	4	3	2	1	1	1	3	4	4	1
14	1	2	2	3	4	2	2	3	1	3	4	3
15	2	3	1	3	3	1	2	3	1	6	1	6
16	2	2	3	3	1	1	1	2	2	5	4	2
17	1	4	1	3	2	2	1	1	2	2	2	2
18	1	4	1	1	1	2	1	3	3	1	1	3
19	1	4	2	1	1	2	0	1	2	4	3	2
20	2	3	3	2	1	2	1	3	3	5	0	3
21	1	2	1	3	1	2	1	3	2	1	1	4
22	3	3	3	3	2	1	0	2	1	5	9	1
23	2	2	1	2	3	3	1	2	1	5	4	1
24	1	1	3	1	1	1	1	1	1	3	5	1
25	5	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	5
26	2	3	2	1	1	2	1	3	1	1	1	1
27	1	2	2	2	2	2	4	2	2	2	0	2
28	2	2	3	1	3	2	2	2	4	2	8	3
29	3		3	2	2	2	3	1	3	1	1	2
30	3		1	3	2	1	3	1	3	4	2	3
31	1		3		1		2	2		1		3
MAX	5	4	4	3	4	3	4	3	4	9	9	6
MEDIA	2	3	2	2	2	2	1	2	2	3	2	3
MINIMA	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1

NOTA

: Falsificación, alteración o adulteración de los datos hidrometeorológicos considerados como el bien público se sancionará de acuerdo al Art. 427 del Código Penal

Registro de Horas de Sol Promedios diario mensual - Estación INIA CANAAN

AÑOS	MESES											
	Ene	Feb.	Mar.	Abri	May.	Jun	Jul	Agos	Set.	Oct	Nov.	Dic
01	8.46	10.10	9.40	9.36	8.36	10.46	10.00	9.46	10.06	7.22	10.30	9.30
02	7.50	9.50	8.30	8.50	8.10	9.30	8.40	8.50	9.50	8.50	9.50	11.30
03	5.10	5.40	8.50	7.06	9.46	10.06	9.00	10.06	8.40	10.10	9.30	6.50
04	6.20	3.50	9.36	8.20	7.20	8.24	10.10	9.50	9.00	11.25	11.10	9.00
05	7.30	8.30	9.50	8.30	8.16	9.10	9.06	8.20	5.50	9.40	11.00	10.50
06	7.10	9.06	5.10	9.20	9.06	10.30	6.50	8.40	6.06	2.20	10.40	1.30
07	8.20	8.10	9.46	6.50	9.30	9.50	4.20	7.30	9.15	4.00	10.00	1.06
08	9.40	3.30	6.06	4.10	7.50	10.15	1.40	8.46	9.30	10.35	9.30	7.30
09	4.06	8.15	6.20	0.10	8.20	10.00	0.40	9.56	8.40	11.00	9.50	8.50
10	6.40	6.20	1.30	7.40	9.40	10.30	6.20	10.00	10.00	6.30	10.20	8.15
11	8.50	5.30	4.30	6.15	9.06	10.40	10.04	10.06	10.10	2.40	10.10	10.40
12	9.20	5.50	5.50	8.50	5.30	7.50	9.20	10.10	9.50	4.45	9.50	6.45
13	7.20	6.06	6.36	9.10	7.10	10.30	7.30	9.50	10.15	10.35	9.60	5.40
14	8.30	10.00	4.50	6.40	8.06	9.00	8.40	10.20	9.50	6.20	7.50	3.20
15	9.06	9.46	7.20	8.36	9.16	8.50	9.15	8.46	7.40	7.10	8.40	7.50
16	5.40	9.30	8.46	9.46	9.50	9.20	10.20	8.50	7.50	5.50	8.35	9.20
17	8.15	10.10	8.10	8.20	8.36	10.15	9.50	10.00	6.30	10.50	6.20	4.30
18	10.06	8.26	8.50	8.40	6.06	10.30	6.30	9.20	9.50	11.30	9.15	3.20
19	7.40	9.10	6.40	9.06	7.40	9.50	6.30	9.50	10.10	11.00	9.00	5.40
20	9.30	9.40	9.36	8.15	8.20	10.00	7.20	10.08	9.50	9.10	9.10	5.00
21	6.40	3.20	2.10	9.30	9.50	9.40	10.20	10.10	10.10	4.40	11.20	9.40
22	7.10	4.16	5.16	8.50	9.10	10.06	9.06	9.50	9.20	10.20	11.30	8.20
23	9.26	7.30	5.40	8.46	9.26	10.46	10.00	10.20	9.30	9.50	10.00	10.06
24	9.00	6.50	6.26	9.10	0.00	7.40	8.40	6.40	8.50	10.00	11.00	8.20
25	8.10	8.10	7.50	8.26	0.30	8.36	10.15	5.20	9.06	9.35	10.20	5.50
26	4.40	8.30	9.56	8.30	0.20	9.25	9.30	5.50	10.20	8.40	9.10	6.50
27	9.50	6.36	9.20	9.40	5.50	10.20	10.06	2.40	10.30	8.55	4.35	9.15
28	9.20	9.40	9.30	9.16	6.10	10.30	9.56	4.30	9.20	9.10	8.32	11.20
29	8.50		8.40	7.10	7.30	10.40	10.20	9.20	8.50	10.10	11.20	8.20
30	5.50		6.10	7.50	8.40	9.10	10.10	10.00	9.50	9.40	11.00	5.50
31	9.40		7.36		9.16		9.40	9.30		8.50		10.10
MAX	10.1	10.1	9.6	9.5	9.5	10.5	10.2	10.2	10.3	11.3	11.3	11.3
MEDIA	7.7	7.4	7.0	7.9	7.3	9.6	8.2	8.6	9.0	8.2	9.5	7.3
MINIMA	4.1	3.2	1.3	0.1	0.0	7.4	0.4	2.4	5.5	2.2	4.4	1.1

