

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**Dosis de lluvia sólida en el contenido de humedad del suelo  
con riego por goteo Canaán INIA, Ayacucho- 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:  
Sayo Milagros Tirado Lagos**

**Ayacucho – Perú**

**2019**

*La presente Tesis si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la colaboración de todas y cada una de las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de este trabajo, primero y antes que todo a:*

*Dios, por ser mi guía y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*Con todo mi amor y gratitud a mi madre Vilma, quien ha luchado por hacerme persona de bien con su amor, apoyo, paciencia y exigencia en mi formación, de igual manera a mi padre Víctor quien ha sabido impulsarme para seguir adelante y a mis familiares.*

*Alex por su compañía y constante motivación en la realización de cada meta.*

*A mis amigas entrañables Sheiley, Raysa, Susi y Yesenia, mi eterno agradecimiento por su incondicional apoyo, soporte en momentos de inquietud y consternación.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, *alma mater* fuente de sabiduría y enseñanza, por brindarme la oportunidad de lograr mi formación profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y a mi querida Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haber hecho de mí una profesional capaz de afrontar las adversidades de la vida académica y laboral.

A mi asesor de tesis el Ing. Herbert Nuñez Alfaro, por su paciencia y apoyo académico, quién me brindo desinteresadamente el asesoramiento necesario para concretar el presente trabajo.

A la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria por permitirme utilizar las instalaciones y hacer posible la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Máximo Morote Quispe, investigador de raíces y tuberosas en INIA, por compartir sus conocimientos y haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	viii
Resumen.....	9
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
1.1. Antecedentes .....	13
1.2. Lluvia sólida.....	14
1.2.1. Beneficios de la lluvia sólida .....	15
1.2.2. Lluvia sólida en la agricultura.....	15
1.2.3. Modo de empleo de lluvia sólida .....	16
1.3. Riego por goteo.....	16
1.3.1. Ventajas y desventajas del riego por goteo .....	16
1.3.2. Componentes del sistema de riego por goteo.....	17
1.3.3. Coeficiente de uniformidad.....	18
1.4. Agua en el suelo y en las plantas .....	20
1.4.1. Propiedades físicas del suelo relacionadas al riego .....	20
1.4.2. Coeficientes hídricos del suelo .....	22
1.5. PAPA ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	23
1.5.1. Taxonomía .....	23
1.5.2. Morfología de la papa .....	23
1.5.3. Papa Roja Ayacuchana.....	24
1.6. Huella hídrica (HH) y agua virtual (AV) .....	26
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>29</b>
2.1. Ubicación del estudio.....	29

2.1.1. Ubicación geográfica .....	29
2.2. Características climáticas .....	33
2.3. Características del suelo .....	33
2.3.1. Análisis físico del suelo .....	33
2.4. Materiales y equipos .....	34
2.5. Unidad experimental .....	35
2.5.1. Unidad experimental (UE) .....	35
2.5.2. Instalación y conducción de estudio .....	37
2.6. Parámetros de evaluación.....	42
2.6.1. Contenido de humedad.....	42
2.6.2. Coeficiente de Uniformidad.....	43
2.6.3. Programación de riego por goteo .....	44
2.6.4. Agua virtual.....	45
 <b>CAPÍTULO III</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
3.1. Variación del contenido de humedad con diferentes dosis de lluvia sólida .....	46
3.2. Evaluación del coeficiente de uniformidad .....	49
3.3. Programación de riego.....	54
3.4. Agua virtual en la producción de papa .....	56
Conclusiones .....	61
Recomendaciones .....	62
Referencias bibliográficas.....	63
Anexos .....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1.1.	Ficha técnica de lluvia sólida.....	15
Tabla 1.2.	Valores recomendados para caracterizar el coeficiente de uniformidad	19
Tabla 1.3.	Clasificación del coeficiente de varianza por fabricación.....	20
Tabla 1.4.	Clasificación de clases texturales por diámetro de partículas.....	20
Tabla 1.5.	Clasificación de clases texturales y su densidad aparente.....	21
Tabla 2.1.	Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico correspondiente a los años 2008-2018, Estación Meteorológica INIA – Ayacucho.....	31
Tabla 2.2.	Características físicas del suelo.....	34
Tabla 2.3.	Cantidad de lluvia sólida según tratamientos.....	39
Tabla 3.1.	Datos registrados para el cálculo del coeficiente de uniformidad (17 -07-2018).....	49
Tabla 3.2.	Datos ordenados en forma ascendente de la primera prueba, fecha (17 -07-2018).....	50
Tabla 3.3.	Datos registrados para el cálculo del coeficiente de uniformidad (20 -11-2018).....	51
Tabla 3.4.	Datos ordenados en forma ascendente de la segunda prueba, fecha (20-11-2018).....	52
Tabla 3.5.	Resultados del CU del sistema de riego instalado.....	53
Tabla 3.6.	Clasificación de coeficiente de varianza por fabricación.....	54
Tabla 3.7.	Cálculo de necesidades de riego del cultivo de papa “Roja Ayacuchana”.	55
Tabla 3.8.	Calendario de riego para el cultivo de papa “Roja Ayacuchana”....	55
Tabla 3.9.	Intervalo de riego por meses.....	56
Tabla 3.10.	Precipitación mensual.....	57
Tabla 3.11.	Volumen de riego aplicado en cada tratamiento.....	57
Tabla 3.12.	Volumen de agua virtual por 1kg en cada tratamiento.....	59
Tabla A1.	Cálculo de la evapotranspiración anual (Método Hargreaves).....	81
Tabla A2.	Agua virtual (T0).....	86
Tabla A3.	Agua virtual (T1).....	86
Tabla A4.	Agua virtual (T2).....	86
Tabla A5.	Agua virtual (T3).....	86
Tabla A6.	Análisis de varianza de rendimientos por cada tratamiento.....	88
Tabla A7.	Análisis de varianza de intervalos de riego por cada tratamiento....	88
Tabla A8.	Análisis de varianza de agua virtual por cada tratamiento.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1. Papa Roja Ayacuchana.....	25
Figura 2.1. Ubicación y localización del trabajo de investigación.....	30
Figura 2.2. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico correspondiente a los años 2008 al 2018, de la Estación Meteorológica INIA – Ayacucho.....	32
Figura 2.3. Croquis de la unidad experimental.....	36
Figura 2.4. Croquis de la unidad experimental con la distribución de tratamientos.....	37
Figura 2.5. Preparación del terreno con tractor.....	37
Figura 2.6. Surcado del terreno.....	38
Figura 2.7. Delimitación de las UE.....	38
Figura 2.8. Instalación del sistema de riego por goteo.....	39
Figura 2.9. Siembra de semillas de papa con lluvia sólida.....	40
Figura 2.10. Tapado de las semillas con lluvia sólida y abonamiento.....	40
Figura 2.11. Aporque.....	41
Figura 2.12. Control fitosanitario en las UE.....	41
Figura 2.13. Cosecha de papa Roja Ayacuchana.....	42
Figura 2.14. Tensiómetro en campo.....	43
Figura 2.15. Distribución de aforo de caudales en campo para medir el CU.....	43
Figura 3.1. Contenido de humedad a 10 cm de profundidad.....	46
Figura 3.2. Contenido de humedad a 20 cm de profundidad.....	47
Figura 3.3. Contenido de humedad a 30 cm de profundidad.....	48
Figura 3.4. Agua virtual por cada tratamiento (L).....	58
Figura 3.5. Volumen de agua en relación al rendimiento del cultivo de papa....	59
Figura A1. Ficha técnica del tensiómetro.....	73
Figura A2. Ficha técnica del tensiómetro.....	74
Figura A3. Ficha técnica de la cinta de riego.....	76
Figura A4. Ficha técnica de la cinta de riego.....	77
Figura A5. Croquis del sistema de riego por goteo.....	79
Figura A6. Curva Kc del cultivo de papa.....	82

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Hoja de datos de seguridad y ficha técnica de lluvia sólida.....	67
Anexo 2. Ficha técnica del tensiómetro.....	72
Anexo 3. Ficha técnica de la cinta de riego.....	75
Anexo 4. Sistema de riego por goteo.....	78
Anexo 5. Cálculos y datos para la programación de riego.....	80
Anexo 6. Datos de agua virtual por tratamiento.....	85
Anexo 7. Análisis estadístico.....	87
Anexo 8. Análisis de suelo.....	89
Anexo 9. Costos de producción y rentabilidad.....	92
Anexo 10. Panel fotográfico.....	96

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA a 2735 msnm, con el fin de determinar el contenido de humedad del suelo con diferentes dosis de lluvia sólida en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad “Roja Ayacuchana” en un suelo Franco Arcillo Arenoso; durante la época seca, entre el 19 de julio del 2018 al 29 de enero del 2019. La investigación en campo empleó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos (T0: testigo 0 kg/ha, T1: 60 kg/ha, T2: 120 kg/ha, T3: 180 kg/ha) con tres repeticiones, con un análisis de varianza NS. Para lograr los objetivos de la investigación a) contenido de humedad del suelo se utilizó un tensiómetro ubicado en la zona radicular a 10, 20 y 30 cm de profundidad, b) coeficiente de uniformidad evaluado en dos fechas, c) programación de riego planteada con datos de campo, d) agua virtual (azul + verde) se consideró al volumen de riego aplicado junto con las precipitaciones (datos obtenidos de la estación meteorológica INIA). Del estudio se concluye, que el coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo obtuvo 91.59% y 89.38%, siendo valores aceptables, el Tratamiento T3 mantuvo niveles de humedad constantes en los diferentes niveles de profundidad evaluados, con ello un mayor intervalo de riego, menor requerimiento del agua (6 320.0 M/ha) y mayor rendimiento (71.10 tn/ha) en comparación al tratamiento T2, T1 y testigo. El uso de lluvia sólida incrementa el contenido de humedad en el suelo, de esta manera beneficia en la reducción de volumen de agua aplicado, asimismo en la frecuencia y tiempo de riego.

**Palabras clave:** Lluvia sólida, coeficiente de uniformidad, agua virtual.

## INTRODUCCIÓN

El periodo prolongado de ausencia de las lluvias o falta de agua de riego perjudica notablemente a los agricultores en sus sembríos durante las campañas agrícolas. Frente a este problema surge como medio de solución la utilización de polímeros biodegradables “lluvia sólida” en la reducción y aprovechamiento del agua en la agricultura, a base de Poliacrilato de potasio, que es capaz de absorber grandes cantidades de agua y liberarla de forma progresiva, según la necesidad hídrica del cultivo.

Los agricultores que presencian un suceso de sequía extrema, califican la experiencia de traumática, fundamentalmente porque si no hay agua las posibilidades del desarrollo agrícola son mínimas, en los últimos años se reporta como una solución mitigadora de estos efectos el uso de una innovadora tecnología: los polímeros súper absorbentes, los que podrían “dar un respiro” en tiempos de escasez a miles de agricultores en todo el planeta (FAO, 2013).

El uso racional y eficiente del agua en riego de cultivos es un factor que cada día toma mayor importancia. En este sentido emplear polímeros que permitan incrementar la capacidad de retención de agua del suelo, aprovechar mejor el agua de lluvia o riego y a su vez disminuir las pérdidas por filtración, contribuye a mejorar la eficiencia en el manejo del agua, minimizar los costos y una buena producción. (Idrobo *et al.*, 2010)

Nuestra región de Ayacucho no ha sido ajena al déficit hídrico que sufre nuestro país en ciertas épocas del año, siendo más críticas durante la época de secano, perjudicando notablemente a nuestros agricultores, fracasando en sus cultivos u obteniendo un menor rendimiento, frente a estos problemas de escasez de agua se plantea el uso de lluvia sólida, como una opción para optimizar el riego y mejorar los rendimientos.

El presente trabajo busco evaluar el comportamiento de lluvia sólida en la retención de humedad del suelo en la producción de papa (*Solanum tuberosum*), variedad “Roja Ayacuchana”; esto debido a la escasez de lluvias y/o agua de riego en los cultivos, la investigación permitió evaluar los siguientes parámetros: el efecto de la aplicación de la lluvia sólida en la retención de humedad en el suelo , coeficiente de uniformidad del riego por goteo, calcular el volumen de agua virtual (verde y azul) y el rendimiento de papa con sistema de riego por goteo.

El periodo de estudio se desarrolló durante la campaña agrícola aproximadamente 194 días, donde se evaluó los parámetros ya mencionados.

Razón por la cual se realizó el presente trabajo de investigación con los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

Evaluar las diferentes dosis de lluvia sólida en el contenido adecuado de humedad, según las características físicas del suelo en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) a 2735 msnm, en distrito de Andrés Avelino Cáceres de provincia de Ayacucho -2018.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar la variación del contenido de humedad empleando diferentes dosis de lluvia sólida en un sistema de riego de alta frecuencia, en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
2. Evaluar el coeficiente de uniformidad del sistema de riego por goteo en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
3. Evaluar la programación del riego por goteo en el cultivo de papa empleando lluvia sólida, en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).
4. Calcular el agua virtual en la producción de papa empleando lluvia en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. ANTECEDENTES

Lluvia sólida es un polvo granular a base de potasio, degradable, no soluble y no tóxico cuya propiedad principal es la retención de agua, capaz de almacenar hasta 500 veces su peso en agua (dependiendo del tipo de suelo, calidad del agua, clima, planta, etc.), reteniendo la humedad en la raíz para mantenerla hidratada sin necesidad de riego o lluvia durante semanas. Las plantas irán tomando la humedad de acuerdo a sus necesidades, asegurando su crecimiento estable y saludable reduciendo las frecuencias de riego hasta en un 90 %. (Rico, S. 2018).

Se realizaron estudios en México con el objetivo de evaluar el efecto del hidrogel en mezclas de sustrato con aserrín y corteza de pino con cuatro niveles de riego en la producción de *Pinus greggii* en un vivero; obteniendo resultados estadísticamente favorables ( $p \leq 0.05$ ) en variables de altura, diámetro, peso seco del aparcado aéreo, peso seco de la raíz. El hidrogel obtuvo valores más altos para diámetro al nivel del cuello de la raíz (mejor calidad de planta y supervivencia en campo) con un sustrato 20 % de corteza + 80 % aserrín y  $4 \text{ g/L}^{-1}$ . (Maldonado *et al.*, 2011).

El comportamiento de la lluvia sólida sobre la eficiencia del uso del agua de riego en el cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) Cuba, en condiciones organopónicas, aplicando 3.0 gr de lluvia sólida por planta frente a testigos, obteniendo resultados favorables en cuanto a niveles de humedad en el suelo, ahorro de agua e incremento de la productividad agronómica del agua en valores de 28% y 78%. (Cisneros *et al.*, 2018)

Según Idrobo *et al.*, (2010) que realizó investigación en Colombia con la intención de comprobar la eficiencia en la retención de agua con hidrogel en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) en un suelo arenoso. Concluyendo que la mayor cantidad de

hidrogel en un suelo incrementa la eficiencia en la retención de la humedad de un suelo arenoso.

En México se evaluó el efecto de la aplicación de vermicomposta e hidrogel en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con el fin de evaluar la retención de humedad en el suelo y su respuesta en fotosíntesis, obteniendo resultados favorables con la dosis de 12.5 y 25 kg ha<sup>-1</sup>, indica que favoreció el crecimiento y productividad del maíz, al incrementar en promedio 31.5 % el contenido de humedad del suelo en relación con el testigo. Con la dosis de 25 kg/ha<sup>-1</sup>, el rendimiento fue mayor en un 44.7 %, con una producción de 19.1 t/ha<sup>-1</sup>, con respecto a las 13.2t/ha<sup>-1</sup> producidas por el testigo (Pedroza *et al.*, 2012)

## **1.2. LLUVIA SÓLIDA**

Rico, S. (2018) nos informa que la base de Lluvia Sólida es Poliacrilato de potasio, cuya estructura molecular permite la absorción y retención de hasta 200 veces su peso en agua.

La vida útil de Lluvia Sólida® es máximo de 10 años disminuyendo su capacidad de absorción 10% al año, durante dicho tiempo van a proveer a la planta de un suplemento regular de agua, evitando el estrés hídrico, fomentando la aireación, evitando la percolación y evaporación. Las partículas de Lluvia Sólida pueden secarse y volver a hidratarse cada ciclo de cultivo.

Esta tecnología es biodegradable, por lo tanto, no es toxica, de manera que no afecta los nutrientes, el suelo, ni el sabor de los alimentos, puede aplicarse en forma de polvo; mezclando directamente a la tierra, en la base de las raíces de las plantas, o en la forma hidrata “gelificada” junto con las semillas y tierra.

El fabricante del producto Silos de Agua, informa que El ing. Sergio Rico Velasco y silos de agua s.a. de c.v., Se reservan el derecho exclusivo del uso y explotación de la tecnología lluvia sólida®.

**Tabla 1.1.** Ficha técnica de lluvia sólida

<b>DESCRIPCIÓN</b>	
<b>Forma</b>	Granulado sólido Fino de 0 a 0.3 mm, medio de 0.35 a 0.5 mm
<b>Medidas del grano</b>	Grueso de 1.7 a 2 mm Muy Grueso de 3.2 a 4 mm
<b>pH</b>	Neutro
<b>Densidad</b>	0.7 – 0.85 kg/dm <sup>3</sup>
<b>Solubilidad en agua</b>	Insoluble
<b>Tiempo de adsorción</b>	De 5 a 45 min. Dependiendo de la medida del grano
<b>Almacenamiento</b>	Indefinido Poliacrilamida 94.13%
<b>Composición</b>	Humedad 5.87% Poliacrilato de potasio
<b>Vida activa en tierra</b>	Hasta 10 años (las sales de agua la reducen)
<b>Empaque</b>	Frascos de 500 gr y costales de 25 kg

Fuente: Rico, S. J. (2018).

### **1.2.1. Beneficios de la lluvia sólida**

Rico, S. J. (2018) nos indica los beneficios del uso de lluvia sólida:

- ✓ Permite la retención del agua de lluvia o riego formando Silos de Agua que nutren las plantas por periodos más prolongados, disminuyendo el estrés de las mismas causado ante la ausencia de agua.
- ✓ Ahorra agua al reducir los ciclos de irrigación y las cantidades de agua.
- ✓ Provee a las plantas de un suplemento regular de humedad.
- ✓ Reduce en un alto porcentaje la percolación de nutrientes en el suelo en función del agua que se recibe.
- ✓ Incrementa las reservas de agua de los suelos por muchos años.

### **1.2.2. Lluvia sólida en la agricultura**

Orbegoso (2017) menciona que se ha desarrollado importantes estudios e investigaciones sobre este polímero en diferentes cultivos e incluyendo el área de forestación, al mezclarse el polímero con el suelo se hace un uso eficiente del agua de lluvia o riego, al perderse menor cantidad de agua por filtración y también se disminuye la evaporación del mismo.

Sobre las aplicaciones en campo, se han experimentado rendimientos en las cosechas mayores al 300 por ciento; utilizando 50 por ciento menos de agua, 75 por ciento menos fertilizantes y 50 por ciento menos herbicidas (Teorema ambiental, 2002)

Rico, S. J. (2018) refiere al cultivo de maíz en Aguehedionda, Jalisco, con la siembra tradicional se logran 1 500 kg por hectárea y con el uso de Lluvia Sólida® se obtuvieron 3 300 kg por hectárea.

### **1.2.3. Modo de empleo de lluvia sólida**

La lluvia sólida debe aplicarse preferentemente durante la siembra de la semilla o en el trasplante de los árboles en forma de polvo que es su presentación original, con el objeto de que sean las lluvias o el riego los que lo hidraten. Si no se cuenta con lluvias próximas ni con sistemas de riego, se puede hidratar previamente y depositarlo con la semilla, permitiendo una rápida germinación. (Teorema ambiental, 2002)

Se recomienda abrir el surco, colocar los silos en el fondo, sobre ellos la semilla y ambos se cubren con tierra, con esto se logra una germinación y crecimiento de la planta e incluso levantar la cosecha sin lluvia y sin riego.

## **1.3. RIEGO POR GOTEO**

El riego por goteo se describe como un riego localizado, su diseño agronómico e hidráulico está ideado para reponer al suelo en forma localizada el consumo diario de agua. Este consumo está íntimamente relacionado con la demanda atmosférica por agua y el contenido de agua del suelo (Domínguez, 1993) citado por Porras (2015)

Un sistema de riego por goteo es aquel que aplica agua filtrada dentro o sobre el suelo, directamente a cada planta de forma individual. Los emisores que son incorporados a la línea lateral suministran las necesidades de agua a cada planta (García, 2007).

### **1.3.1. Ventajas y desventajas del riego por goteo**

Medina (2000) indica las siguientes ventajas en un sistema de riego por goteo:

#### **a) Ventajas**

- ✓ Optimización del agua para riego, mano de obra, abono, fertilizantes y productos fitosanitarios empleados la producción.