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
SIS. Central de Datos  
Proyecto Mejoramiento de servicios de información en la región de Ayacucho

Bach/ing. V. Flor Vargas Jari  
RESP. DE RED HIDROMETEOROLOGICA

GOBIERNO REGIONAL DE AYACUCHO  
Oficina de Coordinación de Actividades - OFEMA

Ing. Demetrio Vargas Pérez  
RESP. DE RED HIDROMETEOROLOGICA

**Anexo 5. Factor de evapotranspiración potencial (MF) en mm por mes**

Lat. Sur	MESES											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1	2.788	2.117	2.354	2.197	2.137	1.990	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.050	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
3	2.353	2.154	2.360	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.290	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.050	1.888	1.995	2.150	2.240	2.398	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.020	1.854	1.960	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.050	2.363	2.117	1.980	1.820	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.478	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.233	2.397	2.476
8	2.508	2.237	2.362	2.081	1.927	1.750	1.858	2.054	2.210	2.443	2.423	2.510
9	2.538	2.251	2.360	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.976	2.180	2.470	2.497	2.610
12	2.625	2.292	2.350	2.002	1.799	1.608	1.719	1.950	2.169	2.477	2.520	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.464	2.543	2.675
14	2.680	2.317	2.340	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.490	2.566	2.706
15	2.707	2.326	2.334	2.937	1.700	1.500	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738
16	2.734	2.339	2.317	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.500	2.610	2.769
17	2.760	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.540	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.359	2.311	1.867	1.598	1.391	1.504	1.780	2.068	2.508	2.651	2.830
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.564	1.354	1.467	1.750	2.072	2.510	2.671	2.859

## Anexo 6. Mediciones diarias de humedad del suelo con sensores

<b>Fecha Medición</b>	<b>Humedad Suelo</b>	<b>C.C</b>	<b>P.M</b>
27/11/2021	30.50	30.6	16.6
29/11/2021	31.50	30.6	16.6
01/12/2021	31.97	30.6	16.6
03/12/2021	31.88	30.6	16.6
05/11/2021	31.99	30.6	16.6
07/11/2021	32.05	30.6	16.6
09/12/2021	32.09	30.6	16.6
11/12/2021	32.13	30.6	16.6
13/11/2021	31.87	30.6	16.6
15/12/2021	31.64	30.6	16.6
17/12/2021	31.54	30.6	16.6
19/12/2021	31.60	30.6	16.6
21/12/2021	31.61	30.6	16.6
23/12/2021	31.67	30.6	16.6
23/12/2021	31.71	30.6	16.6
25/12/2021	30.85	30.6	16.6
27/12/2021	30.27	30.6	16.6
29/12/2021	30.47	30.6	16.6
31/12/2021	30.59	30.6	16.6
02/01/2022	30.45	30.6	16.6
01/01/2022	30.92	30.6	16.6
06/01/2022	31.04	30.6	16.6
08/01/2022	30.86	30.6	16.6
10/01/2022	30.63	30.6	16.6
12/01/2022	30.83	30.6	16.6
14/01/2022	31.11	30.6	16.6
16/01/2022	31.85	30.6	16.6
18/01/2022	31.67	30.6	16.6
20/01/2022	31.95	30.6	16.6
22/01/2022	31.68	30.6	16.6
24/01/2022	30.02	30.6	16.6
26/01/2022	29.79	30.6	16.6
28/01/2022	30.10	30.6	16.6
30/01/2022	29.88	30.6	16.6
01/02/2022	30.62	30.6	16.6
03/02/2022	29.88	30.6	16.6
05/02/2022	29.84	30.6	16.6
07/02/2022	30.03	30.6	16.6
09/02/2022	30.06	30.6	16.6
11/02/2022	30.26	30.6	16.6
13/02/2022	29.82	30.6	16.6
15/02/2022	29.19	30.6	16.6
17/02/2022	29.87	30.6	16.6
19/02/2022	30.48	30.6	16.6
21/02/2022	31.70	30.6	16.6
23/02/2022	32.43	30.6	16.6
25/02/2022	31.74	30.6	16.6
27/02/2022	30.66	30.6	16.6
01/03/2022	30.04	30.6	16.6
03/03/2022	29.58	30.6	16.6
05/03/2022	29.65	30.6	16.6
07/03/2022	29.77	30.6	16.6
09/03/2022	29.84	30.6	16.6
11/03/2022	30.28	30.6	16.6
13/03/2022	30.10	30.6	16.6
15/03/2022	30.18	30.6	16.6
17/09/2022	29.66	30.6	16.6
19/03/2022	29.53	30.6	16.6
21/03/2022	29.49	30.6	16.6
23/03/2022	29.55	30.6	16.6
25/03/2022	29.63	30.6	16.6
	30.73		



## Anexo 7. Panel fotográfico



**Foto 1.** Siembra del cultivo de papa



**Foto 2.** Riego por goteo





**Foto 3.** Evaluación del cultivo de papa final etapa inicial



**Foto 4.** Aplicación de pesticidas





**Foto 5.** Evaluación del cultivo de papa en etapa de crecimiento



**Foto 6.** Evaluación del cultivo de papa en etapa de desarrollo





**Foto 8.** Evaluación del cultivo de papa etapa de maduración



**Foto 9.** Evaluación del cultivo de papa etapa de cosecha





**Foto 10.** Cosecha y transporte de la papa

## Riego por goteo en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) Canaán 2750 msnm, Ayacucho, 2022

Lucio Tolomeo Huamaní Huamán<sup>1</sup>

lucio.huamani .01@unsch.edu.pe

Efraín Chuchón Prado<sup>2</sup>

Efrain.chuchon@unsch.edu.pe

Área de Investigación en medio Ambiente

Línea de investigación en Hidrología e hidráulica, saneamiento, energía y cambio climático, Riego y drenaje

Facultad de Ciencias Agrarias – UNSCH<sup>1,2</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la demanda de agua del cultivo de papa y su efecto en el rendimiento, utilizando métodos indirectos como el método empírico de Hargreaves y el software CROPWAT 8.0 para calcular la Evapotranspiración Potencial. Los resultados revelaron que la demanda de agua fue de 1518,50 m<sup>3</sup>/ha según el método de Hargreaves y 1580 m<sup>3</sup>/ha utilizando el CROPWAT 8.0. Mediante la medición del sensor, se mejorará el riego de manera inmediata, con una lámina de agua disponible neta de 1159,2 m<sup>3</sup>/ha. El rendimiento del cultivo de papa bajo el efecto del riego por goteo automatizado, aplicando tratamientos de fertilizantes con un diseño de bloques completamente al azar, mostró diferencias significativas. Los tratamientos utilizados, como el guano de islas y el aporcador, así como la combinación de ambos, tuvieron rendimientos de 14.791,67 kg/ha, 12.500 kg/ha y 14.791,67 kg/ha, respectivamente. En conclusión, aunque se utilice la misma cantidad de agua, la producción de papa está influenciada por otros factores de producción. Se pueden crear alternativas que compensen en las operaciones de campo, como el ahorro de agua, el manejo del suelo y el aumento de la producción del cultivo, entre otras actividades beneficiosas para los agricultores.

**Palabras clave:** Papa, riego por goteo, demanda de agua, rendimiento del cultivo, software Cropwat.

## INTRODUCCIÓN

Las tendencias actuales en la disponibilidad del agua nos alertan sobre una inminente "crisis del agua" en varias regiones del mundo debido al rápido crecimiento poblacional y a la constante disminución de este recurso vital. La agricultura es la actividad que consume la mayor parte del agua, representando entre el 70% y el 90% del consumo total de agua proveniente de ríos, lagos, cursos de agua y acuíferos.

En el Perú, aproximadamente el 36% de los cultivos se riegan, principalmente, con recursos hídricos superficiales. El 88% de estas áreas se riegan mediante métodos de riego por gravedad, mientras que solo el 12% utiliza sistemas de riego presurizado, como la aspersión o el riego por goteo. Ante esta situación, es imprescindible buscar métodos que optimicen el uso del agua, evitando su desperdicio y garantizando una producción agrícola más eficiente y sostenible (Garrafa, 2017).

Para obtener el máximo beneficio de los cultivos y aprovechar al máximo los recursos hídricos y tecnológicos, como los fertilizantes, es fundamental optimizar la gestión de los sistemas de riego (Martínez, 2001).

El riego es un componente fundamental en la producción agrícola, ya que influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Existen diversos métodos de riego, como el riego superficial, por aspersión, micro aspersión y goteo, que permiten incrementar la producción de los cultivos (Hargreaves y Merkle, 2000).

Para reducir las pérdidas económicas de los agricultores, es necesario implementar nuevas tecnologías, como el riego por goteo, que incrementen la productividad de los cultivos y disminuyan los costos de producción para obtener mayores ingresos.

En este sentido, es crucial evaluar la eficiencia del riego por goteo y desarrollar alternativas que optimicen las operaciones agrícolas, promoviendo el ahorro de agua, el manejo adecuado del suelo y el aumento de la producción de los cultivos, bajo esta premisa se formula los siguientes objetivos: Determinar la demanda agua en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) V. Única, en el Centro experimental de la UNSCH, 2022 y determinar el rendimiento por efecto del riego por goteo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en el Centro experimental de la UNSCH, 2022.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro Experimental de Canaán propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en un sistema de riego ya existente para poder realizar la automatización del riego. El agua proviene del río Huatatas. Para su almacenamiento, se utiliza un reservorio piramidal cubierto con geomembrana, el cual tiene una pendiente del 1%. El embalse presenta las siguientes dimensiones: longitud de 4,36 metros, profundidad de 2,06 metros y altura de 2,84 metros, mostrando un volumen total de 50 metros cúbicos. En el presente trabajo, se hace uso del sistema de riego por goteo implementado en el Centro Experimental de la UNSCH – Canaan Bajo.

El cabezal de riego se encuentra situado en la caseta de bombas que incluye manómetros, filtros de anilla, válvula de aire, caudalímetro y otros accesorios. El área o subunidad de riego abarca una extensión de 1224 metros cuadrados, con unas dimensiones de 48 metros de largo y 25,50 metros de ancho. Esta área cuenta con una válvula de control de 2 pulgadas, la cual se opera de forma manual.