- ✓ Permite realizar, juntamente al riego, diferentes labores culturales, pues al haber zonas secas, no presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno.

Medina (2000) en la misma publicación de riego por goteo, teoría y práctica indica las siguientes desventajas en el riego por goteo:

#### **b) Desventajas**

- ✓ Es un sistema muy caro de instalar, por lo que existe una limitación de tipo económica en su aplicación en los cultivos.
- ✓ En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege de las mismas, por lo que su uso debe descartarse.
- ✓ Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua, y que, en ocasiones puede acarrear daño a la instalación y al cultivo.

#### **1.3.2. Componentes del sistema de riego por goteo**

Un equipo de riego por goteo básicamente consiste en:

##### **a) Fuente de abastecimiento de agua**

La fuente de agua puede ser superficial (un río, un lago, un embalse); subterráneas (pozos), una red de abastecimiento pública, la cual puede estar abierta a la atmósfera o presurizada.

Si se dispone de una fuente de agua propia, es posible diseñar la estación de bombeo de acuerdo a las exigencias de caudal y de presión del área bajo riego. (Moshe, 2006).

##### **b) Elementos para el filtrado y el tratamiento del agua**

Moshe (2006) en la misma publicación de Riego por Goteo define que las pequeñas dimensiones de los conductores por los cuales fluye el agua dentro de los goteros los hacen susceptibles a la obturación por partículas en suspensión y por materia que se precipitan del agua de riego.

##### **c) Tuberías de conducción**

Palomino (2009) las tuberías se van bifurcando desde el cabezal de riego, hasta llegar a los emisores o goteros.

- **Primaria o principal:** es la tubería del cabezal de riego, llevando agua desde este hacia las distintas bifurcaciones
- **Secundaria:** son aquellas tuberías que nacen de la primaria
- **Terciarias:** nacen de las secundarias y llevan el agua desde estas hasta los ramales

#### **d) Laterales de riego**

Son tuberías que se sitúan dentro del cultivo a lo largo de la hilera de plantas. Normalmente son de 16 y 20 mm en función del caudal a distribuir y la longitud de riego. El material es polietileno de baja densidad. Estos se conectan a las tuberías terciarias a través de conectores iniciales que son dispositivos muy prácticos formados por una espiga.

#### **e) Accesorios de control y monitoreo**

Medidores de agua y válvulas volumétricas se emplean para medir y controlar la entrega de agua a cada sector. Los reguladores de presión se instalan a fin de prevenir presiones que exceden la presión de trabajo (PN) de la tubería en cada sector de riego (Moshe, 2006).

### **1.3.3. Coeficiente de uniformidad**

Para que un sistema de riego localizado y/o aspersión funcionen correctamente, se deben realizar ciertas evaluaciones en su funcionamiento, una de ellas en el RLAF es el coeficiente de uniformidad, dicho término fue introducido por Merriam, J. & Keller, J. 1978 y detalla cierta metodología.

#### **1.3.3.1. Coeficiente de uniformidad de caudales**

$$CU = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100 \quad \text{Ec. (1.1)}$$

Dónde:

Cu = Es el coeficiente de uniformidad de riego del módulo evaluado en el Campo, en %

$q_{25\%}$  = Es la media del 25% de valores más bajos de agua recogida

$q_{m\%}$  = Es la media de todos los volúmenes de agua recogida

**Tabla 1.2.** Valores recomendados para caracterizar el coeficiente de uniformidad

Valor del coeficiente de uniformidad	Calificación
90 – 100%	Excelente
80 – 90%	Buena
70 – 80%	Aceptable
Menor de 70%	Inaceptable

Fuente: Merriam, J. & Keller, J. 1978.

La falta de uniformidad en el riego por goteo puede deberse a los siguientes puntos:

- Diferencias de presión en la red de distribución.
- Diferencias de presión en las tuberías porta - goteros.
- Diferencias en el caudal que emite cada gotero ya sean por defecto de fabricación, obturación o envejecimiento del material.

### 1.3.3.2. Coeficiente de varianza de fabricación (CV)

Pizarro (1996) nos dice que el coeficiente de variación es un término estadístico característico en los RLA, al referirlo a los emisores se puede ampliar su nombre definiéndolo como coeficiente de variación de fabricación.

La desviación típica se define como la raíz cuadrada de la media aritmética de lo cuadrado de las desviaciones respecto de la media:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n}} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

Dónde:

$\sigma$  = desviación típica

$q_i$  = caudal del emisor

$n$  = número de emisores

$q_a$  = caudal medio =  $\frac{\sum q_i}{n}$

La desviación típica tiene el inconveniente de ser una medida de la dispersión absoluta, para lo cual se emplea el Coeficiente de variación (CV):

$$CV = \frac{\sigma}{q_a} \quad \text{Ec. (1.3)}$$

En función del coeficiente de variación ( $CV_f$ ) por fabricación se pueden clasificar en:

**Tabla 1.3.** Clasificación del coeficiente de varianza por fabricación

Clasificación	$CV_f$	$CV_f$ (%)
Excelente	inferior a 0.05	5
Buena	de 0.05 a 0.10	10
Marginal	de 0.10 a 0.15	15
Baja	superior a 0.15	> 15

Fuente: Moshe, 2006

#### 1.4. AGUA EN EL SUELO Y EN LAS PLANTAS

El suelo es la reserva natural de agua con una capacidad variada, según los espacios entre las partículas del suelo. Una de las principales funciones es proporcionar una cantidad adecuada de agua a las plantas según su desarrollo. (Valverde, 2007)

La pérdida de agua en las plantas es por las hojas (transpiración), esta debe ser compensada por la absorción de agua desde el suelo. Si no llegase a suceder, la planta se deshidrata, cerrando sus estomas, reduciendo la producción de materia orgánica por fotosíntesis. (FAGRO, 2000)

##### 1.4.1. Propiedades físicas del suelo relacionadas al riego

###### a) Textura del suelo

La textura es la composición granulométrica de la fracción inorgánica del suelo.

Vásquez, *et al.*, (1992) nos dice que está determinado por la proporción que existe entre las diferentes fracciones granulométricas como: arena, limo y arcilla. Las fracciones granulométricas se clasifican en tres clases texturales

**Tabla 1.4.** Clasificación de clases texturales por diámetro de partículas

Textura	Diámetro de las partículas
Arenosas	2- 0.05 mm
Limosas o francas	0.05-0.002mm
Arcillosas	partícula < 0.002mm

Fuente: El Riego; Principios Básicos - Absalón Vásquez V., Lorenzo Chang

### b) Densidad aparente ( $d_a$ )

Es la relación del peso de una partícula sobre el volumen de los sólidos, varía (2.5-2.7)  $\text{g/cm}^3$

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$d_a = \frac{P_{sse}}{V_t} \quad \text{Ec. (1.4)}$$

Dónde:

$P_{sse}$  = peso de suelo seco a la estufa (g)

$V_t$  = volumen total ( $\text{cm}^3$ )

Valores representativos para las diferentes clases texturales, se tiene:

**Tabla 1.5.** Clasificación de clases texturales y su densidad aparente

Textura	Densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ )
Suelo arenoso	1.51 - 1.70
Suelo franco	1.31 - 1.50
Suelo arcilloso	1.00 - 1.30

Fuente: El Riego; Principios Básicos - Absalón Vázquez V., Lorenzo Chang

### c) Densidad real o densidad de partículas ( $d_r$ )

Es la densidad de la fase sólida del suelo. Este valor es comúnmente constante en la mayoría de los suelos, y oscila en torno a  $2.65 \text{ g/cm}^3$ . La variación puede deberse a la cantidad de materia orgánica en el suelo. (Jordán., 2005)

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$d_r = \frac{P_{sse}}{V_{sol}} \quad \text{Ec. (1.5)}$$

Dónde:

$P_{sse}$  = peso de suelo seco a la estufa (g)

$V_{sol}$  = volumen de los sólidos ( $\text{cm}^3$ )

## 1.4.2. Coeficientes hídricos del suelo

### a) Capacidad de campo (CC)

(Vásquez, *et al.*, 1992) nos dice que es la máxima capacidad en retención de agua por un suelo, sin problemas de drenaje y que alcanza según la textura del suelo, después de un riego pesado (12-72 horas).

La cantidad de agua depende: de la estructura, materia orgánica y textura del suelo.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$CC = \frac{(P_{sh} - P_{ss})}{P_{ss}} \times 100 \quad Ec. (1.6)$$

Dónde:

$P_{sh}$  = peso de suelo húmedo (g)

$P_{ss}$  = peso de suelo seco (g)

### b) Punto de marchitez permanente (PMP)

Representa el límite mínimo de agua, por debajo del cual la planta ya no puede aprovecharlo. Esto dependerá del tipo de suelo y planta, la presión debe ser  $< 16.5 \text{ atm}$  (Velazco, 1979).

Es el punto en el cual la vegetación muestra síntomas de marchitamiento, caídas de hojas, escaso desarrollo de fructificación, esto se debe al flujo retrasado de agua del suelo hacia la planta (Vásquez, *et al.*, 1992)

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\%PMP = \frac{(P_{sh} - P_{ss})}{P_{ss}} \times 100 \quad Ec. (1.7)$$

Dónde:

$\%PMP$  = punto de marchitez permanente, en porcentaje con base en suelo seco %

$P_{sh}$  = peso de suelo húmedo (g)

$P_{ss}$  = peso de suelo seco (g)

## **1.5. PAPA (*Solanum tuberosum*)**

### **1.5.1. Taxonomía**

Egúsqüiza (2000) clasifica la taxonomía de la papa en caracteres florares, lo que ha permitido clasificarlo de manera siguiente:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógama
Sub. División	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledóneas
Sub. Clase	: Simpétala o Metaclamídea
Orden	: Tubíflora
Familia	: Solanácea
Género	: Solanum
Serie	: Tuberosa
Especie	: <i>Solanum tuberosum</i>
Variedad	: Roja Ayacuchana

### **1.5.2. Morfología de la papa**

El estudio de la morfología de la papa tiene especial importancia para la identificación de variedades (Lira, 1994).

#### **a) Brote**

El brote es un tallo que se produce en el ojo del tubérculo. El tamaño y aspecto del brote varía según las condiciones en las que se ha almacenado el tubérculo. Cuando se siembra el tubérculo los brotes apresuran su crecimiento y al surgir a la superficie del suelo, se convierten en tallos. (Egúsqüiza., 2000)

#### **b) Tallo**

Está compuesto por estolones y tubérculos. Este es generalmente de color verde y algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado (INIA, 2009).

#### **c) Raíz**

Su principal objetivo es de absorción de agua y nutrientes contenidos en el suelo, la planta no se desarrollaría óptimamente si no hay buen desarrollo de raíces (Lira, 1994).

#### **d) Hoja**

Se encarga de captar y transformar la energía luminosa en energía alimenticia. La cantidad de folíolos de la hoja determina su disectividad (cantidad de folíolos). La superficie de las hojas es la fuente de, energía que utiliza la planta de papa para el crecimiento desarrollo y almacenamiento (Egúsquiza, 2000)

#### **e) Flor**

Es la estructura aérea que tiene la función de reproducción sexual (Ezeta, 1986)

Las flores de la papa son bisexuales (tienen ambos sexos), y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo (INIA, 2009).

#### **f) Fruto y semilla**

Las semillas de papa son de dos clases: semilla sexual o botánica y semilla asexual como plántulas in Vitro, brotes, esquejes de tallo, tubérculos. La semilla de papa es una estructura botánica que se encuentra en condición disponible, económica y oportuna para regenerar una nueva planta de papa sana, productiva y con las características de la variedad elegida. (Ezeta, 1986)

#### **g) Estolón**

Los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. (INIA, 2009).

#### **h) Tubérculo**

Son tallos modificados y forma parte de uno de los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. El tubérculo de papa es el tallo subterráneo especializado para el almacenamiento del excedente de energía (almidón), (Egúsquiza, 2000).

### **1.5.3. Papa Roja Ayacuchana**

El boletín informativo de papa INIA 316- Roja Ayacuchana menciona (INIA 2013):

La nueva variedad de papa INIA 316 - Roja Ayacuchana, es el resultado de 10 años de investigación. Se evaluó en diferentes ambientes de la región Ayacucho, en las provincias de Huamanga, Vilcashuamán, Cangallo y Huanta, principalmente en los distritos de Acocro y Chiara, zonas de mayor producción. La experimentación se

desarrolló en condiciones agroecológicas diversas, desde los 2 100 a 3 900 m de altitud en los departamentos de Ayacucho y Apurímac.



**Figura 1.1.** Papa Roja Ayacuchana

**a) Época de siembra**

Todo el año

**b) Suelos**

Requiere de suelo suelto y profundo, de estructura granular, fértil y buenas condiciones de aireación.

**c) Densidad de siembra**

Distancia entre surcos : 1.00 m

Distanciamiento entre plantas: En campos comerciales responde muy bien a 40 cm entre plantas (25 000 plantas ha<sup>-1</sup>) y en semilleros de 30 a 25 cm entre plantas (33 000 a 40 000 plantas ha<sup>-1</sup>).

**d) Fertilización**

La fertilización media de 120-140-140 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, complementado con 1 tonelada de abono orgánico por ha (estiércol, gallinaza, guano de islas).

**e) Deshierbo**

Realizar el deshierbo a los 30 días de la siembra, para favorecer la oxigenación de la zona de raíces y eliminar malezas que compiten con la planta.

#### **f) Aporques**

Realizar el deshierbo a los 30 días de la siembra, para favorecer la oxigenación de la zona de raíces y eliminar malezas que compiten con la planta.

### **1.6. HUELLA HÍDRICA (HH) Y AGUA VIRTUAL (AV)**

ANA (2015) define huella hídrica como un indicador que permite identificar el volumen de agua requerido, sea directa o indirectamente, a través de la cadena de suministro, para elaborar un producto.

La definición de Huella Hídrica está íntimamente ligada al de agua virtual. El concepto de agua virtual (AV) fue propuesto por el británico John Anthony Allan (1993). Se deduce como lo virtual opuesto a lo real o tangible (que se puede ver), viene a ser la cantidad de agua requerida para producir, empacar y transportar todo lo que consumimos como bienes, productos o para posibilitar un servicio.

Los conceptos de agua virtual y HH pueden parecer muy similares, pero son diferentes. La HH es una noción más amplia que engloba al concepto de agua virtual. El agua virtual o también conocido como el “agua invisible” vendría a entenderse también como agua de consumo humano que se ocupa solo de las Huellas Verde y Azul. Por su parte, la HH es un indicador de consumo de agua que estudia los tres componentes de esta: las Huellas Verde, Azul y Gris (Hoekstra y Mekonnen, 2012).

Arjen *et al.* Chapagain (2011) nos dice que el AV viene a ser el agua que se ha empleado en producir un cierto cultivo desde su siembra hasta la cosecha. El contenido de agua está en función al rendimiento del cultivo y para ello debe desarrollarse en condiciones favorables de clima, suelo y agua. El suelo debe contar con un contenido de agua necesario para mantener una humedad óptima del suelo, el cual será aprovechado por el cultivo.

Vásquez, *et al.*, (2017) menciona que el contenido de agua de un producto, como un bien o un servicio, representa la cantidad de agua dulce que se ha requerido para fabricarlo, producirlo u obtenerlo; teniendo en cuenta todas sus etapas de producción. Se puede decir, que al hacer mención del término “agua virtual” nos referimos al volumen total de agua dulce consumida, de forma directa o indirecta, en la producción o fabricación del bien o servicio.

Clases de agua virtual: Al agua virtual se puede clasificar de acuerdo a su origen:

- ✓ **Agua virtual azul ( $AV_{\text{azul}}$ )**, comprende a las aguas superficiales y/o subterráneas y que son utilizadas en la producción del bien o servicio.
- ✓ **Agua virtual verde ( $AV_{\text{verde}}$ )**, es el volumen de agua de lluvia que se almacena en el suelo y que es usada durante el proceso de producción de un bien o un servicio.
- ✓ **Agua virtual gris ( $AV_{\text{gris}}$ )**, se refiere al agua contaminada o agua servida que resulta de la producción de bienes y servicios.

La relación de la huella hídrica (HH) con las clases de agua virtual se tiene:

$$\mathbf{HH} = AV_{\text{azul}} + AV_{\text{verde}} + AV_{\text{gris}}$$

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **2.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO**

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria - Ayacucho; entre el mes de julio 2018 al mes de enero del 2019.

Geográficamente está ubicado a 13°09 '51" Sur y 74°12'23" Oeste a una altitud de 2735 msnm.

#### **2.1.1. Ubicación geográfica**

Región : Ayacucho  
Provincia : Huamanga  
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray  
Lugar : Parcela experimental Estación Experimental Agraria Canaán del  
Instituto Nacional de Investigación e Innovación Agraria

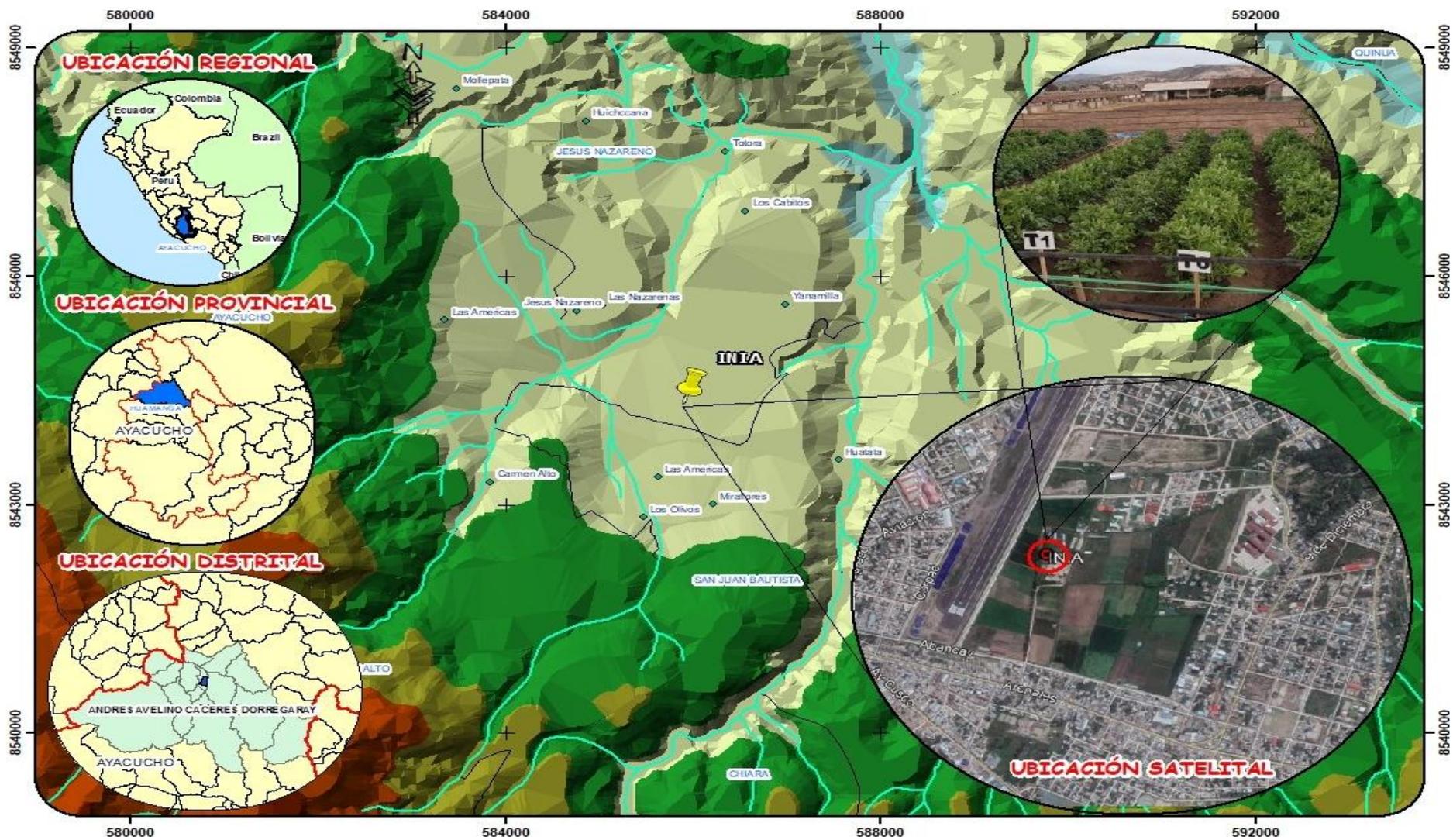
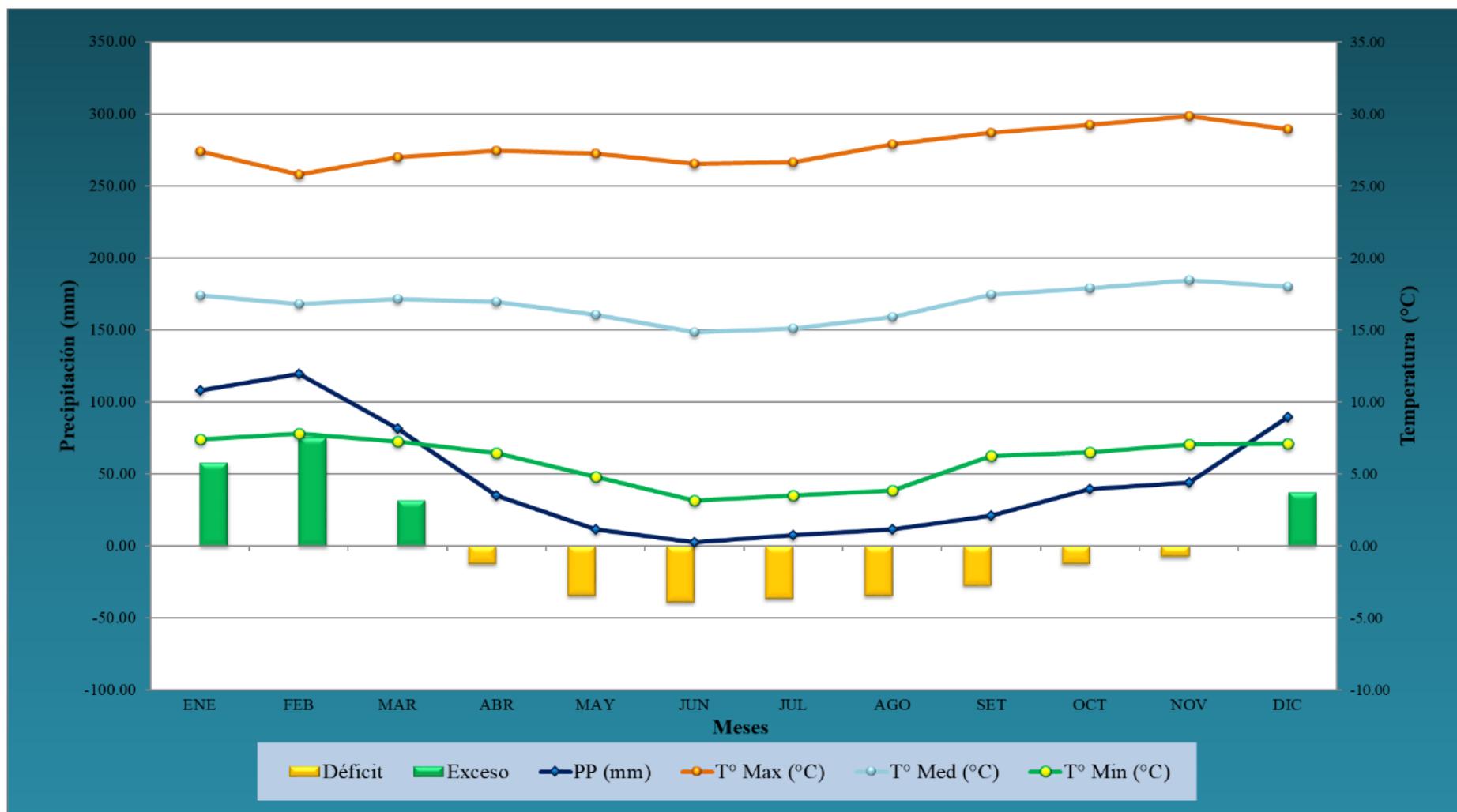