### **Evaluaciones realizadas**

La evaluación consistió en medir la humedad a la capacidad de campo en el sistema de riego por goteo. Se recopilaban datos de los riegos realizados en diferentes días, abarcando desde el inicio del riego hasta la etapa de cosecha. Una vez que se obtuvo la cosecha, se llevó a cabo una evaluación de la calidad y el rendimiento del cultivo.

El objetivo principal de la investigación fue evaluar la demanda de agua del cultivo de papa de la variedad Única, así como también analizar su rendimiento.

En la determinación de la evapotranspiración, una variable clave para calcular la demanda de agua, se utilizaron métodos indirectos, como la fórmula de Hargreaves basada en la temperatura, y se empleó el software CROPWAT 8.0 en este estudio. Estas herramientas permitieron obtener estimaciones precisas de los requerimientos hídricos del cultivo.

Para llevar a cabo esta investigación, se recopilaban datos de la estación meteorológica INIA CANAAN, la cual está situada en las coordenadas geográficas de latitud 13° 10' 00.06" y longitud 74° 12' 22.92". La estación se encuentra a una elevación de 2735 metros sobre el nivel del mar (msnm). Estos datos se utilizaron para establecer las variables meteorológicas necesarias y calcular la evapotranspiración (ETO), lo que nos permitió determinar de manera precisa las demandas de riego requeridas.

**Tabla 1***Datos meteorológicos de la Estación Experimental Agraria Canaán – Ayacucho (INIA)*

Mes	Tm (°C)	Tmin (°C)	Tmax (°C)	n (Horas)	HR (%)	V (m/s)	Pm (mm)
Enero	17.6	11.4	23.8	7.7	88.6	2	88.8
Febrero	17.5	10.9	24.1	7.4	88.5	3	82.9
Marzo	17.1	11.3	22.8	7.0	90	2	98.9
Abril	16.9	10.3	23.4	7.9	89.9	2	137.7
Mayo	16.1	8.3	23.8	7.3	88.4	2	11.8
Junio	16.0	7.8	24.1	9.6	86.6	2	1.4
Julio	15.6	6.9	24.3	8.2	85.1	1	3.4
Agosto	17.1	9.1	25.1	8.6	84.1	2	3.4
Setiembre	17.6	10.3	24.8	9.0	77.9	2	1.6
Octubre	19.1	11.2	27.0	8.2	76.0	3	24.3
Noviembre	18.4	11.2	25.5	9.5	78.1	2	51.4
Diciembre	18.3	11.5	25.1	7.3	79.8	3	32.2

Fuente: Coordinación de actividades –Gerencia General Infraestructura –GRA (2022).

**a) Método de Hargreaves**

Los datos climáticos requeridos para la aplicación de este método incluyen la temperatura media mensual, tanto la radiación solar medida como la calculada, la radiación extraterrestre equivalente, el factor mensual de latitud, la humedad relativa y la altitud. Los cálculos de la evapotranspiración potencial pueden producirse intensamente en la radiación y la temperatura

**En base a la temperatura**

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

*Ecuación 1*

Dónde:

**ETP** = Evapotranspiración potencial (mm/mes)**MF** = Factor mensual de latitud**TMF** = Temperatura media mensual (°F), medida**CH** = Factor de corrección para la humedad relativa, y**CE** = Factor de corrección para la altura o elevación del lugar



$$\mathbf{CH = 0.166 (100 - HR)^{\frac{1}{2}}}$$

Ecuación 2

Dónde:

**HR**= Humedad relativa media mensual (%), medida.Si,  $HR > 64\%$ , se emplea la fórmula anterior, en caso  $HR < 64\%$ ,  $CH = 1$ , y

$$\mathbf{CE = 1.0 + 0.04 * \frac{E}{2,000}}$$

Ecuación 3

**E** = Latitud o elevación del lugar (msnm)**b) Utilización del software CROPWAT 8.0**

Para calcular la evapotranspiración de referencia, se utiliza el software CROPWAT 8.0 para Windows. Este programa de computación permite calcular los requisitos de agua de los cultivos y sus necesidades de riego utilizando datos climáticos y de cultivos existentes o nuevos. Además, el programa facilita la creación de calendarios de riego para diferentes condiciones de manejo, así como el cálculo del suministro de agua para diversos patrones de cultivo.

**c) Volumen de agua disponible total en la capa de raíces**

Conociendo la lámina de agua aprovechable o disponible total, se calcula el volumen de agua disponible o aprovechable total en la capa de raíces, mediante la relación:

$$La = ([\theta_{mcc}(\%) - \theta_{mpmp}(\%)] * D_{ap} * Prof) / (\rho_w * 100) \quad \text{Ecuación 4}$$

Luego, si "La" está expresada en mm, el volumen de agua disponible ( $V_{AD}$ )expresado en  $m^3/ha$  está dado por la relación:

$$(V_{AD}) = 10 * La \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

**La**: Lámina de agua disponible total, (mm), y **$V_{AD}$** : Volumen de agua disponible total en la zona de raíces, ( $m^3/ha$ ).

La lámina de agua de la humedad fácilmente aprovechable ( $L_f$ ) se calculará mediante la

relación:

$$L_f = f * (\theta_{mcc} - \theta_{mpmp}) * \frac{D_{ap} * Prof}{\rho_w} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

$\theta_{mcc}$  : Contenido de humedad a capacidad de campo en base a peso de agua,

$\theta_{mpmp}$  : Contenido de humedad a punto de marchitez permanente en base a peso de

agua,

Prof : Profundidad de la capa enraizada del suelo (cm),

$D_{ap}$  : Densidad aparente del suelo ( $g/cm^3$ ),

f : Fracción del agua del suelo fácilmente disponible.

### ***Evaluación rendimiento del cultivo de papa variedad Única***

Al finalizar el periodo vegetativo del cultivo se realizó la cosecha de los tubérculos según el tratamiento, evaluándose el número de tubérculos, y pesos de los mismos.

#### **Números de tubérculos/planta y sus pesos**

Se registró la cantidad de tubérculos/planta producidos por tratamiento, según se muestra en la tabla 13 y 15 respectivamente

#### **Rendimiento según tratamiento**

Teniendo el peso total por tratamiento y el área del experimento se calculó el rendimiento del cultivo en kilogramos por hectárea, se tiene los resultados en tabla 17

$$\text{Rendimiento (Kg/ha)} = \text{cantidad producida (Kg)} / \text{Superficie cosechada (ha)}$$

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1. Determinación de la demanda de agua en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) V. única, en el Centro experimental de la UNSCH, 2022**

En este estudio se ha empleado el método empírico de Hargreaves y el software Cropwat para determinar y analizar los datos climáticos, ya que estos son factores clave que tienen un impacto directo en los cultivos.

El área de estudio se encuentra en el distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, que se caracteriza por un clima templado húmedo, con temperaturas que superan los 20°C y una precipitación anual de menos de 500 mm en la región.

Los datos meteorológicos utilizados en esta investigación fueron recopilados de la Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho (INIA), ubicada en la latitud 13° 10' 00.06" Sur y longitud 74° 12' 22.92" Oeste, a una elevación de 2735 msnm. Estos datos se utilizaron para determinar las variables meteorológicas, calcular la

evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) y establecer una planificación adecuada del riego. Se tradujo la tabla 2 como referencia para estos datos.

**Cálculo de demanda de agua método HARGREAVES**

**Tabla 2**

*Calculo de la Evapotranspiración de Referencia ET<sub>o</sub> Método Hargreaves*

Latitud: S 13.17°													Altitud: 2,735.00 msnm
PARÁMETRO DE CÁLCULO	UNIDAD	M E S E S											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura Media Mensual	°C	17.6	17.5	17.1	16.9	16.1	16.0	15.6	17.1	17.6	19.1	18.4	18.3
TF - Temperatura Media Mensual	°F	63.7	63.5	62.8	62.4	61.0	60.8	60.1	62.8	63.7	66.4	65.1	64.9
HR - Humedad Relativa	%	88.6	88.5	90.0	89.9	88.4	86.6	85.1	84.1	77.9	76.0	78.1	79.8
CH - Factor de Corrección Humedad		0.560	0.563	0.525	0.528	0.565	0.608	0.641	0.662	0.780	0.813	0.777	0.746
CE - Factor de Corrección Altitud		1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055	1.055
MF: Factor Mensual de Evapotranspiración		2.657	2.307	2.344	1.977	1.761	1.566	1.678	1.917	2.155	2.485	2.547	2.680
<b>ET<sub>o</sub> - Evapotranspiración Potencial</b>	<b>mm</b>	<b>100.0</b>	<b>87.0</b>	<b>81.5</b>	<b>68.7</b>	<b>64.0</b>	<b>61.0</b>	<b>68.1</b>	<b>84.0</b>	<b>112.9</b>	<b>141.5</b>	<b>135.9</b>	<b>137.0</b>
Altitud (msnm)	E												
Factor de Corrección por Altitud	CE= 1.0 + 0.04 (E/2000)												
Temperatura Media Mensual	°C												
Temperatura °F	TF = 1.8 * °C + 32												
Factor de Corrección Humedad	CH= 0.166 * (100 - HR) <sup>0.5</sup> ; Si, HR < 64% ----> CH = 1.0												
Factor Mensual de Evapotranspiración	MF => Tabla Nº 1												
Evapotranspiración Potencial	ET <sub>o</sub> = TF * CH * MF * CE												

Los resultados obtenidos fueron procesados utilizando la información proporcionada por la Oficina de Coordinación de Actividades de la Gerencia de Infraestructura del Gobierno Regional Ayacucho - GRA.

**Cálculo de demanda de agua del área experimental**

**Tabla 3**

*Cálculo de demanda de agua del cultivo de papa Unica en el área Experimental*

CALCULO DE DEMANDA DE AGUA CULTIVO PAPA VARIEDAD UNICA							Demanda Campaña
		N	D	E	M	A	m <sup>3</sup> /ha
Area Cultivada Mensual (ha)	Ha	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	
Kc Ponderado		0.40	0.95	1.15	0.75	0.75	
ETP	(mm)	135.9	137.0	100.0	87.0	81.5	
ETR	(mm)	54.36	130.15	115.00	65.25	61.13	
PE	(mm)	56.0	11.1	82.2	78.0	69.2	
Demanda unitaria neta	m <sup>3</sup> /ha	-16.40	1190.50	328.00	-127.50	-80.75	1518.50
Eficiencia de riego	%	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
Demanda bruta de agua	m <sup>3</sup> /ha	-18.22	1322.78	364.44	-141.67	-89.72	1687.22
Dias por mes	días	30	31	31	28	31	
Jornada de riego	horas	24	24	24	24	24	
MODULO DE RIEGO	l/s/ha	0.00	0.49	0.14	0.00	0.00	

Según los datos de la tabla, al utilizar el cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) mediante el método empírico de Hargreaves y aplicando criterios de eficiencia de

riego del 90% con un sistema de riego automático, se determina que el requerimiento total de riego sería de 1.518,50 m<sup>3</sup>/ha.