Figura 2.1. Ubicación y localización del trabajo de investigación

**Tabla 2.1.** Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico correspondiente a los años 2008-2018, Estación Meteorológica INIA – Ayacucho

Meses	Unid	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Prom
T° Máxima	°C	27.40	25.81	26.99	27.45	27.25	26.52	26.66	27.89	28.67	29.25	29.85	28.92		27.72
T° Mínima	°C	7.38	7.81	7.25	6.45	4.82	3.16	3.53	3.87	6.24	6.51	7.05	7.10		5.93
T° Media	°C	17.39	16.81	17.12	16.95	16.04	14.84	15.09	15.88	17.45	17.88	18.45	18.01		16.83
Factor		4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96		
ETo	mm	86.26	75.30	84.93	81.36	79.54	71.24	74.86	78.77	83.78	88.69	88.56	89.33	982.63	81.89
Precipitación	mm	108.01	119.53	81.68	34.92	11.70	2.69	7.34	11.40	21.16	39.40	44.23	89.67	571.73	
H del suelo	mm	57.82	75.71	32.27	-12.42	-34.58	-38.76	-36.22	-34.43	-27.58	-12.21	-7.30	37.70		
Déficit	mm	---	---	---	-12.42	-34.58	-38.76	-36.22	-34.43	-27.58	-12.21	-7.30	---		
Exceso	mm	57.82	75.71	32.27	---	---	---	---	---	---	---	---	37.70		



**Figura 2.2.** Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico correspondiente a los años 2008 al 2018, de la Estación Meteorológica INIA – Ayacucho

## **2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

En la tabla 2.1 se muestra los datos mensuales de temperatura (mínimas, máximas y promedios), precipitaciones, promedios mensuales y total anual registrados en la estación meteorológica INIA, datos que sirvieron para elaborar el balance hídrico.

El clima es semiárido de acuerdo a la pluviometría con una temperatura máxima promedio de 27.7 °C, temperatura mínima promedio 5.9 °C y una temperatura media de 16.8 °C; la precipitación total anual es de 571.73 mm.

Presenta dos estaciones una lluviosa, que inicia en diciembre, se prolonga hasta marzo y la época seca que inicia en abril y termina en octubre. (ver tabla 2.1 y figura 2.2)

## **2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO**

Se evaluó las características físicas del suelo antes de realizar la siembra del cultivo de papa. El análisis consistió en sacar una pequeña muestra del suelo seleccionado para las unidades experimentales y se llevó al laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes Multiservicios Agrolab, obteniendo los siguientes resultados:

### **2.3.1. Análisis físico del suelo**

El análisis físico - químico de un suelo es muy importante para saber el grado de fertilidad en que se encuentra dicha área de investigación: para ello se ha tomado una muestra en situ, de una profundidad de 30 cm.

Un promedio de 0.50 kg, el cual se analizó en laboratorio obteniendo los siguientes resultados como se indica en la tabla 2.2.

El análisis físico del suelo, se realizó en el laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes, "Multiservicios Agrolab".

**Tabla 2.2.** Características físicas del suelo

Características		Resultados	Interpretación	
		Contenido	Método	
<b>Características físico del suelo</b>				
Arena	(%)	48	Bouyuocos	
Limo	(%)	22	Bouyuocos	
Arcilla	(%)	30	Bouyuocos	
Textura		Fr-Ar-Ao		Franco Arcillo Arenoso
Capacidad de campo	(%)	25.02		
Punto de marchitez	(%)	13.98		
Densidad aparente	(g/cm <sup>3</sup> )	1.18		
<b>Características químicas del suelo</b>				
pH		6.48	Potenciómetro	Ligeramente ácido
C.E	(ds/m)	0.19	Turbimetría	Suelo libre de sales
CaCO <sub>3</sub>	(%)	0.00	Volumétrico	
M.O	(%)	2.92	Walkley- black	Contenido moderado
Nt	(%)	0.14	Micro-kjeldahl	
P	(ppm)	49.40	Bray-Zurtz	Contenido alto
K	(ppm)	405.00	Turbimetría	Contenido alto
Ca+2	(Cmol(+)/kg)	15.62	Fotometría	
Mg+2	(Cmol(+)/kg)	3.79	Fotometría	
K+	(Cmol(+)/kg)	2.02	Fotometría	
Na+	(Cmol(+)/kg)	0.30	Fotometría	
Al+3	(Cmol(+)/kg)	0.00	Yuan	
H+	(Cmol(+)/kg)	0.00	Yuan	
CIC	(Cmol(+)/kg)	23.58	Saturación	Nivel medio

Fuente: laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes Multiservicios Agrolab -2018

## 2.4. MATERIALES Y EQUIPOS

### Delimitación de las UE

- ✓ 12 estacas
- ✓ 01 bolsa de yeso
- ✓ Cinta métrica de 20 m

### Cultivo de papa

- ✓ 360 Semillas de papa (material vegetal genético INIA –variedad Roja Ayacuchana)
- ✓ 1.080 kg Lluvia sólida
- ✓ 1.50 saco de fertilizantes

### **Sistema de riego**

- ✓ 150 m de cinta riego por goteo
- ✓ 30 m de manguera de polietileno de Ø 1 pulgada
- ✓ 12 válvulas CTR para cinta de riego Ø 16 mm
- ✓ 01 taladro manual

### **Determinar el coeficiente de uniformidad**

- ✓ 50 recipientes de plástico de 250 ml de capacidad y 9.5 cm de diámetro interior
- ✓ 02 probetas graduadas de 250 ml de capacidad
- ✓ 01 cronometro digital
- ✓ Fichas de registro

### **Equipos**

- ✓ 01 cámara fotográfica
- ✓ 02 maquinarias agrícolas (Tractor New Holland T5.120) y (Yanmar modelo af1110ex)
- ✓ 01 tensiómetro de 30 cm marca IRROMETER - Modelo SR
- ✓ 01 balanza gramera digital, capacidad 1gr a 10kg
- ✓ 01 mochila fumigadora capacidad 20 L
- ✓ 01 estufa eléctrica

## **2.5. UNIDAD EXPERIMENTAL**

### **2.5.1. Unidad experimental (UE)**

La unidad experimental estuvo constituida por 3 parcelas, cada parcela con las 3 diferentes dosis de lluvia sólida y su testigo, se sembró papa de variedad Roja Ayacuchana con surcos de 10 m de largo, 1m de distanciamiento entre surcos y 0.30 m de distanciamiento entre plantas.

Se procedió con un sorteo al azar de los 4 tratamientos para su respectiva ubicación en cada parcela, la evaluación se realizó por efecto de borde.

## Características de la unidad experimental

### Parcelas

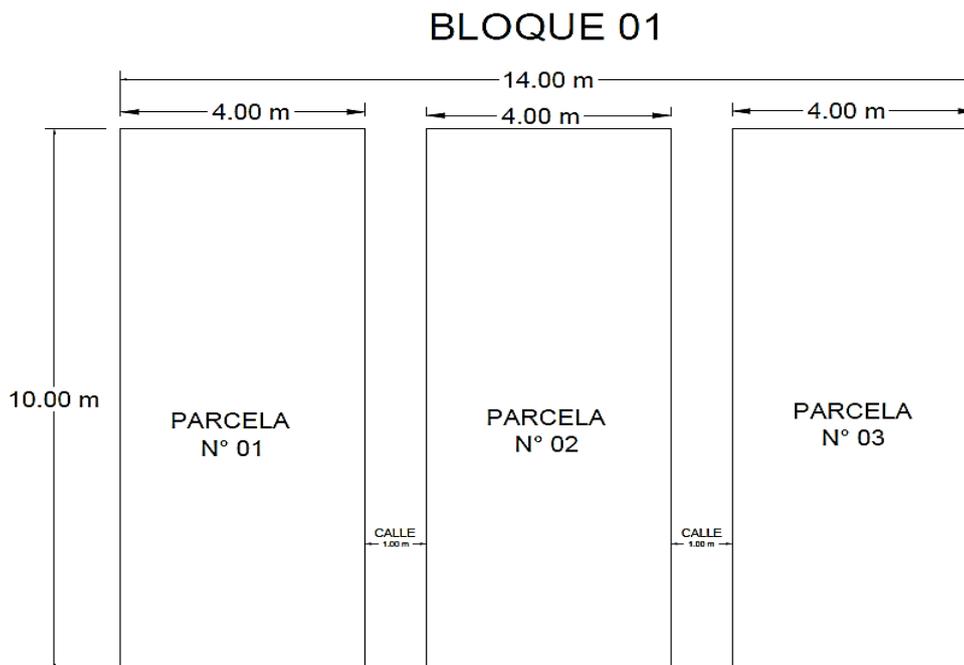
- ✓ Ancho de la parcela : 4.0 m
- ✓ Largo de la parcela : 10.0 m
- ✓ Área de la parcela : 40.0 m<sup>2</sup>
- ✓ N° de surcos por parcela : 04
- ✓ N° de plantas / surco : 30 plantas
- ✓ Largo de surco : 10.0 m
- ✓ Distancia entre surcos : 1.0 m

### De las calles

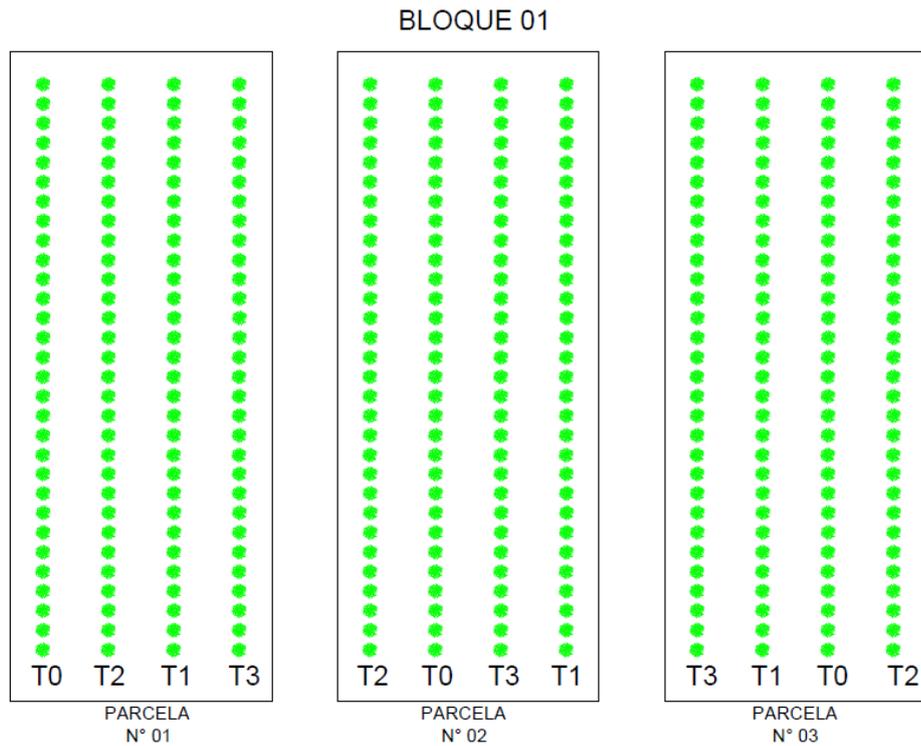
- ✓ Largo de la calle : 10.0 m
- ✓ Ancho de la calle : 1.0 m
- ✓ Área de la calle : 10.0 m<sup>2</sup>

### Bloque

- ✓ N° de bloques : 01 bloque
- ✓ Largo del bloque : 14.0 m
- ✓ Ancho del bloque : 10.0 m
- ✓ Área del bloque : 140.0 m<sup>2</sup>



**Figura 2.3.** Croquis de la unidad experimental



**Figura 2.4.** Croquis de la unidad experimental con la distribución de tratamientos

### 2.5.2. Instalación y conducción de estudio

#### a) Preparación del terreno

Esta actividad se realizó el 16 de julio del 2018, empleando la maquinaria agrícola del tractor acoplado con arado de discos y rastra, en forma cruzada dejando el terreno desterronado, mullido y nivelado.



**Figura 2.5.** Preparación del terreno con tractor

### b) Surcado

En la figura 2.6 se observa el surcado del terreno después de realizada la preparación del mismo, la labor del surcado fue efectuado con una surcadora, el 17 de julio del 2018, considerando las distancias entre surcos de 1.00 m y las calles a 1.00 m, de acuerdo al croquis del campo experimental.



**Figura 2.6.** Surcado del terreno

### c) Delimitación del campo experimental

Concluido con el surcado del terreno, se delimitó las 03 parcelas mediante estacado y marcado, de acuerdo al croquis del campo experimental.



**Figura 2.7.** Delimitación de las UE

#### d) Riego

Realizada la delimitación en las unidades experimentales se procedió con la instalación del sistema de riego por goteo en las 3 UE, también se realizó la prueba de coeficiente de uniformidad y la purga respectiva del sistema. Se realizó el riego de acuerdo a la evaluación del contenido de humedad del suelo (Tensiómetro).



**Figura 2.8.** Instalación del sistema de riego por goteo

#### e) Tratamientos de lluvia sólida empleados

Se consideró como referencia 10 g del producto de lluvia sólida para mezclas en 1.000 ml de agua, manteniendo las recomendaciones del producto (Lluvia Sólida®) para el cultivo de papa (50 a 75 kg/ha) se escogió los tratamientos que se muestran en la Tabla 2.3, la preparación se realizó según la dosis ya establecida, guardando este producto en 3 contenedores multiusos. Se utilizaron 1.080 kg del polímero “lluvia sólida” en la investigación.

**Tabla 2.3.** Cantidad de lluvia sólida según tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis Lluvia sólida (kg/ha)</b>	<b>Área por tratamiento (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Repeticiones por tratamiento</b>	<b>Cantidad de polímero (kg)</b>
T0	0	30	3	0.000
T1	60	30	3	0.180
T2	120	30	3	0.360
T3	180	30	3	0.540
			<b>TOTAL</b>	<b>1.080</b>

#### f) Siembra

La siembra se realizó el 19 de julio del 2018 en forma de golpes, depositándose las semillas equidistantemente a 0.30m, tapando las semillas a una profundidad de 10.0 cm. Según las recomendaciones de Lluvia Sólida®, se hizo un pequeño hoyo dentro de la lluvia sólida hidratada, donde se situó la semilla, con el fin de que esta se adhiera a las raíces.



**Figura 2.9.** Siembra de semillas de papa con lluvia sólida

#### g) Fertilización

Dicha actividad se llevó acabo el día de la siembra, con una fertilización media de 120-140-140 (NPK), se distribuyó entre semillas cloruro de potasio con fosfato diamónico (85 g), luego se cubrió con una capa de tierra para evitar su arrastre.



**Figura 2.10.** Tapado de las semillas con lluvia sólida y abonamiento

#### **h) Aporque**

Esta labor se realizó el día 3 de setiembre del 2018 cuando las plantas tenían un promedio de 25 cm de altura (46 días después de la siembra), este aporque fue alto, se utilizó azadones; con esta labor se dio mayor estabilidad a las plantas, para evitar el tumbado por el viento y dar mejor anclaje a las raíces; a la vez se aprovechó para completar la fertilización del nitrato de amonio.



**Figura 2.11.** Aporque

#### **i) Control fitosanitario**

Las principales plagas que se observó durante el crecimiento vegetativo de la papa fueron los siguientes: polilla (*tuta absoluta*) y mosca blanca “*Aleurothrixus floccosus*”; para lo cual se realizó el control respectivo con Pounce, Zuxion. El control sanitario se realizó cada tres semanas después del aporque hasta la etapa de senescencia.



**Figura 2.12.** Control fitosanitario en las UE

## **j) Cosecha**

Esta se realizó el 29 de enero del 2019 considerando aspectos de madurez de planta y tubérculo, se realizó manualmente, con azadones, separando por cada tratamiento y parcela, para hacer la respectiva comparación en cuanto a rendimiento de dicho cultivo.



**Figura 2.13.** Cosecha de papa Roja Ayacuchana

## **2.6. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN**

### **2.6.1. Contenido de humedad**

Se realizó la lectura del contenido de humedad en los diferentes tratamientos con el tensiómetro, de acuerdo al crecimiento del cultivo, en 3 diferentes profundidades: (10 cm, 20 cm y 30 cm) previamente calibrado en campo.

El tensiómetro se instaló en cada tratamiento, con el fin de llevar un registro de la humedad registrada en cada tratamiento hasta la fase de senescencia del cultivo.

Este se ubicó a 5 cm de la planta, evitando maltratar las raíces y los tubérculos durante el crecimiento vegetativo, se ubicaron en 1/3 y 1/4 de la hilera a evaluar (cada tratamiento).