**Calculo de demanda de agua utilizando CROPWAT 8.0**

**Tabla 4**

*Calculo de la Evapotranspiracion Potencial ETo*

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo	
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m <sup>2</sup> /día	mm/día	
Enero	11.4	23.8	89	2.0	7.7	22.3	4.08	
Febrero	10.9	24.1	89	3.0	7.4	21.7	3.95	
Marzo	11.3	22.8	90	2.0	7.0	20.2	3.58	
Abril	10.3	23.4	90	2.0	7.9	19.7	3.43	
Mayo	8.3	23.8	88	2.0	7.3	16.9	3.01	
Junio	7.8	24.1	87	2.0	9.6	18.7	3.14	
Julio	6.9	24.3	85	1.0	8.2	17.5	2.95	
Agosto	9.1	25.1	84	2.0	8.6	19.8	3.58	
Septiembre	10.3	24.8	78	2.0	9.0	22.4	4.19	
Octubre	11.2	27.0	76	3.0	8.2	22.5	4.77	
Noviembre	11.2	25.5	78	2.0	9.5	25.0	4.84	
Diciembre	11.5	25.1	80	3.0	8.4	23.4	4.60	
<b>Promedio</b>	<b>10.0</b>	<b>24.5</b>	<b>85</b>	<b>2.2</b>	<b>8.2</b>	<b>20.9</b>	<b>3.85</b>	

El promedio de la evapotranspiración potencial anual obtenida es 3.85 mm/día.

**Tabla 5**

*Requerimiento hídrico de la papa de acuerdo a Cropwat 8.0*

Mes	Decada	Etapa	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Nov	3	Inic	0.43	2.05	8.2	6.6	0.0
Dic	1	Inic	0.43	2.01	20.1	4.6	15.6
Dic	2	Inic	0.43	1.98	19.8	0.0	19.8
Dic	3	Des	0.47	2.08	22.9	6.7	16.2
Ene	1	Des	0.74	3.16	31.6	21.9	9.7
Ene	2	Des	1.04	4.24	42.4	30.9	11.4
Ene	3	Med	1.17	4.73	52.0	29.3	22.7
Feb	1	Med	1.17	4.68	46.8	26.0	20.8
Feb	2	Med	1.17	4.62	46.2	25.3	20.9
Feb	3	Fin	1.15	4.41	35.3	26.8	8.5
Mar	1	Fin	1.03	3.81	38.1	28.0	10.0
Mar	2	Fin	0.88	3.14	31.4	29.0	2.3
Mar	3	Fin	0.77	2.72	10.9	11.7	0.0
					<b>405.6</b>	<b>246.9</b>	<b>158.0</b>

De la tabla anterior se deduce que el requerimiento del agua del cultivo de 158 mm, equivalente a 1580 m<sup>3</sup>/ha, bajo las condiciones climáticas de la zona de Canaán.

### *Volumen de agua disponible total en la capa de raíces*

Disponibilidad de humedad en el suelo con sensores: El monitoreo de la disponibilidad de humedad en el suelo mediante sensores a lo largo del ciclo vegetativo del cultivo de papa, variedad Única, se ha realizado un control diario de la humedad del suelo utilizando sensores. En la tabla que se muestra a continuación se presentan los registros correspondientes a distintas fechas. Se observa que la humedad registrada se ha mantenido por encima de la capacidad de campo, lo cual indica que el riego por goteo ha sido continuo y automatizado.

**Tabla 6**

*Humedad del suelo medido con sensor*

<b>Semana</b>	<b>Mes</b>	<b>Fecha Control</b>	<b>H° de Suelo</b>	<b>C.C</b>	<b>P.M</b>	
1	Nov-Dic	27/11/2021	05/12/2021	31.78	30.6	16.6
2	Dic	06/12/2021	12/12/2021	32.07	30.6	16.6
3		13/12/2021	19/12/2021	31.62	30.6	16.6
4		20/12/2021	26/12/2021	31.62	30.6	16.6
5	Dic-Ene	27/12/2021	02/01/2022	30.43	30.6	16.6
6	Ene	03/01/2022	09/01/2022	30.84	30.6	16.6
7		10/01/2022	16/01/2022	30.80	30.6	16.6
8		17/01/2022	23/01/2022	31.81	30.6	16.6
9		24/01/2022	30/01/2022	30.21	30.6	16.6
10	Ene-Feb	31/01/2022	06/02/2022	30.09	30.6	16.6
11	Feb	07/02/2022	13/02/2022	30.10	30.6	16.6
12		14/02/2022	20/02/2022	29.77	30.6	16.6
13		21/02/2022	27/02/2022	31.73	30.6	16.6
14	Feb-Mar	28/02/2022	06/03/2022	30.04	30.6	16.6
15	Mar	07/03/2022	13/03/2022	29.96	30.6	16.6
16		14/03/2022	20/03/2022	29.92	30.6	16.6
17		21/03/2022	27/03/2022	29.55	30.6	16.6
<b>Promedio</b>				<b>30.80</b>		

**Volumen de agua disponible total en la capa de raíces**

$$L_F = f * (\theta_{mcc} - \theta_{mpmp}) * \frac{D_{ap} * Prof}{\rho_w}$$

$$L_f = ?,$$

$$CC = 30.6 \% ; PMP = 16.6 \% ; f = 0.25 ; D_{ap} = 1.38 \text{ gr/cc} \quad Prof = 0.60\text{m}$$

$$L_f = 11.592. \text{ cm (Sin coeficiente de agotamiento)}$$

$$L_f = 115.92 \text{ mm}$$

En consecuencia, el cultivo de la papa tuvo un volumen de agua disponible de 1159.2 m<sup>3</sup>/ha.