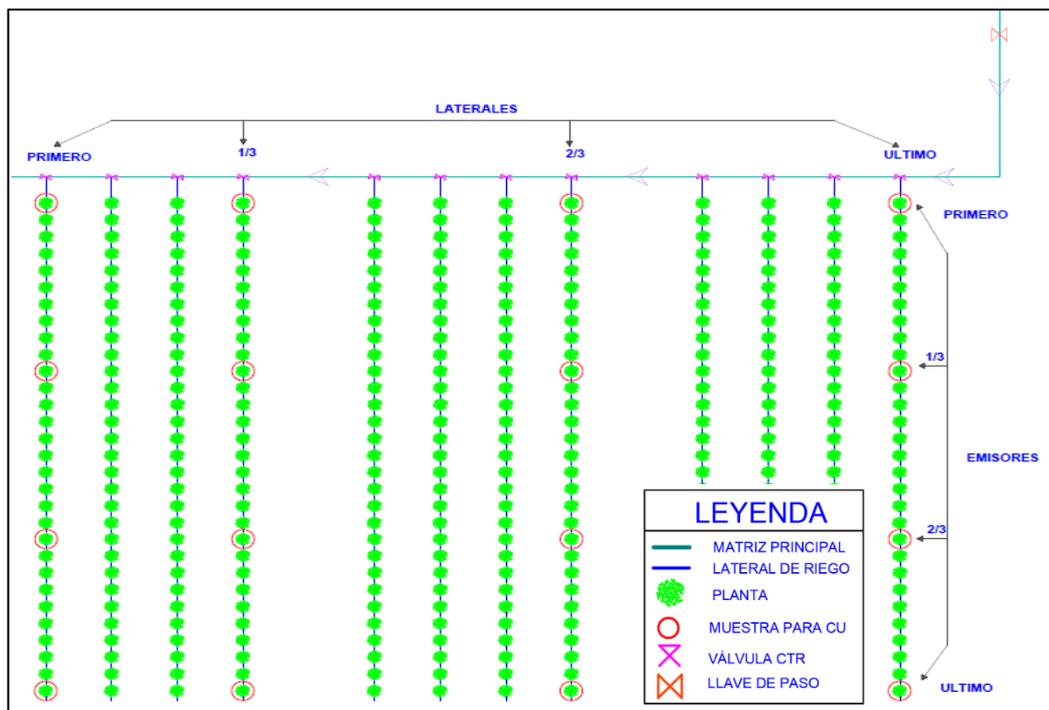
El tensiómetro utilizado fue de la marca IRROMETER de 30 cm, cuyas características principales se muestran en anexo 02, se tuvo en cuenta las precipitaciones y el riego aplicado.



**Figura 2.14.** Tensiómetro en campo

### 2.6.2. Coeficiente de uniformidad

El coeficiente de uniformidad de un riego describe el espesor de la lámina infiltrada que recibe la tierra. Este coeficiente es de utilidad tanto para el diseño de riego como para la evaluación del sistema. Se determinó el coeficiente de uniformidad teniendo en consideración los caudales por cada emisor, para obtener el porcentaje de la eficiencia de riego. Se puso a funcionar la instalación según las condiciones normales de operación.



**Figura 2.15.** Distribución de aforo de caudales en campo para medir el CU

### **Evaluación del coeficiente de uniformidad**

- Se realizaron dos evaluaciones, evaluación N° 1 se realizó dos días previos a la siembra (17 -07-2018) y N° 2 la segunda evaluación a mediados de temporada del crecimiento del cultivo (20 -11-2018)
- Se trabajó en las 3 parcelas, seleccionando 6 goteros por lateral tratando de abarcar toda el área, haciendo un total 72 goteros por todo el sistema (riego por goteo).
- Los 6 goteros por lateral se eligieron de tal forma que la primera fue la más cercana al punto de alimentación (matriz principal), la última y más lejana a la válvula y las otras cuatro estuvieron situadas a distancias proporcionales a estas dos primeras.
- Una vez definidos los puntos para la toma de muestras, se procedió a recolectar el agua de los goteros, haciendo uso de un cronómetro por un tiempo de 2 min, posteriormente estos volúmenes se vertieron en una probeta, y las lecturas se anotaron en un formato prediseñado para la evaluación (**Tabla 3.1 y 3.3**) con su conversión correspondiente de ml/s a l/h, este proceso se repitió en todas lecturas realizadas.
- Los datos obtenidos fueron ingresados en una hoja Excel, se ordenaron en forma ascendente, ubicando a los 18 caudales menores medidos en campo que vendría a ser el 25% del total de caudales, se aplica la media para el total de goteros evaluados, se ingresó estos valores en la fórmula (8) obteniendo como resultado final el Coeficiente de Uniformidad.

Fórmula a utilizar:

$$CU = \frac{q_{25}}{q_m} \times 100 \quad \text{Ec. (1.1)}$$

Dónde:

$q_{25\%}$  = Es la media del 25% de valores más bajos de agua recogida

$q_{m\%}$  = Es la media de todos los volúmenes de agua recogida

#### **2.6.3. Programación de riego por goteo**

En un inicio el consumo de agua de la planta es menor, debido a que la cobertura vegetal es menor, a medida que el cultivo se va desarrollando se incrementa el consumo de agua, hasta su etapa de madurez donde se minimizo el riego.

La programación de riego se realizó de la siguiente manera:

Se determinó las necesidades de riego de alta frecuencia (goteo), distanciamiento entre plantas de 30 cm, distanciamiento entre laterales de 1.0 m. con un caudal de 0.8 l/h, ciclo vegetativo del cultivo papa en época seca de 194 días, requerimientos hídricos del cultivo, lamina neta (capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente y profundidad del suelo, estos datos se tomaron del análisis físico del suelo ), lamina bruta (lamina neta y eficiencia del riego por goteo), kc del cultivo, ETo (calculado en base al método de Hargreaves Tabla A1), caudal del gotero (obtenido del coeficiente de uniformidad), N.R. (Etc. mensual), N.R.b.(eficiencia de riego y N.R.n) y M.R.

El calendario de riego para el cultivo de papa “Roja Ayacuchana”, ETc (kc del cultivo y Eto), Litros/Planta/día (ETc diario, distanciamiento entre plantas y surcos), para obtener el tiempo de riego (horas), intervalo de riego (lamina neta y ETc), frecuencia de riego al mes.

#### **2.6.4. Agua virtual**

Para el presente estudio se consideró: agua virtual azul (riego aplicado) y agua virtual verde (precipitación) manifestada durante el desarrollo de la investigación.

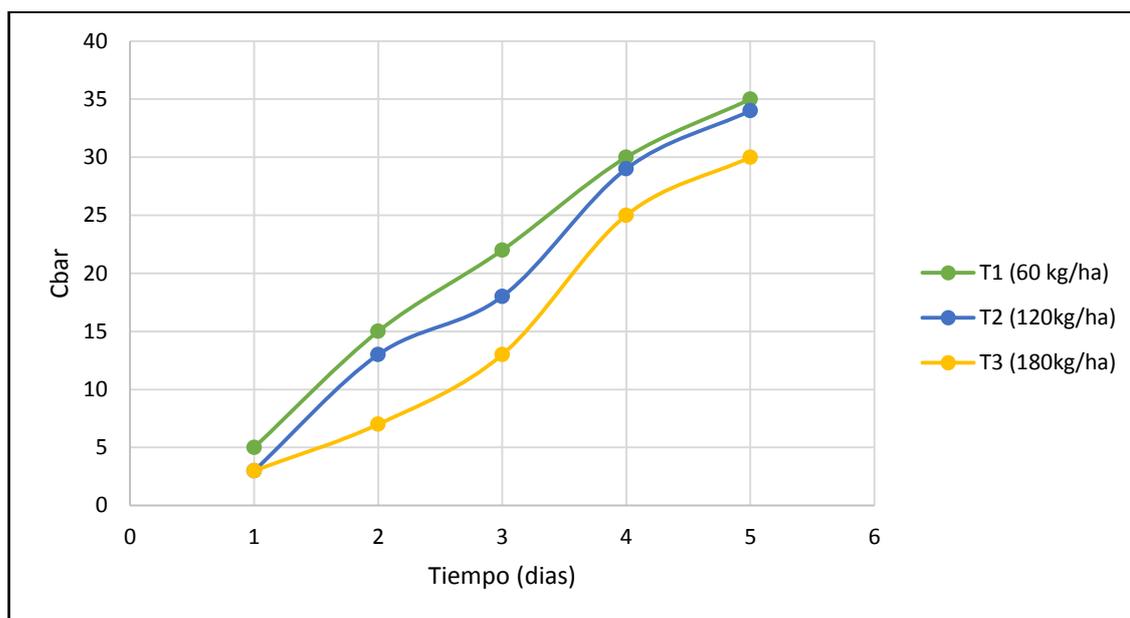
El periodo de evaluación para el T0: testigo, se consideró desde el primer riego (es decir, después de la siembra), conjuntamente con las precipitaciones hasta el día de la cosecha, para los tratamientos T1, T2 y T3 se consideraron desde la primera precipitación manifestada después de la siembra junto con los riegos realizados hasta la cosecha.

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 3.1. Variación del contenido de humedad con diferentes dosis de lluvia sólida

En la **Figura 3.1** se muestra la evaluación del contenido de humedad en el suelo con las diferentes dosis de lluvia sólida a una profundidad de 10 cm en el mes de agosto, se trabajó con datos registrados en este caso después de un riego pesado (0 Cbar) y los días posteriores no hubo presencia de precipitaciones ni riego alguno para observar el comportamiento de la humedad.

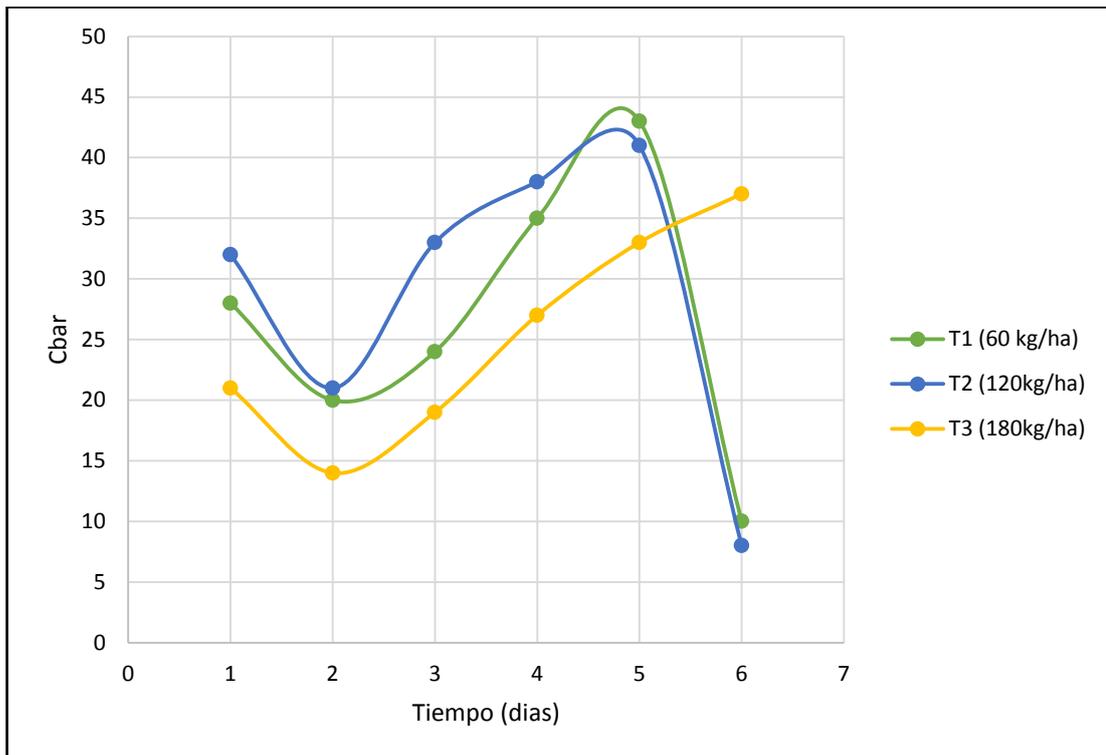


**Figura 3.1.** Contenido de humedad a 10 cm de profundidad

En la **Figura 3.1** podemos observar el incremento de lectura del día 1 hacia el día 2 en 10 Cbar (T1 y T2) y un menor incremento de 4 Cbar (T3); para el día 3 el tratamiento (T1) con mayor incremento de lectura en 7 Cbar, seguido del (T3) con 6 Cbar y (T2) con 5 Cbar; para el día 4 el mayor incremento de lectura en 12 Cbar (T3), seguido de (T1) con 11 Cbar y (T2) con 8 Cbar. Los tratamientos T1 y T2 tienden a una mayor variación de lecturas en comparación del T3.

En esta etapa del cultivo el contenido de humedad se prolongó a un promedio de 3-4 días, influyendo en las frecuencias de riego en los tratamientos.

En la **Figura 3.2** se muestra la evaluación del contenido de humedad en el suelo con las diferentes dosis de lluvia sólida a una profundidad de 20 cm en el mes de setiembre.



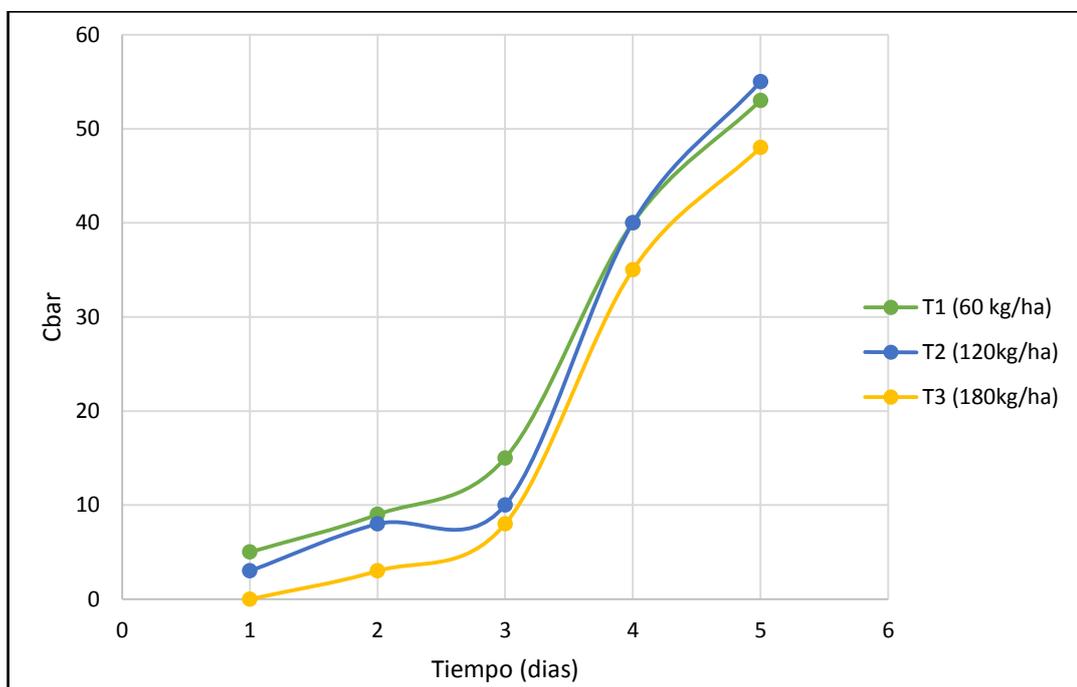
**Figura 3.2.** Contenido de humedad a 20 cm de profundidad

En la **Figura 3.2** se observa las lecturas iniciales para el día 1; el día 2 se aplicó riego en la mañana (1 h) y en la tarde se manifestó una precipitación (0.13 mm), el (T2) descendió 11 Cbar, seguido del (T1) 8 Cbar y el (T3) con 7 Cbar, donde el tratamiento T3 tiene una menor lectura (mayor contenido de humedad) seguido del T1 y T2.

Para el día 3 el tratamiento (T2) con mayor incremento de lectura en 12 Cbar, seguido del (T3) con 5 Cbar y (T2) con 4 Cbar; para el día 4 el mayor incremento de lectura en 11 Cbar (T1), seguido de (T3) con 8 Cbar y (T2) con 5 Cbar; el día 5 se observa que el T1 con mayor incremento de lectura en 8 Cbar, (T3) en 6 Cbar y (T2) en 3 Cbar, se aplicó riego (1.5 h) a los tratamientos T1 y T2; observándose el descenso el día 6 (T1 y T2) en 33 Cbar, el tratamiento (T3) incrementa su lectura en 4 Cbar.

La mayor retención de humedad se observa visiblemente en el T3 durante los 6 días, aplicándose 1 solo riego, esto hace disminuir sus frecuencias de riego en comparación al T1 y T2.

En la **Figura 3.3** se muestra la evaluación del contenido de humedad en el suelo con las diferentes dosis de lluvia sólida a una profundidad de 30 cm en el mes de noviembre, se trabajó con los datos registrados en este caso después de un riego pesado (0 Cbar) y los días posteriores no hubo presencia de precipitaciones ni riego alguno para observar el comportamiento en la retención de la humedad.



**Figura 3.3.** Contenido de humedad a 30 cm de profundidad

En la **Figura 3.3** se observa las lecturas iniciales para el día 1; para el día 2 la mayor lectura (T1) en 4Cbar, seguido del (T2) en 5 Cbar y el (T3) con 3 Cbar, donde el tratamiento T3 tiene una menor lectura (mayor contenido de humedad).

Para el día 3 el tratamiento (T2) con mayor incremento de lectura en 6 Cbar, seguido del (T2) con 2 Cbar y (T3) con 5 Cbar; para el día 4 el mayor incremento de lectura en 30 Cbar (T2), seguido de (T1) con 25 Cbar y (T3) con 27 Cbar; el día 5 se observa que el T2 con mayor incremento de lectura en 15 Cbar, (T1) en 13 Cbar y (T3) en 13 Cbar. En los 5 días de evaluación el (T3) es quien obtiene una menor lectura (mayor contenido de

humedad), a diferencia del (T2) y (T1). En esta etapa del cultivo el contenido de humedad se prolongó a un promedio de 4-5 días, influyendo en las frecuencias de riego en cada tratamiento.

El contenido de humedad en el suelo mostró variación numérica entre las dosis de lluvia sólida (T1-60, T2-120 y T3-180 kg/ha) a diferentes profundidades (**Figuras 3.1, 3.2 y 3.3**). Los agotamientos de la humedad del suelo en los tres tratamientos con lluvia sólida fueron progresivos, siendo el T1 con menor intervalo de días en retención de humedad, seguido del T2 y el T3 con mayor intervalo de días en retención de humedad; la liberación del agua por la lluvia sólida es lenta, de esta manera permite que el agua tenga un mayor tiempo de disponibilidad para la planta. Estos resultados son de manera similar al encontrado por Pedroza *et al.* (2012) con la aplicación de vermicomposta e hidrogel en el cultivo de maíz quien concluyó que el contenido de humedad edáfica en relación al testigo aumentó en un promedio de 31.5%.

### 3.2. Evaluación del coeficiente de uniformidad

**Tabla 3.1.** Datos registrados para el cálculo del coeficiente de uniformidad (17 -07-2018)

N°	VÓL (ml)						
1	29.0	19	30.0	37	25.0	55	30.0
2	25.0	20	25.0	38	35.0	56	28.0
3	23.0	21	25.0	39	23.0	57	25.0
4	25.0	22	25.0	40	25.0	58	24.0
5	30.0	23	30.0	41	24.0	59	30.0
6	28.0	24	25.0	42	30.0	60	25.0
7	25.0	25	29.0	43	25.0	61	29.0
8	25.0	26	25.0	44	28.0	62	25.0
9	30.0	27	25.0	45	25.0	63	25.0
10	24.0	28	25.0	46	25.0	64	30.0
11	25.0	29	30.0	47	23.0	65	25.0
12	25.0	30	25.0	48	25.0	66	35.0
13	28.0	31	28.0	49	25.0	67	28.0
14	25.0	32	25.0	50	30.0	68	25.0
15	30.0	33	25.0	51	25.0	69	25.0
16	25.0	34	30.0	52	35.0	70	25.0
17	25.0	35	25.0	53	25.0	71	30.0
18	35.0	36	25.0	54	25.0	72	25.0

**Tabla 3.2.** Datos ordenados en forma ascendente de la primera prueba, fecha (17 -07-2018)

N°	VÓL (ml)						
1	23	19	25	37	25	55	29
2	23	20	25	38	25	56	30
3	23	21	25	39	25	57	30
4	24	22	25	40	25	58	30
5	24	23	25	41	25	59	30
6	24	24	25	42	25	60	30
7	25	25	25	43	25	61	30
8	25	26	25	44	25	62	30
9	25	27	25	45	25	63	30
10	25	28	25	46	25	64	30
11	25	29	25	47	28	65	30
12	25	30	25	48	28	66	30
13	25	31	25	49	28	67	30
14	25	32	25	50	28	68	30
15	25	33	25	51	28	69	35
16	25	34	25	52	28	70	35
17	25	35	25	53	29	71	35
18	25	36	25	54	29	72	35

Dónde:

Cu = Es el coeficiente de uniformidad de riego del módulo evaluado en el Campo, en %

q<sub>25%</sub> = Es la media del 25% de valores más bajos de agua recogida

q<sub>m%</sub> = Es la media de todos los volúmenes de agua recogida

Reemplazando: 
$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_{m\%}} \times 100 \quad \text{Ec. (1.1)}$$

$$CU = \frac{24.50}{26.75} \times 100$$

$$CU = 91.59 \%$$

**Coeficiente de varianza de fabricación:** de la primera prueba

Dónde:

$\sigma$  = desviación típica

$q_i$  = caudal del emisor

$n$  = número de emisores

$q_a$  = caudal medio =  $\frac{\sum q_i}{n}$

Se trabajaron con los datos ordenados de la **Tabla 3.2**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n}} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(23 - 26.75)^2 + (23 - 26.75)^2 + \dots + (35 - 26.75)^2}{72}}$$

$$\sigma = 2.9586$$

**Coefficiente de variación (CV):**

$$CV = \frac{\sigma}{q_a} \quad \text{Ec. (1.3)}$$

$$CV = \frac{2.9586}{26.75}$$

$$CV_f = 0.110$$

**Tabla 3.3.** Datos registrados para el cálculo del coeficiente de uniformidad (20 -11-2018)

N°	VÓL (ml)	N°	VÓL (ml)	N°	VÓL (ml)	N°	VÓL (ml)
1	25.0	19	28.0	37	24.0	55	25.0
2	23.0	20	24.0	38	25.0	56	26.0
3	20.0	21	25.0	39	18.0	57	24.0
4	24.0	22	25.0	40	25.0	58	20.0
5	25.0	23	30.0	41	24.0	59	30.0
6	26.0	24	24.0	42	30.0	60	25.0
7	24.0	25	26.0	43	25.0	61	26.0
8	25.0	26	23.0	44	26.0	62	25.0
9	25.0	27	25.0	45	23.0	63	24.0
10	20.0	28	25.0	46	25.0	64	25.0
11	25.0	29	25.0	47	20.0	65	24.0
12	24.0	30	24.0	48	25.0	66	33.0
13	26.0	31	26.0	49	24.0	67	26.0
14	24.0	32	25.0	50	25.0	68	23.0
15	30.0	33	24.0	51	25.0	69	25.0
16	25.0	34	25.0	52	33.0	70	24.0
17	23.0	35	23.0	53	23.0	71	30.0
18	30.0	36	25.0	54	25.0	72	23.0

**Tabla 3.4:** Datos ordenados en forma ascendente de la segunda prueba, fecha (20-11-2018)

N°	VÓL (ml)						
1	18	19	24	37	25	55	25
2	20	20	24	38	25	56	26
3	20	21	24	39	25	57	26
4	20	22	24	40	25	58	26
5	20	23	24	41	25	59	26
6	23	24	24	42	25	60	26
7	23	25	24	43	25	61	26
8	23	26	24	44	25	62	26
9	23	27	24	45	25	63	26
10	23	28	24	46	25	64	28
11	23	29	25	47	25	65	30
12	23	30	25	48	25	66	30
13	23	31	25	49	25	67	30
14	24	32	25	50	25	68	30
15	24	33	25	51	25	69	30
16	24	34	25	52	25	70	30
17	24	35	25	53	25	71	33
18	24	36	25	54	25	72	33

Dónde:

Cu = Es el coeficiente de uniformidad de riego del módulo evaluado en el Campo, en %

q<sub>25%</sub> = Es la media del 25% de valores más bajos de agua recogida

q<sub>m%</sub> = Es la media de todos los volúmenes de agua recogida

Reemplazando:

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_{m\%}} \times 100 \quad \text{Ec. (1.1)}$$

$$CU = \frac{22.33}{24.99} \times 100$$

$$CU = 89.38 \%$$

**Coeficiente de varianza de fabricación:** de la segunda prueba

Dónde:

$\sigma$  = desviación típica

q<sub>i</sub> = caudal del emisor

n = número de emisores

q<sub>a</sub> = caudal medio =  $\frac{\sum q_i}{n}$

Se trabajaron con los datos ordenados de la tabla 3.4

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_a)^2}{n}} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(18 - 24.986)^2 + (20 - 24.986)^2 + \dots + (33 - 24.986)^2}{72}}$$

$$\sigma = 2.6296$$

Coefficiente de variación (CV):

$$CV = \frac{\sigma}{q_a} \quad \text{Ec. (1.3)}$$

$$CV = \frac{2.6296}{24.986}$$

$$CV_f = 0.105$$

**Tabla 3.5.** Resultados del CU del sistema de riego instalado

EVALUACIÓN	CU (%)
Primera (17-07-2018)	91.59
Segundo (20-11-2018)	89.38

En la **Tabla 3.5** se observan los valores del CU en el sistema de riego por goteo, al utilizar un lateral por hilera de plantas; el valor del CU (caudales) fue de 91.59% y 89.38%, clasificado según Merriam, & Keller (1978), al primero como excelente y al segundo como bueno.

La variación se debió a la diferencia de presión entre ambas pruebas y también al segundo uso de las cintas de riego.

El coeficiente de varianza de fabricación se halló para comprobar el funcionamiento de los emisores en el sistema de riego por goteo, obteniendo para la primera evaluación  $CV_f=0.110$  y  $CV_f=0.105$  para la segunda evaluación.

En función del coeficiente de variación ( $CV_f$ ) por fabricación se pueden clasificar en:

**Tabla 3.6.** Clasificación de coeficiente de varianza por fabricación

Clasificación	CV <sub>f</sub>	CV <sub>f</sub> (%)
Excelente	inferior a 0.05	5
Buena	de 0.05 a 0.10	10
Marginal	de 0.10 a 0.15	15
Baja	superior a 0.15	> 15

Fuente: Moshe,2006

### 3.3. Programación de riego

Al inicio el consumo de agua de la planta es menor, debido a que la profundidad de raíces es pequeña, a medida que el cultivo se va desarrollando se incrementa el consumo de agua, hasta su etapa de madurez donde se minimiza el riego.

En la **Tabla 3.7** se muestra las necesidades de riego del cultivo de papa durante los meses de Julio a Enero; se determinó una N.R. de 657.58 mm o 6575.79 m<sup>3</sup>/ha y un M.R. de 0.70 l/seg/ha

El intervalo de riego es de 3 días en los meses de julio y agosto, 2 días en los meses de setiembre a noviembre, 1 día en diciembre y finalmente de 2 días en el mes de enero. Las frecuencias de riego inician 4 veces por mes, incrementándose a 10 veces (agosto), 15 veces (setiembre), 16 veces (octubre), 15 veces (noviembre), 31 veces (diciembre) y finalmente 15 veces en el mes de enero.

Siendo el uso consuntivo del cultivo de papa variedad “Roja Ayacuchana” durante un periodo de 194 días de 6 575.54 m<sup>3</sup>/ha/campaña (**Tabla 3.8**). Existen experiencias en el departamento de Puno, donde determinaron la evapotranspiración del cultivo de papa, con el método de lisímetro 610.76 mm de lámina hídrica.

**Tabla 3.7.** Cálculo de las necesidades de riego del cultivo de papa “Roja Ayacuchana”

Mes	Nº días	Ln (mm)	Ef. riego (%)	Lb (mm)	kc	ETo (mm/día)	Q (l/h)	Nº Got/Pl.	Dist. Plan. (m)	Dist. Lin. (m)	N.R (mm)	N.R.n (m3/ha)	N.R.b (m3/ha)	M. R (l/seg./ha)
Jul	12	3.52	0.90	3.91	0.43	2.80	0.80	1.00	0.30	1.00	14.5	144.6	160.7	0.15
Ago	31	4.69	0.90	5.21	0.48	3.25	0.80	1.00	0.30	1.00	48.4	484.1	537.9	0.20
Set	30	5.86	0.90	6.51	0.72	4.17	0.80	1.00	0.30	1.00	90.0	900.0	1000.0	0.39
Oct	31	9.38	0.90	10.42	0.99	4.60	0.80	1.00	0.30	1.00	141.2	1412.4	1569.3	0.59
Nov	30	8.21	0.90	9.12	1.12	4.83	0.80	1.00	0.30	1.00	162.4	1623.9	1804.4	0.70
Dic	31	4.69	0.90	5.21	1.03	4.20	0.80	1.00	0.30	1.00	134.1	1340.5	1489.4	0.56
Ene	29	3.52	0.90	3.91	0.57	4.05	0.80	1.00	0.30	1.00	67.0	670.3	744.8	0.30

**Tabla 3.8.** Calendario de riego para el cultivo de papa “Roja Ayacuchana”

Descripción	Unid	CALENDARIO RIEGO							TOTAL CAMPAÑA
		Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	
Nº de días	días	12.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	29.0	-
ETo (mm/día)	(mm/día)	2.80	3.25	4.17	4.60	4.83	4.20	4.05	-
ETc	(mm/mes)	14.46	48.41	90.00	141.24	162.39	134.05	67.03	657.6
ETc	(mm/día)	1.21	1.56	3.00	4.56	5.41	4.32	2.31	-
litros/Planta/día		0.4	0.5	0.9	1.4	1.6	1.3	0.7	-
Tiempo riego	(h)	0:21:41	0:28:07	0:54:00	1:22:01	1:37:26	1:17:50	0:41:36	-
Intervalo riego	(días)	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	-
Frecuencia de riego	(Nº veces/mes)	4	10	15	16	15	31	15	106.0

**Tabla 3.9.** Intervalo de riego por meses

MESES	Intervalo de riego (días)			
	T0 (0 kg/ha)	T1 (60 kg/ha)	T2 (120 kg/ha)	T3 (180 kg/ha)
Julio	5	0	0	0
Agosto	5	5	6	6
Setiembre	3	3	3	4
Octubre	5	5	5	5
Noviembre	5	5	6	6
Diciembre	15	15	15	15
Enero	30	30	30	30

Frente a la programación de riego planteada, en la **Tabla 3.9** se observa una variación entre tratamientos con respecto al intervalo de riego; determinando aproximadamente que, para el T1, T2 y T3 en el primer mes no se necesitó riego alguno, manteniendo el mismo intervalo en el mes de agosto para el T0 (5días), el intervalo de riego T1 ,T2 (5 días) y T3(6 días); en el mes de setiembre se reduce el intervalo de riego de T0, T1, T2 (3 días) y el tratamiento T3 (4 días); en el mes de octubre uniformizándose el intervalo de riego en todos los tratamiento y testigo (5 días); en noviembre un intervalo de riego para el T0 y T1 (5 días) T2, T3 (6 días); el mes de diciembre cada 15 días en donde el cultivo ingresa a la etapa de senescencia y maduración.

Cabe mencionar que el análisis de varianza en los intervalos de riego fue no significativo (**Tabla A.10**), sin embargo, se observa una variación numérica.

Resultados similares encontró Cisneros *et al.* (2018) el intervalo de riego fue de 5 días, el cual supera al testigo que obtuvo 3 días en promedio, por consiguiente, un ahorro de agua y la disminución de número de riego con la aplicación de *lluvia sólida* en el cultivo de tomate en condiciones organopónicas.

### **3.4. Agua virtual en la producción de papa**

**Agua virtual verde (AV<sub>verde</sub>)** se trabajó con los datos de precipitación que recolectó la estación meteorológica INIA (pluviómetro) durante el desarrollo del cultivo, obteniendo la precipitación efectiva por día posteriormente llevando a meses.

**Tabla 3.10.** Precipitación mensual

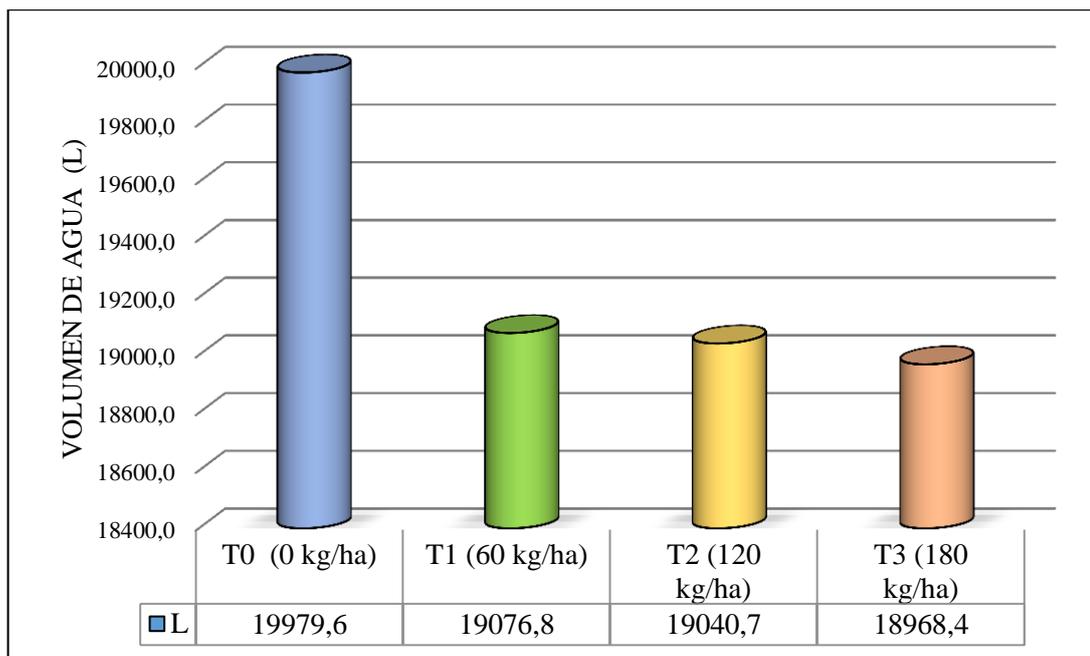
Meses	Precipitación	Precipitación
	(L)	(mm)
Julio	27.7	0.92
Agosto	1277.4	42.58
Setiembre	468.8	15.63
Octubre	1181.0	39.37
Noviembre	474.2	15.81
Diciembre	1657.5	55.25
Enero	530.1	43.79
<b>Total</b>	<b>5616.67</b>	<b>213.35</b>

**Agua virtual azul ( $AV_{\text{azul}}$ )** los datos de riego, fueron registrados durante el desarrollo del cultivo, horas de riego aplicado a cada tratamiento por el caudal del sistema, dichos datos fueron ingresados a una hoja Excel, obteniendo el volumen de agua por día posteriormente llevando a meses.

**Tabla 3.11.** Volumen de riego aplicado en cada tratamiento

Meses	Volumen de riego (L)			
	T0 (0 kg/ha)	T1 (60 kg/ha)	T2 (120 kg/ha)	T3 (180 kg/ha)
Julio	216.7	0.0	0.0	0.0
Agosto	505.6	505.6	433.4	433.4
Setiembre	3105.9	3069.8	3069.8	3033.7
Octubre	2889.2	2744.7	2780.9	2744.7
Noviembre	3611.5	3467.0	3467.0	3467.0
Diciembre	2166.9	2166.9	2166.9	2166.9
Enero	1083.5	722.3	722.3	722.3
<b>Total</b>	<b>13579.2</b>	<b>12676.4</b>	<b>12640.3</b>	<b>12568.0</b>

La investigación permitió obtener datos del total de **Agua virtual (verde y azul)** requerida en la producción de papa variedad Roja Ayacuchana con un periodo de 194 días en este caso, con diferentes dosis de lluvia sólida, como se muestra en la **Figura 3.4**



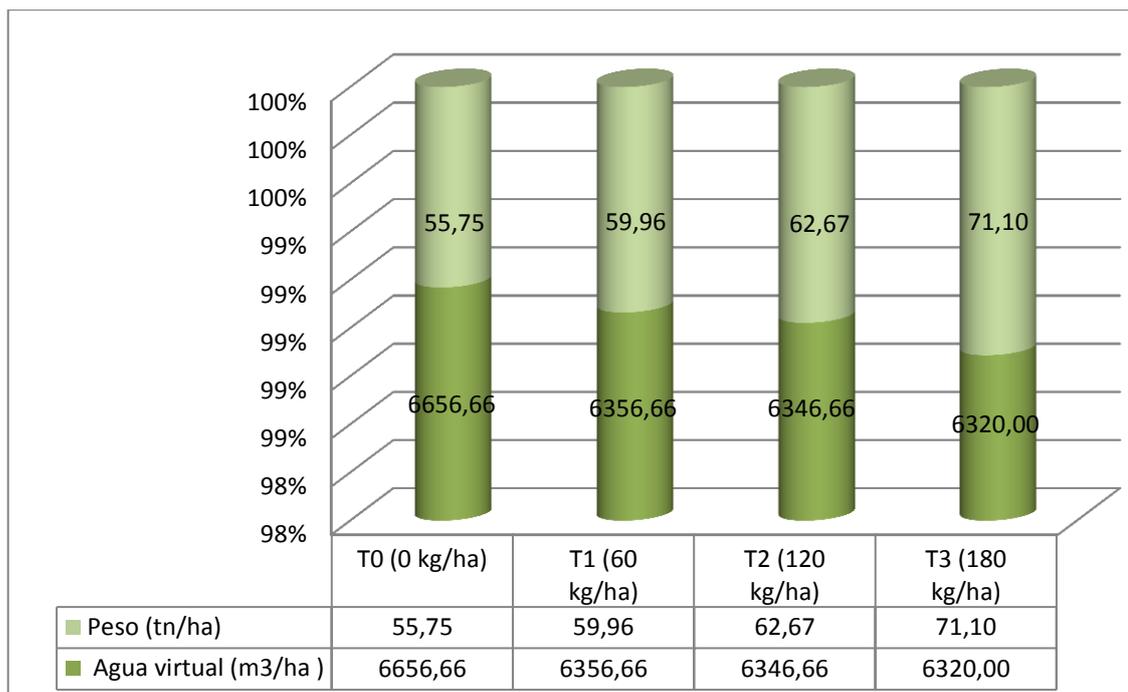
**Figura 3.4.** Agua virtual por cada tratamiento (L)

El tratamiento T0: testigo, en condiciones de siembra tradicional y sin lluvia sólida, requirió un mayor volumen de agua 19 979.6 L.

El tratamiento T3 requirió un menor volumen de agua (18 968.4 L) en comparación al testigo y los dos tratamientos, ya que la aplicación de lluvia sólida en mayor cantidad por planta (6gr), influyó en un mayor contenido de humedad, por consiguiente, se reduce la frecuencia e intervalo de riego, obteniendo de esta manera un menor requerimiento de agua virtual.

El ANVA muestra un análisis de No significancia (**Tabla A11**) en el agua virtual por cada tratamiento.

Siendo el agua un factor importante en el desarrollo del cultivo papa “Roja Ayacuchana”, en la **Figura 3.5** se muestra el gráfico de Volumen de agua Vs Rendimiento, el tratamiento T3, quien requirió menor volumen de agua virtual de 6320.0 m<sup>3</sup>/ha obtuvo un mayor rendimiento, el cual supera a lo obtenido en campo por el INIA (2010) Canaán en un 77.75%, en donde evaluaron 40 tn/ha.



**Figura 3.5.** Volumen de agua en relación al rendimiento del cultivo de papa

El T2 con 6346.66 m<sup>3</sup>/ha de agua virtual tiene un rendimiento de 56.6% con respecto a INIA (2010), seguido del T1 con 6356.66 m<sup>3</sup>/ha de agua virtual tiene un rendimiento de 39.3% con respecto a INIA (2010).

El ANVA muestra un análisis de No significancia (**Tabla A9**) frente a los rendimientos obtenidos en cada tratamiento.

De la investigación podemos expresar el agua virtual requerida para la producción de 1kg de papa variedad Roja Ayacuchana en los diferentes tratamientos de lluvia sólida.

**Tabla 3.12.** Volumen de agua virtual por 1kg en cada tratamiento

Tratamiento	Agua virtual (l/kg)
<b>T0</b>	119.49
<b>T1</b>	106.04
<b>T2</b>	101.28
<b>T3</b>	88.93

El tratamiento T3, quien requirió menor agua virtual (88.93 L) para la producción de 1 kg de papa, 30.56 L menos que el T0 (testigo), notándose un ahorro importante del agua.

La lluvia sólida permite que la liberación del agua sea de manera lenta, de esta manera este recurso dura más tiempo y está disponible para la planta, reduciendo el consumo de agua que se ve reflejado en agua virtual.

Garrafa (2017) menciona en la experiencia en campo del cultivo de papa con un sistema de riego por goteo, donde dicho cultivo demandó 2642.2 m<sup>3</sup>/ha (agua de riego, agua virtual azul) sin considerar datos de precipitación (agua virtual verde).

## CONCLUSIONES

En las condiciones que se realizó esta investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos, podemos concluir:

1. El empleo de lluvia sólida en las condiciones del estudio nos permitió comprobar que a mayor cantidad del polímero en un suelo incrementa la eficiencia de retención del agua, siendo el tratamiento T3 (6 g por planta) el que mantuvo niveles de humedad constantes en los diferentes niveles de profundidad evaluados, consiguió un mayor periodo (promedio 6 días) de retención de humedad en el suelo con respecto a los otros dos tratamientos, T2 (4 g por planta; promedio 5 días) y T1 (2 g por planta; promedio 4 días). La lluvia sólida tuvo un impacto positivo en la retención de humedad en el suelo, viéndose reflejado en los intervalos de riego y en el rendimiento del cultivo.
2. El coeficiente de uniformidad del sistema de riego evaluado es de 91.59% (antes de la siembra) y 89.38% (mediados de crecimiento del cultivo), siendo valores aceptables, esto se debe a la variación de presión y caudal en el sistema respecto a las diferentes evaluaciones y la segunda vez que se usa en campo la cinta de riego.
3. De acuerdo a la evaluación de la programación de riego, a mayor dosis de lluvia sólida, existe un mayor intervalo de riego (6 días en el T3) en comparación con los otros dos tratamientos y la programación de riego planteada (2 a 3 días).
4. La aplicación de lluvia sólida en las condiciones evaluadas (194 días) logró un ahorro de agua considerable, esto debido a un menor tiempo e intervalo de riego por cada tratamiento, reflejando un menor requerimiento de agua virtual en el tratamiento T3 (6 220.0 litros de agua virtual por campaña), obteniendo un mayor rendimiento (71.10 Tn/ha por campaña) en comparación al testigo (6 656.66 litros de agua virtual y 55.75 Tn/ha).

## **RECOMENDACIONES**

De los resultados obtenidos y habiéndose cumplido con los objetivos del trabajo de investigación se recomienda lo siguiente:

1. Replicar el experimento utilizando dosis de lluvia sólida (mayores de 120kg/ha) por planta y/o repitiendo al menos uno de los tratamientos, bajo las mismas condiciones para obtener resultados concluyentes.
2. Evaluar el coeficiente de uniformidad previa a la siembra y durante las fases fenológicas del cultivo, para poder tener un mejor manejo del sistema de riego.
3. Replicar la investigación del uso de lluvia sólida en época seca para tener resultados concluyentes en cuanto al tiempo e intervalo de riego; también realizar una comparación con diferentes sistemas de riego y en diferentes cultivos.
4. Considerar los resultados obtenidos en el requerimiento de agua virtual empleando lluvia sólida como un recurso para el manejo y gestión del agua.
5. Socializar los resultados del estudio entre los agricultores e instituciones competentes, realizar una mayor investigación en aquellas regiones donde existe una menor disponibilidad del agua y lluvia.
6. Se encomienda a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrarias brindar facilidades a la Escuela de Ingeniería Agrícola para que puedan realizar investigaciones en los terrenos de los centros de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arjen, H., Chapagain A., Aldaya M., & Mekonnen M., (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*. Consultado el 20 de junio del 2018.  
[http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual\\_2.pdf](http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf)
- ANA (2015) Autoridad Nacional Del Agua *Huella hídrica del Perú: sector agropecuario* Disponible en: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/197>
- Cisneros, E., Reinaldo, C., Rosales L., (2018). *Revista Ingeniería Agrícola*, 8 (1), 13-20. Disponible en:  
<http://www.rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/846/960>
- Domínguez, T. (1993). *Situación actual y perspectivas del riego*. México.
- Egúsquiza, R. (2000). *La papa producción, transformación y comercialización* UNALM. Lima
- Ezeta, F. (1986). *Aspectos fisiológicos de la producción de papa*. Edit. Programa de Investigación en papa UNA La Molina. Lima-Perú
- FAGRO, (2000) *Facultad de Agronomía de la Universidad de la República de Uruguay, agua en el suelo*. Consultado el 6 mayo del 2018. Recuperado de <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>
- FAO (2013) *Global Water Partnership*. Central América: Tecnologías para el uso sostenible del agua. Una contribución a la seguridad alimentaria y adaptación al cambio climático. Tegucigalpa, Honduras.
- Garrafa, N. (2017) *Demanda hídrica del cultivo de papa variedad canchan (Solanum tuberosum)* con riego por goteo en el Centro Agronómico K´ayra – Cusco
- Hoekstra, A.Y. (2012). *Virtual Water. An Introduction: Virtual Water Trade*. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for
- Idrobo, H., Rodríguez, A., Díaz Ortíz, J. (2010). *Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos*. Redalyc, Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, (9), 33-37.
- INIA (2009). *Manual de papa para la Araucanía: Manejo y plantación*. Boletín informático N° 193. Temuco –Chile

- INIA (2010). *Instituto Nacional de Innovación Agraria. Papa INIA 316 - Roja Ayacuchana. Boletín Informativo*. Consultado el 25 abril del 2018.  
 Disponible en:  
<http://repositorio.inia.gob.pe/browse?type=subject&value=Papa>
- Jordán, A (2005). *Manual de Edafología. Universidad de Sevilla*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y química agrícola.
- Lira, S. (1994). *Fisiología Vegetal*. México Edit. Trillas.
- Maldonado, K., Aldrete, A., López, J., Vaquera-Huerta, H., y Cetina-Alcalá, V. (2011). *Producción de Pinus (greggii Engelm) en mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero*. Redalyc Agrociencia, 45 (3), 389-398.
- Medina, J. (2000). *Riego por goteo teoría y práctica*. Madrid, España. Edit. S.A. Mundi-Prensa.
- Merriam, J. & Keller, J. (1978). *Farm Irrigation system evaluation: A guide for management*. Ed. Rev. Utah, US.
- Moshe, S. (2006). *Riego Por Goteo*. Israel, Edit. Mashavcinadco
- Orbegoso, L. (2017). *Efecto del polímero (lluvia sólida) y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo (mega híbrido), bajo condiciones de cambio climático, fundo "la pampa", C.U. Morrope, Lambayeque* (tesis para obtener el grado académico de doctor en ciencias ambientales) Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Pedroza, A., Yáñez, L., Sánchez, I., y Samaniego, J. (2015). *Efecto del hidrogel y vermicomposta en la producción de maíz*. Revista Fitotecnia Mexicana.
- Palomino, K. (2009). *Riego Por Goteo*. España. Edit. Starbook
- Rico, S. J. (2018). *OrganicRain, Representante De Lluvia Sólida® Y Silos De Agua®*, Autorizado Por Su Inventor.  
 Consultado el 29 de abril del 2018. <Http://Www.Organic-Rain.Com/Faqs>
- Porras, Z. (2015). *Evaluación del sistema de riego por goteo y exudación en el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en el INIA – La Molina*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Consultado el 26 abril del 2018. Disponible en:  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1841>
- Teorema Ambiental (2002). *Agua sólida para el agro*. Revista técnico ambiental. Consultado el 19 abril del 2018.

Disponible en: <http://www.teorema.com.mx/cienciaytecnologia/agua-solida-para-elagro/>

Valverde, J. (2007). *Riego y drenaje*. San José, Costa Rica, Edit. EUNED

Vásquez, A. y Chang. L. (1992) *El riego, principios básicos*. Lima -Perú

Vásquez A., Vásquez I., Vásquez C., Cañamero M., (2017) *Fundamentos de la ingeniería de riegos*. Lima –Perú

Velazco L. (1979), *Física del sistema suelo agua planta*. Eulblodrat, Publicación N°74

# ANEXOS



## ANEXO 01

# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD Y FICHA TÉCNICA DE LLUVIA SÓLIDA



## 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y LA EMPRESA

**NOMBRE DEL PRODUCTO** : LLUVIA SÓLIDA®  
**EMPRESA** : SILOS DE AGUA, S.A. DE C.V.  
**NUMERO TELEFONICO** : (55)53-53-57-57 o (55)55- 61 -11 06  
**DOMICILIO** : Av. De Las Granjas No239, Col. Jradin Azpeitia,  
Delg. Azcapotzalco

## 2. COMPOSICION/INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

**Identificación del Producto** : Superabsorbentes de poliacrilamida

## 3. SEÑAL DE IDENTIFICACIÓN

Cuando está mojado hace las superficies extremadamente resbaladizas  
Con agua se hincha

## 4. RIESGOS Y PRIMEROS AUXILIOS

**Inhalación** : No hay riesgos especiales. Alguna comezón en las fosas nasales  
**En contacto con la piel** : Sin riesgos. Alguna comezón  
**Primeros auxilios** : Lavar con agua corriente  
**El contacto con los ojos** : Molestia por la presencia del polvo  
**Primeros auxilios** : Lavar con agua corriente  
**Ingestión** : No se considera tóxico, se hidratará con la saliva  
**Primeros auxilios** : Tomar agua limpia

## 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA FUEGO

**Los medios de extinción adecuados** : Agua, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), polvo seco.  
**Agentes de extinción de incendios para evitar:** Ninguno  
**Precauciones durante la extinción** : El producto cuando está mojado hace las superficies extremadamente resbaladizas.  
**Equipo de protección especial para los bomberos:** No requiere de equipos especiales.

## 6. MEDIO AMBIENTE

**Precauciones ambientales:** No contamina el agua, el suelo, ni el aire

**En derrames** : Limpiar con prontitud barriendo ò aspirando. Mantener en recipientes adecuados y cerrados para su almacenamiento, evite la limpieza con agua.

## 7. MANEJO Y ALMACENAJE

**Manipulación:** Evitar el contacto con la piel y los ojos. Evite la formación de polvo. No respirar el polvo. Lávese las manos al final del trabajo.

**Almacenamiento:** Mantener en lugar seco y fresco (0-35°C)

## 8. CONTROL DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL

**Adoptar las medidas para reducir la exposición:**

El uso local de extracción si se produce polvo.

La ventilación natural es adecuada en ausencia de polvos.

**Equipo de protección personal.**

- Protección respiratoria: Mascarillas de polvo de seguridad se recomienda, si la concentración de polvo total es de más de  $10 \text{ mg} / \text{m}^3$ .
- Protección de las manos: Se recomienda Guantes
- Protección de los ojos: Gafas de seguridad con escudos laterales. No use lentes de contacto.
- Cuidado de la Piel y protección en el cuerpo: No es necesaria protección especial

**Medidas de higiene:**

Lávese las manos antes de los descansos y al final del día laborable. Condúzcase de conformidad con buena higiene industrial y prácticas de seguridad.

## 9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

<b>Forma</b>	:	Sólido granular
<b>Color</b>	:	Blanco
<b>Olor</b>	:	Ninguno
<b>Punto de fusión (°C)</b>	:	No aplicable
<b>Punto de inflamación (°C)</b>	:	No aplicable

Av. de las Granjas # 239, Col. Jardín Azpeitia, Delg. Azcapotzalco, Cp. 02530, Ciudad de México. Tel (55) 53-53-57-57 / (55) 55-61-48-99 Mail [renebf@lluviasolida.com.mx](mailto:renebf@lluviasolida.com.mx) [sergiorico@lluviasolida.com.mx](mailto:sergiorico@lluviasolida.com.mx)

<b>Temperatura de la auto ignición (°C)</b>	:	No aplicable
<b>Presión de vapor (mm Hg)</b>	:	No aplicable
<b>Densidad</b>	:	0.7 a 0.8
<b>Solubilidad en agua</b>	:	Insoluble
<b>Viscosidad (mPa.s)</b>	:	No aplicable

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

**Estabilidad:** El producto es estable, no peligrosos es solo un retenedor de humedad.

**Precauciones que deben adoptarse:** No requiere precauciones especiales.

**Materiales que deben evitarse:** Evitar el agua. El producto se hincha en el agua.

**Productos peligrosos de la combustión:** La descomposición térmica puede producir: cianuro de hidrógeno (ácido cianhídrico), óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de carbono.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda

**Oral** : No tóxico LD50/oral/rata> 5000 mg / kg

**Cutáneo** : No tóxico: LD50/cutáneo/ conejo> 2000 mg/kg

**Cuidado de la Piel** : No irritante

**Ojos** : Moderada irritación debido a la presencia de los polvos sobre la conjuntiva

**Sensibilización** : No sensibiliza

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

**Ecotoxicidad**

**SUELO** : No son conocidas o previsibles, bajo condiciones normales de uso.

**AGUA** : Es poco probable debido a su baja solubilidad.

**AIRE** : No es previsible, se encontrará siempre en la raíz

**Persistencia/degradabilidad:** No es fácilmente degradable, <10% después de 28 días permanecerá en el suelo incrustado por las sales del agua.

## 13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN

**Desechos de residuos / producto no utilizado:** No hay producto desechable, los residuos se mezclan con Tierra y son útiles

**Envases contaminados:** Los envases se lavan y se reciclan, no contaminan.

Av. de las Granjas # 239, Col. Jardín Azpeitia, Delg. Azcapotzalco, Cp. 02530, Ciudad de México. Tel (55) 53-53-57-57 / (55) 55-61-48-99 Mail [renebf@lluviasolida.com.mx](mailto:renebf@lluviasolida.com.mx) [sergiorico@lluviasolida.com.mx](mailto:sergiorico@lluviasolida.com.mx)

## 14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

**Observaciones:** Se puede producir, transportar, almacenar y usar como producto

**NO PELIGROSO**

## 15. INFORMACIÓN SOBRE EL PRODUCTO Y DE ASUNTOS REGLAMENTARIOS.

**Persona de contacto:** Sergio Jesús Rico Velasco

La información proporcionada en esta Hoja de Datos de Seguridad es correcta de acuerdo a nuestro conocimiento, la información y la experiencia en la fecha de su publicación. La información facilitada está diseñada sólo como una orientación para la seguridad en la manipulación, uso, procesamiento, almacenamiento, transporte, eliminación y liberación, y no se considera una garantía o la calidad especificada. La información se refiere sólo a los materiales específicos designados y puede no ser válida para este tipo de material utilizado en combinación con cualquier otro material o en cualquier proceso se especifica en el texto.

# FICHA TÉCNICA

## “LLUVIA SÓLIDA” ®

### Características

<b>Forma</b>	Granulado sólido
<b>Color</b>	Blanco, crema
<b>Granulometría</b>	Fino de 0 a 0.3mm, Medio de 0.35 a 0.5mm Gruoso de 1.7 a 2 mm, Muy Gruoso de 3.2 a 4 mm
<b>pH</b>	Neutro
<b>Densidad</b>	0.7-0.85 Kg/dm <sup>3</sup>
<b>Solubilidad en agua</b>	Insoluble
<b>Tiempo de adsorción</b>	De 5 a 45 min. Dependiendo de la granulometría
<b>Almacenamiento</b>	Indefinido
<b>Composición</b>	Poliacrilamida 94.13% Humedad 5.87% Poliacrilato de potasio
<b>Vida activa en la tierra</b>	Hasta 10 años (Las sales del agua la reducen)
<b>Empaque</b>	Frascos de 500 g y Costales de 25 kg

Av. de las Granjas # 239, Col. Jardín Azpeitia, Del. Azcapotzalco, Cp. 02530, Ciudad de México. Tel (55) 53-53-57-57 / (55) 55-61-48-99 Mail [renebf@lloviasolida.com.mx](mailto:renebf@lloviasolida.com.mx) [sergiorico@lloviasolida.com.mx](mailto:sergiorico@lloviasolida.com.mx)



## ANEXO 02

# FICHA TÉCNICA DEL TENSÍOMETRO



# IRRÓMETER®



El Irrrometer fue desarrollado por primera vez en 1951 para ayudar a mejorar la eficiencia del riego. Proporciona al usuario información precisa sobre el estado de humedad del suelo, independientemente del tipo de suelo. El instrumento mide en centibares (cb) o kilopascales (kPa) de la tensión del agua del suelo. Este valor representa la energía que el sistema radicular de una planta utiliza para extraer agua del suelo. Comprender la actividad de la humedad del suelo ayuda al usuario a tomar decisiones informadas sobre la programación del riego que resulta en un mejor rendimiento y calidad, reduciendo los costos de agua, fertilizantes, mano de obra y energía.

**Características:**

- Rango de medición de 00 a 100 cb(kPa)
- Punta cerámica reemplazable (blanco)
- Lecturas exactas, libre de aire
- De depósito de gran tamaño hace fácil mantenimiento
- Indicador herméticamente sellados destinados a entornos adversos

**IRRÓMETER - Modelo SR**

**Especificaciones**

- CUERPO DEL INSTRUMENTO:**  
Materiales: Cuerpo de acrílico, punta cerámica tapón de neopreno.
- DIMENSIONES DEL RESERVORIO:**  
Medidas: 120 mm x 130 mm incluyendo tapa  
Diámetro: 51 mm x 55 mm incluyendo tapa
- DIMENSIONES DEL CUERPO DEL TUBO:**  
Largo: Rangos de 15 a 150 cm (medidas especiales a pedido)  
Diámetro: 22 mm
- PESO DEL INSTRUMENTO:**  
30 cm es 439 g con incrementos de 114 g por cada 30 cm.
- PUNTA CERÁMICA:**  
Reemplazable roscada con O-ring  
Puntas cerámicas blancas uso para todo tipo de suelo
- GARANTÍA:** Un año

**1008 - Vacuómetro Estándar**

- Especificaciones**
- MEDIDAS DEL DIAL:** 51mm
- CASCO:** Degasa sellado hermético
- PANTALLA:** Linner- policarbonato, exterior-butirato
- DIAL:** Escala de 0 a 100cb (kPa) blanco con contraste de marcas verdes
- PRECISIÓN:** 3, 2y 3% del intervalo de ASME B401 Grado B
- MECANISMO:** Bronce, muelle tubular
- CONEXIÓN:** Estándar 1/4" NTP
- OPERACIÓN:** Temperatura entre -40 a 65°C, de 0 a 65 por agua de servicio
- GARANTÍA:** Un año

**PEDIDOS**

Información: catalogo # 2 \* Irrrometer modelo SR:

	16 = 06" (15 cm)
	12 = 12" (30 cm)
	18 = 18" (45 cm)
	24 = 24" (60 cm)
	36 = 36" (90 cm)
	48 = 48" (120 cm)
	60 = 60" (150 cm)

Irrrometer Modelo SR: incluye depósito y cámara de vacío herméticamente sellados, punta cerámica porosa, Vacuómetro Irrrometer con doble escala de centibares (cb) y kilopascales (kPa) (0-100cb (kPa)).

**PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:** Irrrometer opera por el principio de tensiometría, y mide la tensión del agua del suelo. La tensión del agua en el suelo es la energía (vacío) que aplica la planta al suelo, para tomar el agua. Esta fuerza se mide en centibares (cb) o kilopascales (kPa) de tensión, una lectura alta al extremo de la escala indica el seco y una lectura baja de la escala indica húmedo. Irrrometer es un instrumento sellado lleno de fluido, que consta de un tubo que está equipado con una punta cerámica porosa y un medidor de vacío o vacuómetro. Se instalan en el suelo con la punta colocada en profundidad deseada de la zona raíz. A medida que el suelo se seca (aumento de la tensión), y el líquido sale del instrumento. Esto reduce el volumen de líquido en el instrumento, creando así un vacío parcial que es registrado en el medidor. Cuanto más seco el suelo, mayor es la lectura. Una aplicación de riego o evento de lluvia invierte esta acción. Cuando el agua fluye de nuevo en el suelo, la tensión se alivia en el suelo y en el instrumento, lo que resulta en una menor lectura del indicador (tensión más baja). El instrumento en efecto indica lo difícil de las raíces están trabajando. Debido al principio de funcionamiento único de Irrrometer, las calibraciones no son necesarias en condiciones normales de funcionamiento en diferentes tipos de suelo. Una lectura de 50 cb (KPa) indica que las raíces extraen la misma cantidad de humedad si el cultivo se siembra en suelos arenosos o suelos arcillosos.

**APLICACIONES: IRRÓMETERS** puede ser utilizado para la medición manual y el seguimiento del estado de humedad del en la mayoría de los tipos de suelo. Cuando está equipado opcionalmente con una salida electrónica y registradores de datos, la medición y seguimiento se puede hacer automáticamente. La norma manómetro de vacío en este modelo se puede reemplazar con electrónica opciones de medición, o los dispositivos automáticos de conmutación que pueden activar los dispositivos periféricos en los niveles deseados de tensión de agua del suelo. Ver "Opciones de automatización y de salida", las especificaciones para más detalles. El modelo SR utiliza una punta reemplazable para facilitar el servicio en el campo. Es diseñado para su uso general, con cultivos en hileras, los árboles y el terreno.

Optimizando el riego... Maximizando la conservación... En todo el mundo desde 1951

[www.tecfresh.com](http://www.tecfresh.com)

Figura A1. Ficha técnica del tensiómetro

## MODELO SR

**INFORMACIÓN DE ESPECIFICACIONES:** El sistema de riego deberá incorporar indicadores de humedad del suelo para ayudar en la toma de decisiones de la programación del riego. El indicador de humedad del suelo se rige por el principio de tensiometría e indica la tensión del agua del suelo, que se muestran en unidades de centibares (cb) o kilopascuales (kPa). Tiene un indicador herméticamente sellado que permanece lleno de líquido, incluso si el agua del tubo del instrumento está completamente agotada. El tubo está construido de material plástico duradero resistente al ataque de sustancias químicas del suelo, con un sensor de cerámica reemplazable en la punta. En la parte superior se incluye un depósito de líquido con un tapón sumergido, por lo que el líquido puede drenar al tubo girando la tapa. Todas las conexiones de la cerámica y el plástico están garantizadas a prueba de fugas. El indicador de humedad del suelo es un Irrometer modelo SR fabricado por Irrometer Company, Inc. de Riverside, California.

**Medidor herméticamente sellado** - Precisión y una larga vida están garantizados por una tapa herméticamente sellada con un moldeado en el diafragma, que mantiene la sudeidad y la humedad al margen y compensa las variaciones de temperatura y la presión barométrica.

**Vacío de Aire del Instrumentos** - El sello de agua impide que el vacío de aire entre, como indicador y cámara de vacío siguen llenos independientemente del nivel de líquido en el instrumento.

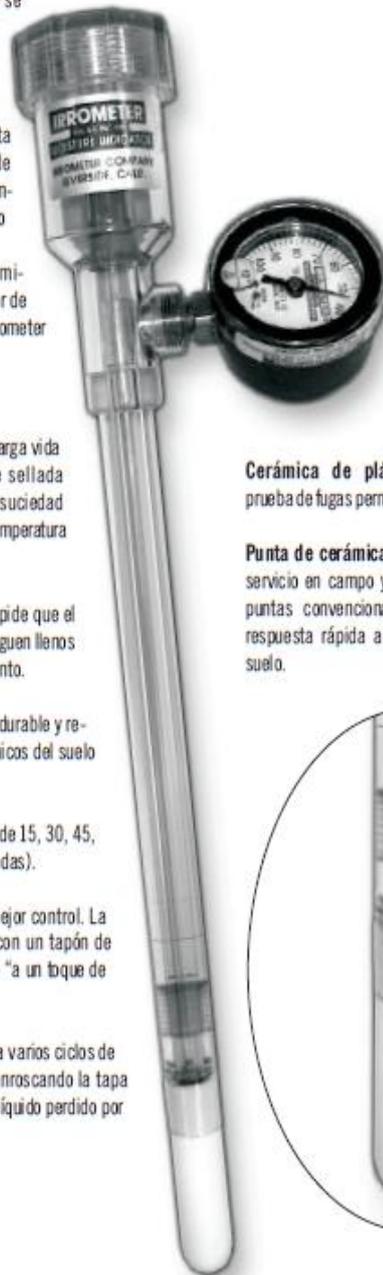
**El Cuerpo de Irrometer** - Está construido de plástico durable y resistente impermeable a los ataques de productos químicos del suelo o electrólisis.

**El Irrometer** - Está disponible en longitudes estándar de 15, 30, 45, 60, 90, 120 y 150 cm (6, 12, 18, 24, 36, 48 y 60 pulgadas).

**Cierre** - Tapa grande para una fácil operación y un mejor control. La elimina el llenado del embalse. Válvula sumergida con un tapón de neopreno a prueba de fugas. El servicio es instantáneo "a un toque de muñeca".

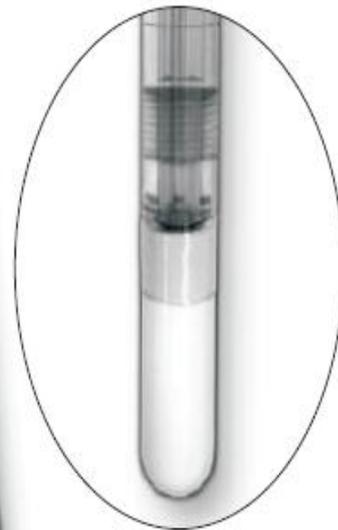
**Depósito** - Tiene una reserva de líquido suficiente para varios ciclos de riego en condiciones de funcionamiento normal, desenroscando la tapa da emisiones al aire y se llena el tubo para reponer el líquido perdido por la acción de secado del suelo.

**IRROMETER®**  
**THE IRROMETER COMPANY, INC.**  
TECFRESH  
Jr. San Martín 635, Of. 202  
San Miguel, Lima - Perú  
Telf.: 511-4608262 / 110\*0043 / 9898-37713  
Correo-e: info@tecfresh.com  
Sitio web: [www.tecfresh.com](http://www.tecfresh.com)



**Cerámica de plástico** - Las conexiones son prueba de fugas permanente.

**Punta de cerámica** - Punta de repuesto es de fácil servicio en campo y es mucho más resistente a las puntas convencionales. Es más porosa para dar respuesta rápida a las variaciones la humedad del suelo.



**Irrigation**  
ASSOCIATION  
Bronze Member

*Optimizando el riego... Maximizando la conservación... En todo el mundo desde 1951*

[www.tecfresh.com](http://www.tecfresh.com)

**Figura A2.** Ficha técnica del tensiómetro



## ANEXO 03

# FICHA TÉCNICA DE LA CINTA DE RIEGO



# Neptune



## Gama

El gotero de pastilla es sumamente versátil, ello permite que Neptune posea una amplia y completa gama de configuraciones, tanto por lo que se refiere a la separación como en términos de espesor de pared (hasta 30 mil / 0.75 mm):

Diámetro 16 mm (5/8")  
 - Espesor de pared 6/8/10/12/15/16/18/20/24/30 mil

Diámetro 22 mm (7/8")  
 - Espesor de pared 8/10/12/15/16/18/20/24/30 mil

Separación entre los goteros 30/40/50/60 cm (a petición están disponibles otras separación)

Separación agrupada (opcional)

5 goteros diferentes

- 0,67 l/h @ 0,7 bar (0,8 l/h @ 1 bar)
- 1,08 l/h @ 0,7 bar (1,3 l/h @ 1 bar)
- 1,30 l/h @ 0,7 bar (1,5 l/h @ 1 bar)
- 1,99 l/h @ 0,7 bar (2,4 l/h @ 1 bar)
- 3,16 l/h @ 0,7 bar (3,8 l/h @ 1 bar)

Con diámetros nominales 16 mm (D.I. 13,8 mm) y 20 mm (D.I. 17,6 mm) Neptune está disponible con espesor de pared 0,9 mm.

Neptune es la tubería de goteo con gotero de pastilla específica para el riego de cultivos pluri-estacionales y estacionales.

El gotero de flujo turbulento, caracterizado por amplios pasajes, otorga a Neptune una elevada resistencia a la obturación. El uso de polímeros de alta calidad asegura una duración superior y una elevada resistencia frente a posibles daños mecánicos.

Neptune está diseñada y fabricada de acuerdo con los estándares de calidad más elevados y representa una inversión asequible y conveniente que garantiza, asimismo, prestaciones de nivel superior.



## Características principales

La tecnología puntera de fabricación y los severos estándares de calidad determinan las características de Neptune:

Elevada resistencia que permite una instalación fácil y rápida (reduciendo el tiempo de extensión y por tanto el coste de mano de obra y minimizando el riesgo de dañar el producto);

Alta eficiencia que permite regar uniformemente todas las plantas;

Gran duración bajo las condiciones más difíciles;

Alta fiabilidad que se obtiene gracias a un esmerado y continuo control del proceso de producción;

Alta resistencia a la obturación gracias al gotero de flujo turbulento caracterizado por amplios pasajes;

Filtro de entrada en el gotero que impide que los depósitos de sedimento entren en el gotero;

Orificio de salida realizado con tecnología mecánica de precisión;

Línea azul para consentir una fácil identificación;

Proceso de extrusión con introducción simultánea del gotero lo cual genera una característica de alta resistencia mecánica (ninguna soldadura, ni refuerzos de las

Código de identificación producto grabado en el tubo con tecnología láser.



Figura A3. Ficha técnica de la cinta de riego

### Aplicaciones

Neptune es especialmente apto para el riego de:

**Cultivos extensivos:** maíz, algodón, sorgo, remolacha, tabaco;

**Hortícolas:**

- Solanáceas (tomates, patatas, pimientos, berenjenas);
- Crucíferas (coliflores, brócolis, coles);
- Compuestas (alcachofa, lechugas y achicoria);
- Cucurbitáceas (calabacines, melones, sandías, pepinos, calabazas);
- Liliáceas (espárragos, cebollas, ajo, puerros, chalote)
- Umbelíferas (hinojo, perejil, apio);

**Pequeños frutos:** fresas, arándanos, frambuesas, moras, grosellas;

**Plantas officinales.**



Código	Separación entre goteros (cm)	Caudal por Gotero (l/h) @		Caudal por metro (l/h/m) @		Filtración Requerida mesh
		0,7 bar	1,0 bar	0,7 bar	1,0 bar	
<b>Gotero (3,16 l/h)</b>						
PTWXXcc032-yy	30	3,16	3,80	10,53	12,67	120
PTWXXccf032-yy	40	3,16	3,80	7,90	9,50	
PTWXXcc032-yy	50	3,16	3,80	6,32	7,60	
PTWXXccf032-yy	60	3,16	3,80	5,27	6,33	
<b>Gotero (1,99 l/h)</b>						
PTWXXcc020-yy	30	1,99	2,40	6,63	8,00	120
PTWXXccf020-yy	40	1,99	2,40	4,98	6,00	
PTWXXcc020-yy	50	1,99	2,40	3,98	4,80	
PTWXXccf020-yy	60	1,99	2,40	3,32	4,00	
<b>Gotero (1,30 l/h)</b>						
PTWXXcc014-yy	30	1,30	1,50	4,33	5,00	120
PTWXXccf014-yy	40	1,30	1,50	3,25	3,75	
PTWXXcc014-yy	50	1,30	1,50	2,60	3,00	
PTWXXccf014-yy	60	1,30	1,50	2,17	2,50	
<b>Gotero (1,08 l/h)</b>						
PTWXXcc011-yy	30	1,08	1,30	3,60	4,33	120
PTWXXccf011-yy	40	1,08	1,30	2,70	3,25	
PTWXXcc011-yy	50	1,08	1,30	2,16	2,60	
PTWXXccf011-yy	60	1,08	1,30	1,80	2,17	
<b>Gotero (0,67 l/h)</b>						
PTWXXcc006-yy	30	0,67	0,80	2,23	2,67	120
PTWXXccf006-yy	40	0,67	0,80	1,68	2,00	
PTWXXcc006-yy	50	0,67	0,80	1,34	1,60	
PTWXXccf006-yy	60	0,67	0,80	1,12	1,33	

Caudales Disponibles					
Caudal en l/h @ 1 bar	0.80	1.30	1.50	2.40	3.80
Caudal en l/h @ 0.7 bar	0.67	1.08	1.30	1.99	3.16
<b>Dígitos en codificación</b>	<b>06</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>32</b>

### Codificación

PTW 16 08 40 11 - 24



CINTA Y LÍNEA DE RIEGO

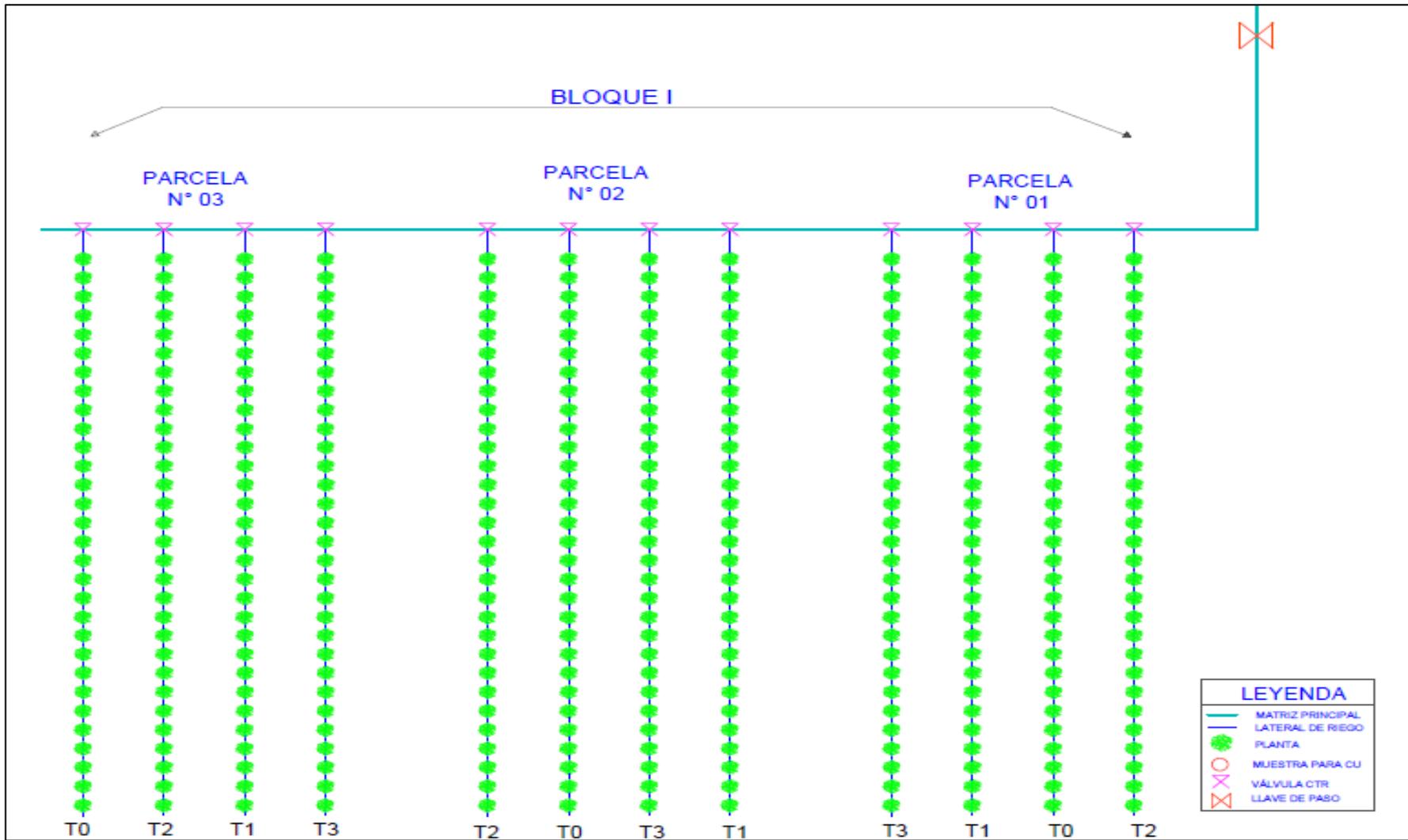
Figura A4. Ficha técnica de la cinta de riego



## ANEXO 04

# SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO





**Figura A5.** Croquis del sistema de riego por goteo



ANEXO 05

CÁLCULOS Y DATOS PARA LA  
PROGRAMACIÓN DE RIEGO



**Tabla A1.** Cálculo de la evapotranspiración anual mm. día<sup>-1</sup> (Método Hargreaves)

$$ETP = MF \times TMF \times CH \times CE$$

$$CE = 1.00 + 0.04 \frac{E}{2000}$$

$$CH = 0.166(100 - HR)^{1/2} ; \text{para } HR > 64\%$$

$$CH = 1.00 ; \text{para } HR < 64\%$$

PARAMETRO / MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Factor de Latitud (MF)	2.65	2.31	2.35	1.98	1.77	1.57	1.68	1.92	2.16	2.48	2.54	2.68
Temp. Media en °F (TMF)	63.3	62.3	62.8	62.5	60.9	58.7	59.2	60.6	63.4	64.2	65.2	64.4
Fact. Corrección Humedad (CH)	0.71	0.65	0.62	0.72	0.78	0.79	0.83	0.82	0.87	0.85	0.83	0.72
Fact. Corrección Altitud (CE)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
<b>ETP (mm mes-1)</b>	<b>125.7</b>	<b>98.9</b>	<b>95.6</b>	<b>94.5</b>	<b>88.9</b>	<b>77.0</b>	<b>86.9</b>	<b>100.9</b>	<b>125.0</b>	<b>142.7</b>	<b>145.0</b>	<b>130.1</b>
<b>ETP (mm día -1)</b>	<b>4.05</b>	<b>3.53</b>	<b>3.09</b>	<b>3.15</b>	<b>2.87</b>	<b>2.57</b>	<b>2.80</b>	<b>3.25</b>	<b>4.17</b>	<b>4.60</b>	<b>4.83</b>	<b>4.20</b>
ETP máxima =			4.60	mm día -1								

\*\*\*Se consideró la evapotranspiración del cultivo de referencia utilizado por el método de Hargreaves en base a la temperatura. este método utiliza la temperatura, la humedad relativa y el factor de latitud.

## DETERMINACION DE LA CURVA Kc

### Cálculo del Coeficiente de Cultivo (Kc)

#### 1° DATOS GENERALES:

Cultivo = PAPA- Roja Ayacuchana	Lugar = INIA - Ayacucho
Periodo = 6 meses	Altitud = 2735 m.s.n.m.
Fecha siembra = 19 JUL. 2018	Latitud = 13°10'09''
	Longitud = 74°12'82'

#### 2° DURACIÓN DE LAS FASES

Inicial	=	17	días	Siembra
Desarrollo del cultivo	=	33	días	10 % cv
Mediados del cultivo	=	90	días	Inicio de floración
Finales del cultivo	=	<u>54</u>	días	Maduración
		194	días	

#### 3° DURACIÓN DE LAS FASES

Kc - fase inicial	=	0.50
Eto	=	6.55 mm/día
Kc - mediad. desarrollo	=	1.10
Kc - final periodo	=	0.50

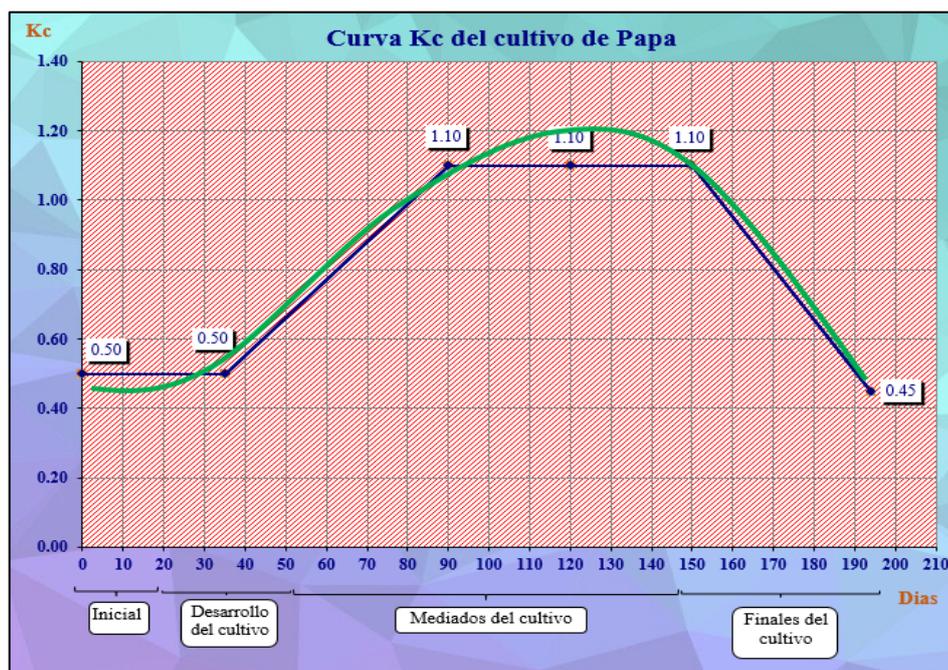


Figura A6: Curva Kc del cultivo de papa

➤ **Lámina neta**

$$Ln = \frac{(CC - PM)}{100} * Da * Pr * Pa * \%AM$$

- Ln = Lámina neta (mm)  
Cc = Capacidad de campo (%)  
Pm = Punto de Marchites (%)  
Da = Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)  
Pr = Profundidad de raíces (mm)  
Pa = Porcentaje de agotamiento (%)  
%AM = Porcentaje de área mojada (%)

➤ **Evapotranspiración de Cultivo (ETc) (mm/día)**

$$ETC = ET_0 \times Kc$$

➤ **Necesidades Netas de Riego (NR) (mm/día)**

$$NR = ETC / Ea$$

Siendo,

- ETC: Evapotranspiración del cultivo (mm/día)
- Ea = Eficiencia de aplicación del sistema de riego (0.90)

➤ **Volumen de riego por planta (VP) (l/planta/día)**

$$VP = NR \times DEH \times DSH$$

Donde,

- NR: Necesidades de riego (mm/día)
- DEH: Distancia entre hilera del cultivo (m)
- DSH: Distancia sobre hilera del cultivo (m)

➤ **Para el caso del riego por cinta, se deberá expresar en litros por metro lineal por día (l/m/día):**

$$VM = VP / DSH$$

Donde

VM : Volumen por metro lineal por día (l/m/día)

DSH : Distancia sobre hilera del cultivo (m)

VP : Volumen de riego por planta, calculado en punto (e).

➤ **Tiempo de Riego (TR) (h)**

$$TR = VP / (N \text{ emisor} \times Q \text{ emisor})$$

Donde

VP: Volumen de riego por planta (l/planta/día)

N emisor: Numero de emisores por planta

Q emisor: Caudal del emisor (l/h)



ANEXO 06  
DATOS DE AGUA VIRTUAL  
POR TRATAMIENTO



El agua virtual por cada tratamiento se mostrará en las siguientes tablas:

**Tabla A2. Agua virtual (T0)**

<b>T0</b>			
<b>Meses</b>	<b>Vol. Riego (L)</b>	<b>Precipitación (L)</b>	<b>Agua virtual (L)</b>
Julio	216.7	27.71	244.40
Agosto	505.6	1277.4	1783.0
Setiembre	3105.9	468.8	3574.7
Octubre	2889.2	1181.0	4070.2
Noviembre	3611.5	474.2	4085.7
Diciembre	2166.9	1657.5	3824.4
Enero	1083.5	1313.8	2397.2
<b>Total</b>	<b>13579.2</b>	<b>6400.4</b>	<b>19979.6</b>

**Tabla A3. Agua virtual (T1)**

<b>T1</b>			
<b>Meses</b>	<b>Vol. Riego (L)</b>	<b>Precipitación (L)</b>	<b>Agua virtual (L)</b>
Julio	0.0	27.71	27.71
Agosto	505.6	1277.4	1783.0
Setiembre	3069.8	468.8	3538.6
Octubre	2744.7	1181.0	3925.8
Noviembre	3467.0	474.2	3941.2
Diciembre	2166.9	1657.5	3824.4
Enero	722.3	1313.8	2036.1
<b>Total</b>	<b>12676.4</b>	<b>6400.4</b>	<b>19076.8</b>

**Tabla A4. Agua virtual (T2)**

<b>T2</b>			
<b>Meses</b>	<b>Vol. Riego (L)</b>	<b>Precipitación (L)</b>	<b>Agua virtual (L)</b>
Julio	0.00	27.71	27.71
Agosto	433.4	1277.4	1710.8
Setiembre	3069.8	468.8	3538.6
Octubre	2780.9	1181.0	3961.9
Noviembre	3467.0	474.2	3941.2
Diciembre	2166.9	1657.5	3824.4
Enero	722.3	1313.8	2036.1
<b>Total</b>	<b>12640.3</b>	<b>6400.4</b>	<b>19040.7</b>

**Tabla A5. Agua virtual (T3)**

<b>T3</b>			
<b>Meses</b>	<b>Vol. Riego (L)</b>	<b>Precipitación (L)</b>	<b>Agua virtual (L)</b>
Julio	0.0	27.71	27.71
Agosto	433.4	1277.4	1710.8
Setiembre	3033.7	468.8	3502.5
Octubre	2744.7	1181.0	3925.8
Noviembre	3467.0	474.2	3941.2
Diciembre	2166.9	1657.5	3824.4
Enero	722.3	1313.8	2036.1
<b>Total</b>	<b>12568.0</b>	<b>6400.4</b>	<b>18968.4</b>



ANEXO 07  
ANÁLISIS ESTADÍSTICO



**Tabla A6.** Análisis de varianza de rendimientos por cada tratamiento

F.V.	GL	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
<b>TRATAMIENTO</b>	3	377.890	125.963	1.979	4.07	7.59	NS
<b>ERROR</b>	8	509.138	63.642				
<b>TOTAL</b>	11	887.028					

Coeficiente de Variación      12.79

**Tabla A7.** Análisis de varianza de intervalos de riego por cada tratamiento

F.V.	GL	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
<b>TRATAMIENTO</b>	3	1.86	0.62	0.006	3.01	4.72	NS
<b>ERROR</b>	24	2458.57	102.44				
<b>TOTAL</b>	27	2460.43					

Coeficiente de Variación      108.17

**Tabla A8.** Análisis de varianza de agua virtual por cada tratamiento

F.V.	GL	SC	CM	FC	FT		SIGNIFICANCIA
					0.05	0.01	
<b>TRATAMIENT</b>	3	278971.86	92990.62	0.031	3.01	4.72	NS
<b>ERROR</b>	24	73073372.50	3044723.85				
<b>TOTAL</b>	27	73352344.36					

Coeficiente de Variación      59.82



ANEXO 08

ANÁLISIS DE SUELO





# MULTISERVICIOS AGROLAB

**INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE**

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

**ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:**

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS. - INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS. - ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

## ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS

1350217

**SOLICITANTE:** Srta. Sayo Milagros Tirado Lagos

**PROYECTO:** Dosis de lluvia sólida en el contenido de humedad del suelo con riego por goteo Canaán INIA, Ayacucho- 2018.

**REGIÓN:** Ayacucho

**PROVINCIA:** Huamanga

**DISTRITO:** Andrés Avelino Cáceres

**FECHA DE INGRESO:** 12-07-18

**FECHA DE RESULTADOS:** 19-07-18

<b>Nº Laboratorio</b>	<b>AS 10831</b>
<b>Nº Campo</b>	<b>Muestra 01</b>
Capacidad de campo (%)	25.02
Punto de marchites (%)	13.98
Densidad aparente (g.cc <sup>-1</sup> )	1.18
Arena (%)	48
Limo (%)	22
Arcilla (%)	30
Clase Textural	Franco arcillo arenoso

  
Ph. D. MARLENI CERBA GÓMEZ  
Responsable de Laboratorio



# MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

**ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN**

### ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

1051929

**Solicitante:** Srta. Sayo Milagros Tirado Lagos

**Departamento:** Ayacucho

**Provincia:** Huamanga

**Distrito:** Andrés Avelino Cáceres

**Fecha:** 19/07/2018

Numero de muestra		pH (1:1)	C.E. dS.m <sup>-1</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> %	Nt %	MO %	P ppm	K ppm	Analisis Mecanico			Clase Textural	CIC	Cationes cambiables					% Sat. De Bases
Lab	Campo								Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup> + H <sup>+</sup>	
									%	%	%			Cmol (+). kg <sup>-1</sup>					
7867	INIA	6.48	0.19	0.00	0.14	2.92	49.4	405	48	22	30	Fr.Ar.A.	23.58	15.62	3.79	2.02	0.30	0.00	92

**PROYECTO:** Dosis de lluvia sólida en el contenido de humedad del suelo con riego por goteo Canaán INIA, Ayacucho- 2018.

**Ph. D. MARILENI CERBA GÓMEZ**  
Responsable de Laboratorio

**A** = arena, **A.Fr** = Arena franca; **Fr.A.** = Franco arenoso; **Fr** = Franco; **Fr.L** = Franco limoso; **L** = Limoso; **FrArA** = Franco arcillo arenoso; **FrAr** = Franco arcilloso; **FrArL** = Franco arcillo limoso; **ArA** = Arcillo arenoso; **ArL** = Arcillo limoso; **Ar** = Arcilloso.

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "G-12" - Ayacucho / ☎ (066) 312049 - 📞 966938028 - 966631889 / 📠 982781298 ✉ agrolab01@yahoo.es - agrolab107@gmail.com



## ANEXO 09

# COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD



**Costo de producción de papa variedad "Roja Ayacuchana" con lluvia sólida  
TRATAMIENTO 1**

<b>Cultivo</b>	:Papa	<b>Mes de siembra</b>	:Julio 2018
<b>Variedad</b>	:Roja Ayacuchana	<b>Mes de cosecha</b>	:Enero 2019
<b>Extensión</b>	:1.00 ha	<b>Sistema de riego</b>	:Goteo
<b>Ubicación</b>	:2735 msnm		

<b>Partida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Parcial</b>
<b>1.00</b>	<b>MANO DE OBRA</b>			<b>S/.</b>	<b>S/.</b>
1.10	Siembra y tapado a lampa	Jornal	6	30.00	180.00
1.20	Aplicación de lluvia sólida	Jornal	6	30.00	180.00
1.30	Aplicación de productos fitosanitarios	Jornal	2	30.00	60.00
1.40	Primer aporque	Jornal	3	30.00	90.00
1.50	Segundo aporque	Jornal	3	30.00	90.00
1.60	Cosecha (Escarbado)	Jornal	10	30.00	300.00
1.70	Cosecha (Selección)	Jornal	7	30.00	210.00
1.80	Cosecha (Carguio)	Jornal	7	30.00	210.00
<b>2.00</b>	<b>MAQUINARIA</b>				
2.10	Arado	Hora/máq	8	40.00	320.00
2.20	Surqueo para la siembra	Hora/máq	2	40.00	80.00
<b>3.00</b>	<b>INSUMOS</b>				
<b>3.10</b>	<b>SEMILLA</b>				
3.11	Semilla certificada	Unidad	33000	0.50	16500.00
<b>3.20</b>	<b>FERTILIZANTES</b>				
3.21	Urea	Saco x 50 kg	4	85.00	340.00
3.22	Fosfato Di Amónico	Saco x 50 kg	4	102.00	408.00
3.23	Cloruro de potasio	Saco x 50 kg	4	92.00	368.00
<b>3.30</b>	<b>POLÍMERO "LLUVIA SÓLIDA"</b>				
3.30	Lluvia sólida	Kg/ha	60	110.00	6600.00
<b>3.40</b>	<b>INSECTISIDAS</b>				
3.41	Pounce	L	1	35.00	35.00
3.42	Zuxion	L	1	35.00	35.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/.</b>	<b>26006.00</b>
<b>Partida</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Parcial</b>
<b>A COSTO DIRECTO</b>					<b>26006.00</b>
	Sub total costos directos				26006.00
<b>B COSTO INDIRECTO</b>					<b>3080.48</b>
	Gastos administrativos (3%A)				780.18
	Imprevistos (5% A)				1300.3
	Alquiler de terreno	Ha.	1	1000	1000
	<b>COSTO TOTAL (A+B)</b>				<b>29086.48</b>
<b>C ANALISIS ECONOMICO</b>					
	Rendimiento (Tn/ha)	Tn/Ha	59.96	1.2	71.952
	Venta total del producto (S/.)	S/. Kg	59960	1.2	71952
<b>D MARGEN ECONOMICO</b>					
	Costo total( S/.)				29086.48
	Venta total (S/.)				71952
	Utilidad neta (S/.)				42865.52
	Rentabilidad (%)				<b>59.575%</b>

**Costo de producción de papa variedad "Roja Ayacuchana" con lluvia sólida  
TRATAMIENTO 2**

Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Costo
				Unitario	Parcial
				S/.	S/.
<b>2.00</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				
1.10	Siembra y tapado a lampa	Jornal	6	30.00	180.00
1.20	Aplicación de lluvia sólida	Jornal	6	30.00	180.00
1.30	Aplicación de productos fitosanitarios	Jornal	2	30.00	60.00
1.40	Primer aporque	Jornal	3	30.00	90.00
1.50	Segundo aporque	Jornal	3	30.00	90.00
1.60	Cosecha (Escarbado)	Jornal	10	30.00	300.00
1.70	Cosecha (Selección)	Jornal	7	30.00	210.00
1.80	Cosecha (Carguio)	Jornal	7	30.00	210.00
<b>2.00</b>	<b>MAQUINARIA</b>				
2.10	Arado	Hora/máq	8	40.00	320.00
2.20	Surqueo para la siembra	Hora/máq	2	40.00	80.00
<b>3.00</b>	<b>INSUMOS</b>				
<b>3.10</b>	<b>SEMILLA</b>				
3.11	Semilla certificada	Unidad	33000	0.50	16500.00
<b>3.20</b>	<b>FERTILIZANTES</b>				
3.21	Urea	Saco x 50 kg	4	85.00	340.00
3.22	Fosfato Di Amónico	Saco x 50 kg	4	102.00	408.00
3.23	Cloruro de potasio	Saco x 50 kg	4	92.00	368.00
<b>3.30</b>	<b>POLÍMERO "LLUVIA SÓLIDA"</b>				
3.30	Lluvia sólida	Kg/ha	120	110.00	13200.00
<b>3.40</b>	<b>INSECTISIDAS</b>				
3.41	Pounce	L	1	35.00	35.00
3.42	Zuxion	L	1	35.00	35.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/.</b>	<b>32606.00</b>
Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Costo
				Unitario	Parcial
<b>A</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>32606.00</b>
	Sub total costos directos				32606.00
<b>B</b>	<b>COSTO INDIRECTO</b>				<b>3608.48</b>
	gastos administrativos (3% A)				978.18
	Imprevistos (5% A)				1630.3
	Alquiler de terreno	Ha.	1	1000	1000
	<b>COSTO TOTAL (A+B)</b>				<b>36214.48</b>
<b>C</b>	<b>ANÁLISIS ECONOMICO</b>				
	Rendimiento (Tn/ha)	Tn/ha	62.67	1.2	75.204
	Venta total del producto (S/.)	S/. Kg	62670	1.2	75204
<b>D</b>	<b>MARGEN ECONOMICO</b>				
	Costo total( S/.)				36214.48
	Venta total (S/.)				75204
	Utilidad neta (S/.)				38989.52
	<b>Rentabilidad (%)</b>				<b>51.845%</b>

**Costo de producción de papa variedad "Roja Ayacuchana" con lluvia sólida  
TRATAMIENTO 3**

Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Costo Parcial
				Unitario	S/.
<b>1.00</b>	<b>MANO DE OBRA</b>				
1.10	Siembra y tapado a lampa	Jornal	6	30.00	180.00
1.20	Aplicación de lluvia sólida	Jornal	6	30.00	180.00
1.30	Aplicación de productos fitosanitarios	Jornal	2	30.00	60.00
1.40	Primer aporque	Jornal	3	30.00	90.00
1.50	Segundo aporque	Jornal	3	30.00	90.00
1.60	Cosecha (Escarbado)	Jornal	10	30.00	300.00
1.70	Cosecha (Selección)	Jornal	7	30.00	210.00
1.80	Cosecha (Carguio)	Jornal	7	30.00	210.00
<b>2.00</b>	<b>MAQUINARIA</b>				
2.10	Arado	Hora/máq	8	40.00	320.00
2.20	Surqueo para la siembra	Hora/máq	2	40.00	80.00
<b>3.00</b>	<b>INSUMOS</b>				
<b>3.10</b>	<b>SEMILLA</b>				
3.11	Semilla certificada	Unidad	33000	0.50	16500.00
<b>3.20</b>	<b>FERTILIZANTES</b>				
3.21	Urea	Saco x 50 kg	4	85.00	340.00
3.22	Fosfato Di Amónico	Saco x 50 kg	4	102.00	408.00
3.23	Cloruro de potasio	Saco x 50 kg	4	92.00	368.00
<b>3.30</b>	<b>POLÍMERO "LLUVIA SÓLIDA"</b>				
3.30	Lluvia sólida	Kg/ha	180	110.00	19800.00
<b>3.40</b>	<b>INSECTISIDAS</b>				
3.41	Pounce	L	1	35.00	35.00
3.42	Zuxion	L	1	35.00	35.00
<b>TOTAL</b>				<b>S/.</b>	<b>39206.00</b>
Partida	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial
<b>A</b>	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>39206.00</b>
A.1	Sub total costos directos				39206.00
<b>B</b>	<b>COSTO INDIRECTO</b>				<b>4136.48</b>
B.1	gastos administrativos (3%A)				1176.18
B.2	Imprevistos (5% A)				1960.3
B.3	Alquiler de terreno	Ha.	1	1000	1000
B.4	COSTO TOTAL (A+B)				43342.48
<b>C</b>	<b>ANALISIS ECONOMICO</b>				
C.1	Rendimiento (Tn/ha)	Tn/Ha	71.1	1.2	85.32
	Venta total del producto (S/.)	S/. Kg	71100	1.2	85320
<b>D</b>	<b>MARGEN ECONOMICO</b>				
D.1	Costo total( S/.)				43342.48
D.2	Venta total (S/.)				85320
D.3	Utilidad neta (S/.)				41977.52
D.4	Rentabilidad (%)				<b>49.200%</b>



ANEXO 10  
PANEL FOTOGRÁFICO





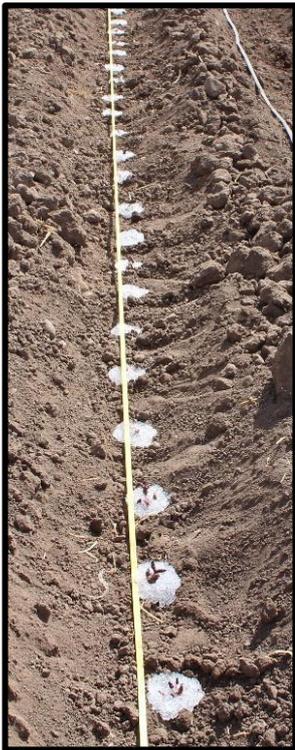
**Fotografía 1:** Preparación y surcado del terreno



**Fotografía 2:** Delimitación de las UE e instalación del sistema de riego



**Fotografía 3:** Preparación y almacenamiento de lluvia sólida



2gr



4gr



6gr

Fotografía 4: Siembra de papa con lluvia sólida



**Fotografía 5: Primer y segundo aporque**



**Fotografía 6:** Control fitosanitario



**Fotografía 7:** Riego por goteo aplicado al cultivo de papa



**Fotografía 8: 1° y 2° prueba de coeficiente de uniformidad**



**Fotografía 9:** Recipientes con muestra para el CU



**Fotografía 10:** Lectura del manómetro del tensiómetro (10 cm y 20 cm)



**Fotografía 11:** Lectura del manómetro del tensiómetro (30 cm)



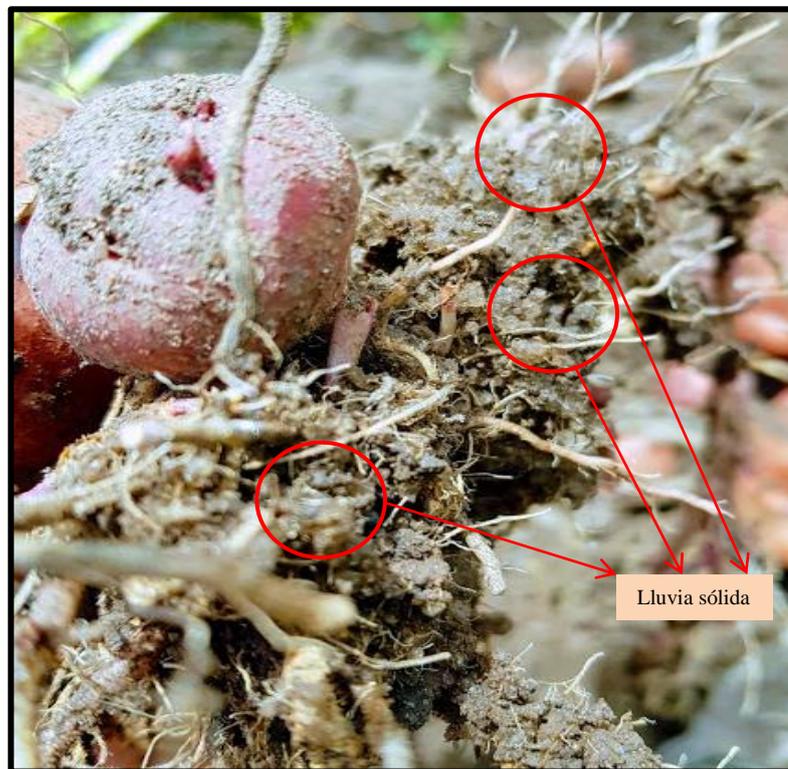
**Fotografía 12:** Cosecha de papa Roja Ayacuchana, por cada tratamiento



**Fotografía 13:** Clasificación de papa Roja Ayacuचना, por cada tratamiento



**Fotografía 14:** Evaluación del rendimiento y número de tuberculos por cada tratamiento



**Fotografía 15:** Presencia de lluvia sólida adherida en las raíces de la planta



**Fotografía 16:** Presencia de lluvia sólida adherida en las raíces de la planta