Los resultados obtenidos revelan que el suelo posee una humedad a capacidad de campo del 30,60% y una humedad al punto de marchitez permanente del 16,60%. Además, el promedio de humedad del suelo medido mediante sensores a lo largo de toda la temporada es del 30,80%. Estos valores indican que el cultivo de papa ha mantenido una humedad cercana a la capacidad de campo durante todo el ciclo.

Como resultado, se estima una lámina final de riego de 115,92 mm, lo que equivale a una demanda total de agua de 1159,20 m<sup>3</sup>/ha.

En conclusión, al comparar los cálculos de la demanda de agua para el cultivo de papa variedad Única mediante métodos empíricos y la medición directa de humedad con sensores, se observa una diferencia significativa. El uso del sensor proporciona de manera objetiva el volumen de agua almacenado en la zona de raíces del cultivo, lo que permite optimizar el suministro de agua al perfil del suelo. Además, los resultados indican que el requerimiento estimado es mayor en comparación con la medición directa de humedad. Esto demuestra que el uso de sensores puede ayudarnos a ahorrar agua de manera efectiva.

## **2. Determinación del rendimiento por efecto del riego por goteo en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). V. única en el Centro experimental de la UNSCH, 2022**

Con el fin de determinar el rendimiento del cultivo de papa variedad UNICA, se realizaron evaluaciones en la cosecha, enfocándose en el número de tubérculos por planta (Tabla 7) y el peso de los tubérculos por planta (Tabla 8) Además, se llevó a cabo el análisis de varianza correspondiente a estos datos (Tabla 8 y Tabla 10). Estas evaluaciones se realizaron en los surcos tratados con los fertilizantes empleados.

**Tabla 7***Numero de tubérculos por planta de la papa variedad ÚNICA*

Tratamientos	Bloques					
	I	II	III	IV	V	VI
Fertilizantes						
Guano de isla	9	13	8	10	12	10
Aporcador	8	10	7	7	8	9
Guano de isla + Aporcador	12	8	8	13	9	13
Sin Fertilizante	5	6	3	6	5	4

**Tabla 8***Análisis de Varianza del número de tubérculos/planta para un diseño de bloques completamente al azar del cultivo de papa variedad ÚNICA*

Fuente de Variación	G.L	SC	CM	Fc	F $\alpha$
Tratamientos	3	20.208	41.819	15.57	3.29
Bloques	5	20.208	4.0417		
Error	15	2.6861	2.6861		
Total	23	185.96			

En el ANVA el resultado nos muestra que el  $F_c = 15.57 > F_{0.05 (3,15)} = 3.29$ , concluimos que al menos uno de los tratamiento de fertilizantes son diferentes con  $\alpha = 0.05$ , y por tanto influyen en tener variación en el número de tubérculos/planta.

**Tabla 9***Peso del número de tubérculo /planta del cultivo de la papa variedad ÚNICA*

Tratamientos	Bloques					
	I	II	III	IV	V	VI
Fertilizantes						
Guano de isla	2.06	2.98	1.83	2.29	2.75	2.29
Aporcador	2.01	1.61	2.30	2.30	2.01	1.79
Guano de isla + Aporcador	1.67	2.51	2.51	1.54	2.23	1.54
Sin Fertilizante	1.03	0.86	1.72	0.86	1.03	1.29

**Tabla 10**

*Análisis de Varianza del número de tubérculos/planta para un diseño de bloques completamente al azar del cultivo de papa variedad ÚNICA*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F<sub>α</sub></b>
Tratamientos	3	4.938	0.988	6.36	3.29
Bloques	5	0.586	0.195	1.26	
Error	15	2.331	0.155		
Total	23	7.855			

En el ANVA el resultado nos muestra que el  $F_c = 15.57 > F_{0.05 (3,15)} = 3.29$ , concluimos que al menos uno de los tratamiento de fertilizantes son diferentes con  $\alpha = 0.05$  en el rendimiento en Kg/ha de la papa variedad UNICA

**Tabla 11**

*Rendimiento del cultivo de papa Variedad UNICA*

<b>Fertilizantes</b>	<b>Rendimiento Promedio papa V.UNICA</b>		
	<b>N° Tuber/planta</b>	<b>peso (kg/Planta)</b>	<b>Kg/ha</b>
Guano de isla	10	2.367	14791.67
Aporcador	8	2.000	12500.00
Guano de isla + Aporcador	11	2.000	12500.00
Sin Fertilizante	5	1.133	7083.33

Los resultados presentados en la Tabla 11 muestran que el rendimiento del cultivo de papa variedad UNICA es influenciado por el uso de diferentes fuentes de fertilizantes. Se observa que el guano de isla produce los mejores resultados, a pesar de que se haya aplicado la misma lámina de agua mediante un sistema de riego por goteo automatizado. Estas conclusiones contrastan con lo indicado por Villagarcía (1987), quien encontró que la papa se beneficia del estercolado, ya que mejoró las condiciones físicas del suelo y, por consiguiente, el desarrollo de los tubérculos.



## CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) se ve influenciado por el uso de diferentes fuentes de fertilizantes. Entre las opciones evaluadas, se encontró que el guano de isla produce los mejores resultados en términos de rendimiento, cuando se utiliza la misma cantidad de agua a través de un sistema de riego automático. Esto sugiere que el guano de isla puede ser una opción efectiva para maximizar la producción de papa bajo estas condiciones.
2. Mediante el uso de métodos empíricos para el cálculo de la evapotranspiración potencial, se determinó la demanda de agua de la variedad UNICA de papa en el campo experimental de la UNSCH. Los resultados obtenidos fueron de 1518,50 m<sup>3</sup>/ha con el método Hargreaves y de 1580 m<sup>3</sup>/ha con el método CROPWAT 8.0. Además, utilizando la cantidad de humedad con sensores, se mejorará el suministro de agua mediante un sistema de riego por goteo automatizado con una lámina de agua disponible neta de 1159,2 m<sup>3</sup>/ha. Estos resultados son importantes para establecer pautas de riego y garantizar un suministro adecuado de agua a los cultivos de papa.
3. Se ha determinado el impacto del riego por goteo automatizado en el rendimiento del cultivo de papa de la variedad UNICA. Mediante un diseño de bloques completamente al azar y la aplicación de tratamientos de fertilizantes, se realizó un análisis de varianza que reveló diferencias significativas en el rendimiento del cultivo. Los resultados muestran que al aplicar guano de islas, el aporcador o una combinación de ambos, se obtuvieron rendimientos de 14791.67 kg/ha, 12500 kg/ha y 12500 kg/ha respectivamente. Estos destacan la importancia de seleccionar adecuadamente los fertilizantes y de implementar un sistema de riego por goteo automatizado para optimizar la producción de papa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garrafa, N. (2017). Calculo de la demanda hídrica en el cultivo de papa variedad canchan (*Solanum tuberosum*) bajo riego por goteo en condiciones del Centro Agronómico Kayra-San Jerónimo Cusco. UNSAC. Tesis.
- Hargreaves, G.H. & Merkle G.P. (2000). Fundamentos del Riego. Estados Unidos. Water Resources Publications.
- Martínez, L. (2001). Manual de operación y mantención de equipos de riego presurizado. Gobierno Regional de Atacama. Comisión Nacional de Riego e Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Huasco, Chile: Vallenar.
- Villagarcía, H. S. (1987) La fertilización del cultivo de la papa. Lima Perú- Dpto. de fisiología. UNA – CIP.



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Bach. LUCIO TOLOMEO HUAMANÍ HUAMÁN**  
**R.D.N° 138-2023-UNSCH-FCA-D**


En la ciudad de Ayacucho el uno de marzo del año dos mil veintitrés, siendo las siete horas con cinco minutos, se reunieron en el auditorio virtual de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Señor Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Dr. Rolando Bautista Gómez, el jurado calificador conformado por los siguientes docentes: M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo, Ing. Efraín Chuchón Prado como asesor, Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla y el M.Sc. Fortunato Álvarez Aquisé, actuando como secretario docente el Mtro. Ennio Chauca Retamozo para presenciar la sustentación de la Tesis titulada: **Riego por goteo en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) Canaán 2750 msnm, Ayacucho, 2022**, y así obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **LUCIO TOLOMEO HUAMANÍ HUAMÁN**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó al bachiller **LUCIO TOLOMEO HUAMANÍ HUAMÁN** que proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente.

Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invitó a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	14	14	14	14
Ing. Efraín Chuchón Prado	15	14	15	15
Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla	15	13	15	14
M.Sc. Fortunato Álvarez Aquisé	15	14	15	15
<b>PROMEDIO GENERAL</b>				<b>15</b>

Acto seguido se invita al sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.

  
.....  
**M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo**  
**Presidente**

  
.....  
**Ing. Efraín Chuchón Prado**  
**Asesor**

  
.....  
**Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla**  
**Jurado**

  
.....  
**M.Sc. Fortunato Álvarez Aquisé**  
**Jurado**

  
.....  
**Mtro. Ennio Chauca Retamozo**  
**Secretario Docente**



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRARIAS

## CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R; hacen constar que el trabajo titulado;

### **Riego por goteo en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) Canaán 2750 msnm, Ayacucho, 2022**

Autor : Lucio Tolomeo Huamaní Huamán

Asesor : Efraín Chuchón Prado

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de **diez por ciento (10 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

**Nota:** Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2133696232

Ayacucho, 19 de julio de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ciencias Agrarias  
  
M. Sc. Walter A. Mateu Mateo  
Pdte. Comisión Turnitin - FCA

# “Riego por goteo en el rendimiento de papa (*Solanum tuberosum*) Canaán 2750 msnm, Ayacucho, 2022”

*por* Lucio Tolomeo Huamaní Huamán

---

**Fecha de entrega:** 19-jul-2023 03:03p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2133696232

**Nombre del archivo:** LucioTolomeoHuamaniHuaman\_Tesis2023.pdf (5.67M)

**Total de palabras:** 14275

**Total de caracteres:** 70588

# “Riego por goteo en el rendimiento de papa (Solanum tuberosum) Canaán 2750 msnm, Ayacucho, 2022”

## INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	2%
2	<a href="https://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="https://pdfcookie.com">pdfcookie.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://cdigital.uv.mx">cdigital.uv.mx</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

9	Submitted to Consorcio CIXUG Trabajo del estudiante	<1 %
10	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
15	oletourshawaii.com Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo