

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El municipio de Incahuasi tiene diversidad de pisos agro productivos que permiten una amplia variedad de cultivos agrícolas, entre los productos tradicionales son la papa, maíz, trigo y cebada, en tanto que los no tradicionales son el ají, especies aromáticas como el comino y el anís, como cultivos industriales el maní y la caña de azúcar.

Las variedades de papa más cultivadas en el municipio se mencionan a continuación: Cardenal, Cron, Desiree, Revolución, Huaycha, Yungay, Runa, Sani Imilla, Malcacho, Marcela, Peruana (Única), Collareja.

Los hidrogeles o polímeros hidrofílicos no son un agroquímico ni un fertilizante, sino un acondicionador del suelo. Estos polímeros tienen la capacidad de absorber hasta 500 veces su peso en agua, liberándola paulatinamente hasta en un 95%, esta propiedad de los hidrogeles es de mayor importancia para evitar pérdidas o disminución en rendimientos de cultivos, ya sea por sequía o falta de agua, puesto que estos hidrogeles reducen más de un 80% la cantidad de agua que requiere un cultivo y por ende la disminución de la frecuencia de riego (Díaz, 2018).

El hidrogel posee cualidades que permiten la retención del agua del suelo lo que permite mayor prolongación de la humedad, así mismo, el hidrogel puede utilizarse para la retención y dilución de los fertilizantes. El hidrogel libera el agua junto con nutrientes de forma sostenida (manteniendo el suelo húmedo), disminuye la pérdida de nutrientes y permite el desarrollo de la vida microbiana en la rizosfera y la absorción de nutrientes en las plantas (Díaz, 2018).

El hidrogel mejora las características y/o propiedades del suelo, como ser la capacidad de absorción retención de agua, mejora la aireación, la estructura; además se estimula el crecimiento radical y se reduce la pérdida de elementos por lixiviación, mejora la aireación y drenaje del suelo; factores que permiten espaciar la frecuencia de los riegos, favorecer el desarrollo del sistema radical, el crecimiento de la planta, mejorar la actividad biológica e incrementar la producción.

Inicialmente fueron aceptados como una capa protectora en torno a raíces desnudas en el sector forestal, hoy en día, los hidrogeles se usan ampliamente: en la agricultura, arquitectura paisajista, invernaderos y viveros, como suplementos para trasplantes y otros. Esta situación es de enorme importancia en las regiones de escasez hídrica y en terrenos con textura de medias a gruesas, es decir suelos con una gran proporción de arenas (Díaz, 2018).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La escasez de agua en la región debido a la alta demanda de los productores de la comunidad quienes distribuyen el agua en turnos de 12 horas los cuales deben abastecer un mínimo de 3 hectáreas por usuario y con ello los productores no pueden efectuar el riego a sus cultivos en su totalidad.

La distribución de los turnos de agua de la comunidad está a cada 18 días por lo cual el cultivo entra en un periodo de déficit hídrico no cumpliendo el requerimiento de agua del cultivo.

A razón de esto la producción de la papa ha ido bajando de manera muy significativa haciéndole un cultivo no rentable para todos los productores de papa del municipio.

JUSTIFICACIÓN

La sequía es uno de los factores por los cuales la agricultura está siendo severamente afectada en la comunidad La Banda del municipio de Incahuasi, siendo esta una de las mayores zonas de producción de papa en el municipio y donde la mayor parte del agua de riego es utilizada de manera poco eficiente combinado con un sistema de riego que va por turnos entre comunarios el agua retorna para el riego cada 18 días siendo el causante del bajo rendimiento del cultivo.

La finalidad de este trabajo es proponer una solución para los problemas de sequía y se busca optimizar el uso del agua en el cultivo de la papa con el uso de polímeros que nos permitan mejorar los rendimientos de producción; así mismo, se determinara la dosis adecuada de hidrogel por hectárea.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la influencia del hidrogel (*Poliacralamida*) en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Cardenal en la comunidad La Banda del municipio de Incahuasi provincia Nor Cinti del departamento de Chuquisaca.

Objetivos específicos

- Identificar la dosis de hidrogel (40kg de hidrogel/ha, 50kg de hidrogel/ha, 60kg de hidrogel/ha) que tiene mejores resultados en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Cardinal.
- Comparar el rendimiento del cultivo de papa con la aplicación de tres dosis de hidrogel.
- Determinar la capacidad de campo del suelo con 3 dosis de hidrogel y sin la aplicación de hidrogel.
- Calcular en punto de marchitez permanente del suelo en base a la capacidad de campo.

HIPÓTESIS

La aplicación de hidrogel al suelo en el cultivo de papa incrementa los rendimientos al retener mayor cantidad de agua.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Los rendimientos de los cultivos se hallan asociados principalmente a dos factores: la calidad del suelo y el clima imperante, además de la provisión de agua para riego de los cultivos.

En función del análisis de suelos realizado por el PMOT 2015, el distrito de Incahuasi tiene suelos profundos, con regular a buena fertilidad y con provisión de agua para riego, aunque climatológicamente corresponde a subhúmedo a seco. Los rendimientos de la papa varían desde los 45qq/ha hasta los 350qq/ha siendo los factores más influyentes el suelo y la disponibilidad de agua para riego constante al cultivo lo que ocasiona el bajo rendimiento en la producción de este cultivo

1.2. Hidrogel

Los hidrogeles son redes poliméricas tridimensionales, que pueden absorber grandes cantidades de agua o de fluidos biológicos, con la capacidad de retener y ceder agua a distintas velocidades según su grado de polimerización (Elizondo, 2021).

Los hidrogeles o polímeros súper absorbentes han sido propuestos ampliamente en los últimos años para uso agrícola con el objetivo de mejorar la disponibilidad de agua para las plantas incrementando las propiedades de retención de agua siendo utilizada en diversos sectores, como la agricultura y la arquitectura paisajística, logrando reducir el consumo de agua hasta un 50% (Cisneros, 2020).

1.3. Clasificación de los hidrogeles

Los hidrogeles se pueden clasificar en varias formas, pero esto puede llegar a depender de sus características y propiedades las cuales se detalla a continuación:

De acuerdo a la naturaleza de los grupos laterales

Se clasifican en neutros o iónicos.

- Por sus características mecánicas y estructurales.

Se pueden clasificar en redes afines o redes fantasmas.

- Dependiendo del método de preparación.

Red homopolimérica, copolimérica, multipolimérica, o red polimérica interpenetrada.

- En base a la estructura física de la red (Pilay, 2021).

1.4. Capacidad de retención de agua del hidrogel

Los retenedores de agua tienen como su principal capacidad, administrar y retener agua al suelo, como es el caso del Hidrogel que es capaz de absorber agua y proporcionarla lentamente a las raíces de las plantas mejorando también algunas características del suelo, tales como su capacidad de retención y su disponibilidad del agua, aireación y disminución de compactación. En la actualidad se está intensificando el uso de estos retenedores en los diversos sectores, como la agricultura y la arquitectura paisajista, logrando reducir el consumo de agua hasta en un 50 % (Chichanda, Valdez, & Menoscal, 2022).

Los retenedores de agua al hidratarse forman una gelatina a la que llamamos hidrogel, específicamente diseñado para la aplicación en el campo. Para hortalizas, cítricos, fruticultura, minimiza los problemas de infertilidad del suelo, escasez de agua, ausencia de fertilizante y erosión del suelo, en los viveros forestales se utilizan los retenedores de agua para el transporte de plántulas, protección al momento del trasplante. Está demostrado que las reforestaciones son más efectivas, al reducir el trasplante y minimizar el secado del sistema radicular, tanto durante el transporte como en la plantación (Chichanda, Valdez, & Menoscal, 2022).

1.5. Hidrogel en las características del suelo para el desarrollo de las plantas

El volumen de humedecimiento del hidrogel ocurre en función del tipo de suelo y del volumen inicial del hidrogel en el suelo. Con un comportamiento exponencial, el suelo franco arenoso presenta mayor facilidad para formar un mayor bulbo húmedo a diferencia de los demás suelos. La zona humedecida por el hidrogel tiene un incremento

de la humedad alrededor del 14% con respecto al contenido inicial, indiferente del tipo de suelo, con la posibilidad de llevar al suelo a capacidad de campo (Fernandéz, 2021).

Al aplicar hidrogel sin hidratar en el suelo, éste no podrá hidratarse con la misma magnitud que en agua libre, debido a que el suelo ejerce presión y dificulta que la partícula de hidrogel se hidrate normalmente. El mismo autor menciona que es importante conocer el comportamiento del hidrogel en el suelo para optimizar su uso, por tanto, se deben considerar estudios sobre su estabilidad, rehidratación y duración en el suelo con cultivos en producción (Fernandéz, 2021).

1.6. Hidrogel en la producción agrícola

El hidrogel está siendo usado en la agricultura por sus beneficios económicos como por los agronómicos, se usa en las hortalizas y en los cultivos perennes. Sus propiedades le han permitido ser usado en diferentes áreas como en la biomedicina, y en la agricultura ha sido utilizado como mecanismo para evitar el estrés hídrico en los cultivos (ya que retener agua es sin unas de sus principales características. Los primeros estudios en esta área datan en los años 70 en la germinación y crecimiento de semillas (Chichanda, Valdez, & Menoscal, 2022).

1.7. Dosificación y aplicación en la agricultura

Los hidrogeles cosecha de lluvia absorben hasta 500 veces su propio volumen, con una capacidad de retención de 370 veces su peso en agua, una disponibilidad de agua de 95 % y 97 %, con una vida productiva de 5 años. Las dosis recomendadas para sustratos, vivero y compost van de 1,0 a 1,5 gramos, en función del tipo de suelo, cultivo y clima, según el fabricante (Chichanda, Valdez, & Menoscal, 2022).

1.8. Cultivo de la papa

1.8.1. Origen

La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, originaria de Sudamérica y cultivada por todo el mundo por sus tubérculos comestibles. En nuestro continente, este cultivo evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres

del mismo género, lo que dio como resultado una gran diversidad de especies (Kramm & INIA, 2017).

La papa tiene su origen en dos centros de América del sur: Perú y Bolivia, de donde proceden las papas de tuberización en días cortos y hojas pequeñas, y el sur de Chile, papas de tuberización en días largos y de hojas anchas.

Con la expansión que ocurrió después de la llegada de los españoles, la papa ha cobrado mayor importancia en los alimentos cotidianos de las personas siendo hoy en día un alimento básico en la dieta del hombre.

Actualmente, la papa tiene múltiples usos: consumo humano directo, alimento del ganado, industrias alimentarias e industria destilera (Paco, 2017).

1.8.2. Características botánicas y taxonómicas

La papa es una planta suculenta, herbácea, que presenta tubérculos, los cuales se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal. Los tallos aéreos son de sección angular, y entre las axilas de las hojas y los tallos se forman ramificaciones secundarias.

Las raíces se desarrollan en verticilo, en los nudos del tallo principal, su crecimiento primero es vertical dentro de la capa de suelo arable y luego es horizontal de 25-50 cm, y algunas veces, cuando el suelo lo permite, es nuevamente vertical hasta 90 cm.

Las hojas son alternas, igual que los estolones. Las primeras hojas tienen aspecto de simples, luego vienen las hojas compuestas, imparipinnadas con 3-4 pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal. Entre las hojuelas laterales hay hojuelas pequeñas de segundo orden.

La inflorescencia es cimosa, las flores son hermafroditas, tetracíclicas, pentámeras; el cáliz es germosépalo lobulado; la corola es rotácea pentalobulada del color blanco a púrpura, con 5 estambres. Cada estambre posee dos anteras de color amarillo pálido, amarillo más fuerte o anaranjado, que producen polen a través de un tubo terminal; gineceo con ovario bilocular.

El fruto es una baya bilocular de 15-30 mm de diámetro, color verde, verde-amarillento o verde azulado. Cada fruto contiene aproximadamente 200 semillas.

El tubérculo de la papa es un tallo subterráneo ensanchado. En la superficie posee yemas axilares en grupos de 3-5 y protegidas por hojas escamosas (ojos).

Una yema representa una rama lateral del tallo subterráneo. El tubérculo es un sistema morfológico ramificado; los ojos de los tubérculos tienen una disposición rotada alterna desde el extremo proximal del tubérculo (donde va inserto el estolón) hasta el extremo distal, donde los ojos son más abundantes. La yema apical del extremo distal es la que primero se desarrolla y domina el crecimiento de todas las otras (dominancia apical) (Paco, 2017).

1.8.3. Taxonomía de la papa

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Metachlamydeae

Grupo de Ordenes: Tetraciclicos

Orden: Polemoniales

Familia: Solanaceae

Nombre científico: Solanum tuberosum L.

Nombre común: Papa

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2023)

1.8.4. Diversidad de variedades y especies

Existen 2000 especies, pero de las cuales solo 200 son tuberíferas. Estudios recientes han demostrado que existen 235 especies de papas, 11 entre silvestres y cultivadas; anteriormente la ciencia sólo reconocía 6 especies cultivadas y el Centro Internacional de la Papa 9 especies cultivadas. Lo cual indica que aún se deben hacer muchos estudios sobre la diversidad de la papa en el mundo (Paco, 2017).

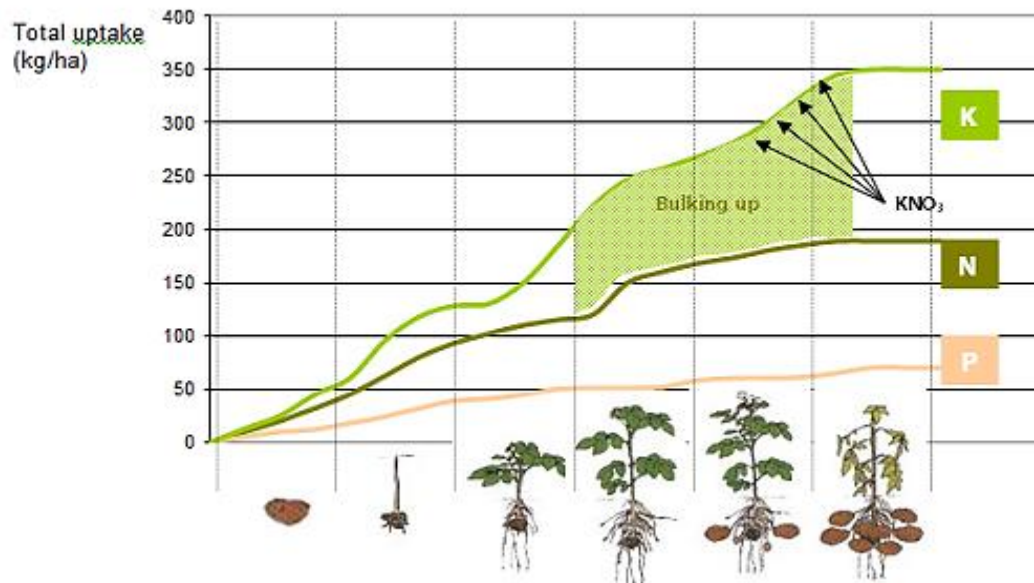
En Bolivia existen 34 especies silvestres de papa creciendo en una diversidad de ambientes, las cuales están constantemente evolucionando y adaptándose a condiciones climáticas extremas como la helada y sequía, así como el ataque de insectos plaga y enfermedades (Paco, 2017).

1.8.5. Absorción de nutrientes del cultivo

La cantidad de nutrientes eliminados por un cultivo de papa está estrechamente relacionada con el rendimiento. Por lo general, el doble de rendimiento dará como resultado el doble de eliminación de nutrientes. Los nutrientes deben aplicarse con la mayor precisión posible a la zona de absorción, un poco antes o en el momento en que el cultivo los necesite (Kovalev, 2020).

1.8.5.1. El potasio en el cultivo de papa

Figura N°1. Curva de la absorción de macronutrientes por una planta de papa entera



Fuente: (Kovalev, 2020) & (Harris, 1978).

Los requerimientos de potasio de los tubérculos de papa durante la etapa de carga son muy altos ya que se los considera consumidores de lujo de potasio.

El mayor requerimiento de potasio, como se muestra en la Figura N°1, es durante la etapa de aumento de volumen de los tubérculos. La floración de las plantas de papa es un indicio del inicio de esta etapa morfológica (Kovalev, 2020).

Las plantas de papa absorben grandes cantidades de potasio durante la temporada de crecimiento. El potasio tiene un papel importante en el control del estado hídrico de la planta y la concentración iónica interna de los tejidos de la planta, con un enfoque especial en el funcionamiento de los estomas.

Las papas requieren grandes cantidades de K del suelo, ya que este nutriente es crucial para funciones metabólicas como el movimiento de azúcares de las hojas a los tubérculos y la transformación del azúcar en almidón de papa. Las deficiencias de potasio reducen el rendimiento, el tamaño y la calidad del cultivo de papa. La falta de un adecuado K del suelo también se asocia con un bajo peso específico en las papas (Kovalev, 2020).

1.8.6. Requerimientos de clima y suelo

1.8.6.1. Clima

1.8.6.1.1. Temperatura

Para el cultivo de la papa, la mayor limitante son las temperaturas, ya que si son inferiores a 10 °C y superiores a 30 °C afectan irreversiblemente el desarrollo del cultivo, mientras que la temperatura óptima para una mejor producción va de 17 a 23 °C. Por ese motivo, la papa se siembra a principios de la primavera en zonas templadas y a finales de invierno en las regiones más calurosas. En los lugares de clima tropical cálido se siembra durante los meses más frescos del año. La papa es considerada una planta termoperiódica, es decir, necesita una variación de las temperaturas entre el día y la noche. Dicha variación debe ser entre 10 a 25 °C en el aire. La temperatura del suelo adecuada para el desarrollo de tubérculos debe ser de 10 a 16 °C durante la noche y de 16 a 22 °C en el día. Cuando la oscilación de estas temperaturas es menor a las especificadas anteriormente, se ve afectado el crecimiento y tuberización de la papa. Las temperaturas bajas de los suelos durante el crecimiento vegetativo del cultivo, disminuyen el crecimiento y desarrollo de raíces, además de la asimilación de nutrientes, especialmente el fósforo. Por otro lado, las altas temperaturas aceleran el desarrollo de la planta y su envejecimiento (INTAGRI S.C., 2017).

1.8.6.2. Suelo

La papa puede crecer en la mayoría de los suelos, aunque son recomendables suelos con poca resistencia al crecimiento de los tubérculos. Los mejores suelos son los francos, franco-arenosos, franco-limosos y franco-arcillosos, con buen drenaje y

ventilación, que además facilitan la cosecha. Sin embargo, se pueden alcanzar altas producciones en suelos con textura arcillosa al aplicar materia orgánica y regulando las frecuencias de riego. Suelos con una profundidad efectiva mayor 50 cm, son necesarios para permitir el libre crecimiento de estolones y tubérculos de la planta. El cultivo tiene un adecuado desarrollo en un rango de pH de 5.0 a 7.0. Los suelos salinos, alcalinos o compactados provocan trastornos en el desarrollo y producción de la papa. Es recomendable tener suelos con una densidad aparente de 1.20 g/cm³, contenido de materia orgánica mayor a 3.5 % y una conductividad eléctrica menor a 4 dS/m. a (INTAGRI S.C., 2017).

1.8.6.3. Pendiente del terreno

La pendiente tiene una relación muy estrecha con la retención y captación de agua, además de la profundidad del suelo y acceso de maquinaria. Para una buena productividad del cultivo se recomienda una pendiente de 0.0 a 4.0 %, pendientes mayores a 4.1 % ocasionan que disminuya la producción del tubérculo. Una manera de manejar las fuertes pendientes es mediante el surcado en curvas a nivel o mediante terrazas (INTAGRI S.C., 2017).

1.8.6.4. Riego

La papa es relativamente sensible al déficit de agua, no debe agotarse más de 30 a 35% del total de agua disponible, especialmente durante la formación y crecimiento de tubérculos. El cultivo de 120 a 150 días consume entre 500 a 700 mm de agua y la producción se reduce si se agota más del 50% del total de agua disponible en el suelo durante la estolonización, inicio de la formación de tubérculos y su crecimiento (Fernandez, 2018).

1.8.6.4.1. Riego por superficie

El riego por superficie es el método de riego más antiguo, conocido y aplicado durante miles de años en todo el mundo con técnicas muy diversas y diferentes niveles de perfeccionamiento. Reúne un gran número y variedad de sistemas en los que el agua

se aplica directamente sobre la superficie del suelo simplemente por gravedad o escurrimiento.

Una de las principales características de estos riegos es que el propio suelo es el que actúa como sistema de distribución dentro de la parcela de riego, guiando el agua desde la zona próxima al lugar de suministro, denominada cabecera de parcela, hasta llegar a todos los puntos de ella. A medida que el agua avanza a lo largo y ancho de la parcela, se va infiltrando en el suelo y pasando a la zona de raíces donde será almacenada y puesta a disposición de las plantas. Finalmente, el agua alcanza la cola de parcela, que es el lugar más lejano a la cabecera y donde normalmente llega más tarde.

1.8.6.5. Aforo de agua

El aforo es la medida del caudal de agua que pasa por un determinado punto de la red de riego. Su conocimiento es muy importante para poder realizar el riego de forma uniforme y eficiente. La medida del caudal puede hacerse tanto en la acequia o canal de distribución en la entrada de la finca, como en los puntos de suministro de agua a las parcelas (IlyFAyP, S/f).

1.8.6.6. Aforadores

Los aforadores y vertederos son estructuras o dispositivos para medir el caudal, que se instalan de forma permanente o provisional en un canal, acequia o surco. Son bastante precisos y permiten determinar el caudal de forma indirecta, a partir de la medida de la altura del nivel del agua en un punto del dispositivo. Cada aforador o vertedero tiene una curva de descarga (relación entre altura de agua y caudal), que determina el caudal que circula en función de la altura medida (IlyFAyP, S/f).

1.8.6.6.1. Aforador RBC o de cesta ancha

Diseñados fundamentalmente para medir caudal en surcos de riego o en medianas y pequeñas acequias de riego, pueden ser portátiles y fabricarse de metal, plástico o fibra de vidrio. Se instalan fácilmente interponiéndolos a la corriente de agua. También pueden construirse en obra de fábrica en las acequias, incluso más fácilmente que los Parshall. Constan de una zona central dotada de un resalte o elevación precedida de

una rampa. El nivel del agua medido aguas arriba de este resalte permite determinar el caudal según una relación de descarga, que en los portátiles será proporcionada por el fabricante (IlyFAyP, S/f).

1.8.7. Punto de marchitez permanente

El punto de marchitez permanente del suelo se alcanza cuando la cantidad de humedad disponible en el suelo es inferior a la requerida durante un periodo prolongado de tiempo. Cuando llega al punto de marchitez permanente en campo es imposible que las plantas se recuperen, incluso si se pone la humedad del suelo. Las características del punto de marchitez permanente se expresan como una disminución del transporte de agua a las raíces, las plantas limitan la fotosíntesis y la transpiración decrece debido a una menor turgencia de las estomas (pequeños agujeros en la superficie de la hoja). Cuando el nivel de humedad es tan bajo, la pérdida de rendimiento es notoria (Cherlinka, 2022).

1.8.7.1. Síntomas de marchitez permanente

Los cultivos marchitos muestran hojas caídas que se desvanecen y se secan. Eso sí, la marchitez no afecta a todo el follaje al mismo tiempo. Primero comienza en las hojas basales y continúa en las apicales. Estas dos etapas se conocen como el primer y el último punto de marchitez permanente, respectivamente (Cherlinka, 2022).

1.8.7.2. Cálculo del punto de marchitez permanente

El punto de marchitez permanente se determina mediante la siguiente ecuación.

$$PMP = \frac{CC}{2,25}$$

Donde:

PMP Punto de marchitez permanente

CC Capacidad de campo

2,25 Factor para determinar el PMP

1.8.7.3. La capacidad de campo y el punto de marchitez permanente

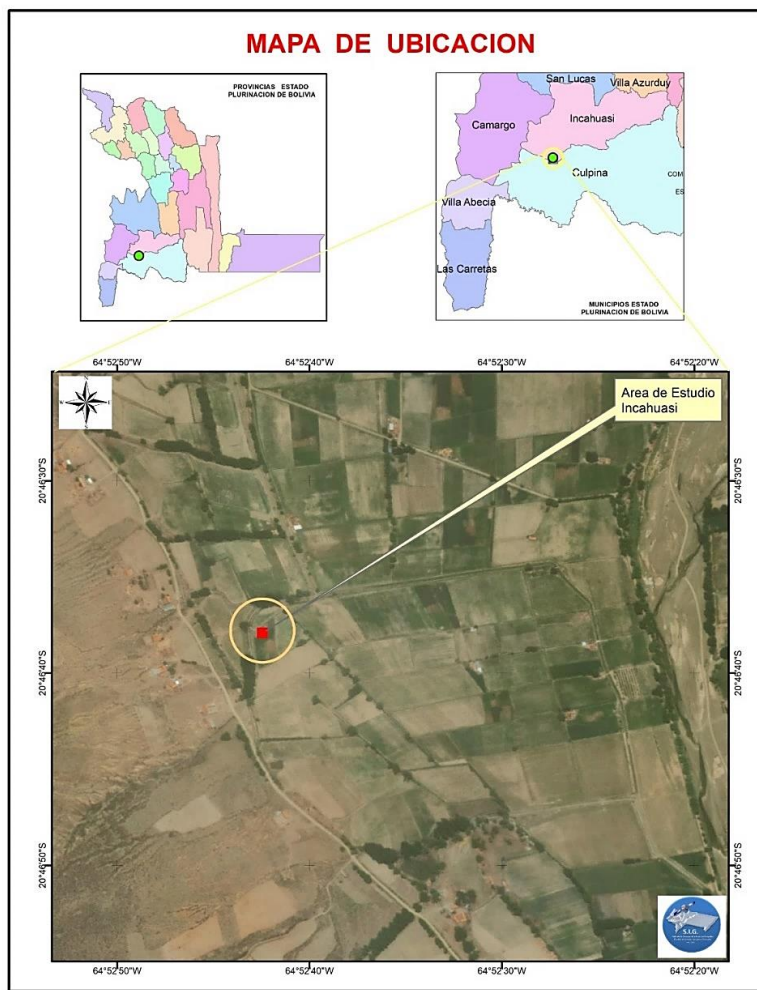
La capacidad del campo y el punto de marchitez están conectados entre sí, tal y como se aprecia en la fórmula de la sección anterior. Para calcular la capacidad del campo, se calcula la diferencia entre el peso fresco (con humedad) de la muestra y el peso del suelo seco, para posteriormente dividir el resultado entre el peso del suelo seco multiplicado por 100 (Cherlinka, 2022).

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

Figura N°2. Mapa de ubicación de la parcela experimental



Fuente: Laboratorio de SIG.

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad La Banda, municipio de Incahuasi, provincia Nor Cinti del departamento de Chuquisaca, la cual se encuentra ubicada al suroeste del departamento de Chuquisaca, la localidad se encuentra a 426 km de la ciudad capital (Sucre) a una latitud de $20^{\circ}46'37''$ S, longitud de $64^{\circ}52'43''$ O y a una altitud de 2965 m.s.n.m.

2.2. Ubicación geográfica

2.2.1. Características del área

El principal contexto que rodea al municipio de Incahuasi son los cerros Cinti, y río Incahuasi.

La zona se encuentra en un valle alto (Altiplano) rodeado por cerros y con un río que recorre por siete comunidades y cuenta con una vegetación arbustiva en los cerros, con árboles forestales alrededor de las parcelas como ser sauce (*Salix babilónica* L.), álamo (*Populus* sp.), eucalipto (*Eucalyptus* sp.) y pino (*Pinus* sp.).

2.2.2. Clima

El municipio de Incahuasi, en función de las alturas se puede distinguir los siguientes climas:

- Clima frío templado en alturas a partir de 2980 m.s.n.m.
- Frío semi húmedo a una elevación de 2560 m.s.n.m.
- Cálido húmedo en alturas menores de 1520 m.s.n.m.

La temperatura media anual oscila entre los 11°C y 13°C, registrándose variaciones entre los máximos 21, 97° y mínimos -0, 12° C, la temperatura más fría es entre los meses de junio y agosto donde un 95% de los días registran temperaturas de 19° C como máxima y -0,12°C como mínima.

La comunidad La Banda se encuentra a una altura de 2965 m.s.n.m. contando con un clima frío semi húmedo a frío templado.

Tabla N°1.Parámetros meteorológicos de Incahuasi-Chuquisaca.**RESUMEN CLIMÁTICO**

Localidad:	Incahuasi	Altitud:	2965 msnm
Provincia:	Nor Cinti	Latitud sur:	20° 46' 37''
Departamento:	Chuquisaca	Longitud oeste:	64° 52' 43''

PARÁMETROS METEOROLÓGICOS	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	ANUAL
Temperatura máxima media (°C)	19,7	20,9	21,3	22,0	21,7	21,4	20,6	20,3	20,5	20,9	20,6	20,0	20,8
Temperatura mínima media (°C)	-0,1	1,7	4,1	7,2	8,6	9,7	9,8	9,4	8,9	6,6	2,5	0,2	5,7
Temperatura media (°C)	9,8	11,3	12,7	14,6	15,1	15,5	15,2	14,8	14,7	13,7	11,5	10,1	13,3
Precipitación Total (mm)	0,3	2,8	5,8	18,4	35,2	77,4	108,0	81,4	65,0	15,7	2,4	0,7	34,4
Humedad Relativa Media (%)	45,9	47,1	50,7	57,8	61,1	68,5	76,8	77,1	75,5	65,5	60,0	45,7	61,0
Nubosidad Media	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,5
Velocidad Viento (km/h)	2,1	2,2	2,5	2,4	2,3	2,2	2,0	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,1

Fuente: (ABRO-MMAyA-SIARH, 2023).

2.2.3. Suelos

La clasificación de suelos según los estudios realizados por la ex-corporación de desarrollo de Chuquisaca tiene sus características de ser suelos moderadamente profundos con fertilidad baja a moderada, mientras que la textura de los suelos va desde franco arenosos a franco arcillosos con buena profundidad.

2.2.4. Uso de la tierra

Actualmente los suelos son trabajados con fines de producción agrícola, también se cuenta con suelos destinados al pastoreo de ganado ovino y otros destinados a la cría de ganado bobino en menor escala.

2.2.5. Cultivos principales de la zona

Agrícolas

El municipio de Incahuasi tiene diversidad de pisos agro productivos que permiten una amplia variedad de cultivos agrícolas, entre los productos tradicionales son la papa (*Solanum tuberosum* L.), maíz (*Zea mays* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum* sp.), en tanto que los no tradicionales es el ají (*Capsicum* sp.) que se cultiva en la zona de los valles del municipio.

Frutales

Producción de cítricos como la naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osb.) y mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) en los valles; el durazno (*Prunus persica* L.) se encuentra distribuido en las Liquinas y el Valle Alto; la manzana (*Malus domestica* Borkh), se localiza principalmente en el Valle Alto del distrito de Incahuasi.

Los principales cultivos de la comunidad son el maíz (*Zea mays* L.) y la papa (*Solanum tuberosum* L.), así mismo, hay cultivos a menor escala tales como la arveja (*Pisum sativum* L.), haba (*Vicia faba* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada forrajera (*Hordeum* sp.), avena forrajera (*Avena* sp.) y alfa alfa (*Medicago sativa* L.). También la zona cuenta con cultivos frutales como manzano (*Malus domestica* Borkh) y durazneros (*Prunus persica* L.).

2.2.6. Accesibilidad

La comunidad cuenta con un buen acceso, el camino es de tierra, pero se encuentra en buenas condiciones. De igual manera la carretera principal del municipio está en buenas condiciones siendo esta una carretera empedrada.

2.2.7. Características sociales y económicas

Incahuasi es un municipio predominantemente, agrícola; la producción está altamente mecanizada, principalmente en lo referente a cultivos de papa, el cual se destaca por sus altos rendimientos, leguminosas, trigo y maíz.

El sector pecuario se halla también muy desarrollado, particularmente en la cría del ganado ovino, caprino y bovino criollo, con ejemplares que se adaptan a las condiciones ecológicas. Su producción está destinada casi en su totalidad a la comercialización. Otra actividad que reporta ingresos económicos es la artesanía, principalmente la de elaboración de diversos tejidos (SA, 2023).

2.3. Materiales

2.3.1. Material principal

Hidrogel.

2.3.2. Material vegetal

Semilla de papa variedad cardenal.

2.3.3. Material de campo

Arado

Balanza

Bolsas con cierre hermético

Conservadora

Flexómetro

GPS

Saca bocados (barreno)

Pala

Pico

2.3.4. Material de laboratorio

Agitador eléctrico

Balanza analítica

Cajas Petri

Hidrómetro de Bouyoucos

Desecador

Estufa

Extractor de presión

Placas Richards

Probetas

Termómetro

2.3.5. Material de gabinete

Calculadora

Computadora

Impresora

Lapicero

Libreta

Papel bond

2.3.6. Insumos

Abono orgánico

Fertilizante foliar (Full Fertil 5-50-40) y (Carbotecnia)

Fosfato diamonico (18-46-00)

Insecticida Bulldock

Urea

2.3.7. Reactivos

Hexametafosfato de sodio

2.4. Metodología

2.4.1. Tratamientos evaluados

Tabla N°2. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Descripción
T1	Variedad cardenal/con hidrogel con dosis 1 (40kg/ha)
T2	Variedad cardenal/con hidrogel con dosis 2 (50kg/ha)
T3	Variedad cardenal/con hidrogel con dosis 3 (60kg/ha)
T4	Variedad cardenal/sin hidrogel

Fuente: Elaboración propia.

2.4.2. Variables a estudiar

Rendimiento en kg/ha.

Tamaño de tubérculos por categoría (grande, mediana y pequeña)

Porcentaje de retención humedad en el suelo con las dosis aplicadas al cultivo.

Capacidad de campo del suelo.

Punto de marchitez permanente del suelo.

2.4.3. Dosis

Tabla N°3. Dosis de hidrogel de los tratamientos.

Tratamientos	Dosis de aplicación (por hectárea)	Dosis de aplicación (por unidad experimental)	Descripción
T1	40,00 kg	60 g	Dosis baja de hidrogel
T2	50,00 kg	75 g	Dosis media de hidrogel
T3	60,00 kg	90 g	Dosis alta de hidrogel
T4	0,00 kg	0 g	Dosis cero de hidrogel (testigo)

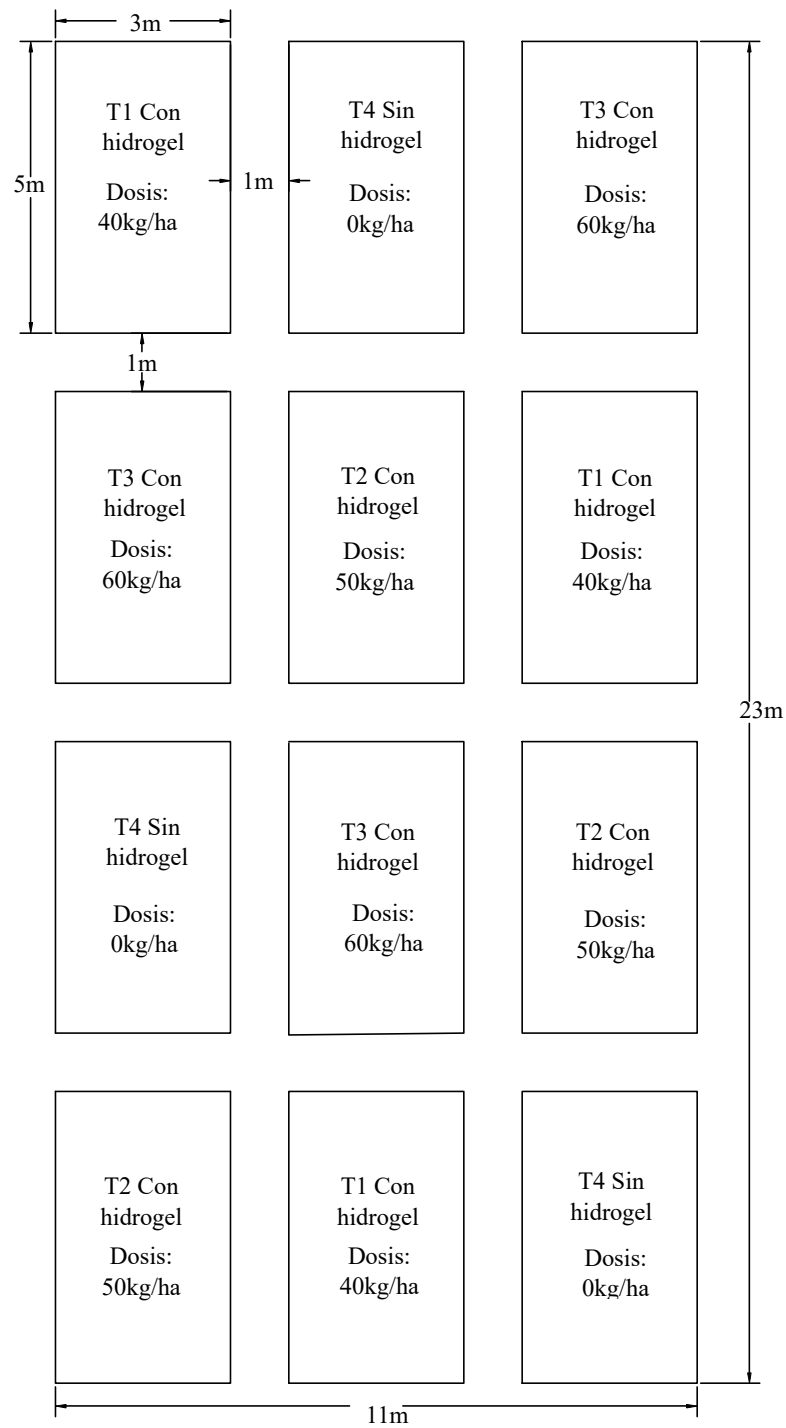
Fuente: Elaboración propia.

2.4.4. Diseño experimental

El diseño que se empleó en la investigación, es de un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

2.4.5. Distribución de las parcelas en campo

Figura N°3. Distribución de las parcelas en campo.



2.4.6. Características del campo experimental

Tabla N°4. Características del campo experimental

Descripción	Unidad de medida
Forma del campo experimental	Rectangular
Área total del campo experimental	253m ²
Área total neta del campo experimental	180m ²
Área de la unidad experimental	15m ²
Largo de la unidad experimental	5m
Ancho de la unidad experimental	3m
Ancho de los caminos	1m
Distancia entre surcos	0,60m
Distancia entre plantas	0,40m
Número de bloques en el campo experimental	3
Número de unidades experimentales por bloque	4
Número total de unidades experimentales	12
Número total de surcos por unidad experimental	5
Número de plantas por surco	12
Número de plantas por unidad experimental	60

Fuente: Elaboración propia.

2.4.7. Desarrollo del ensayo

El ensayo realizado tuvo una duración de 5 meses, iniciándose en el mes de agosto del 2023 y se finalizándose en el mes de diciembre del año 2023. Para llevar a cabo el trabajo se realizó por medio de dos fases: pre experimental y experimental.

2.4.7.1. Fase pre experimental

Esta fase fue desarrollada en el periodo de agosto a septiembre del año 2023 donde se realizó la adquisición de semillas, adquisición de hidrogel, análisis químico y físico del suelo, preparación del mismo y establecimiento de las unidades experimentales, distribución de los tratamientos con base al diseño experimental propuesto y preparación de las dosis experimentales.

2.4.7.2. Fase experimental

En esta fase es donde se realizó la siembra más la aplicación de las dosis de hidrogel indicadas en el diseño experimental, esta acción se realizó en el mes de septiembre del 2023. Posterior a la siembra se fue realizando diversos estudios en laboratorio que nos permitieron evaluar la influencia del hidrogel en el cultivo y en el suelo.

2.5. Metodología para la evaluación

2.5.1. Variables a estudiar

Es la característica en el cual se evaluó los efectos de los tratamientos. Las variables respuestas que proporcionan las mediciones del experimento se detallan a continuación:

2.5.1.1. Tamaño de tubérculos

El tamaño de tubérculos por categoría se tomó al momento de la post cosecha donde se realizó la selección de los tubérculos de acuerdo a su tamaño como el mercado lo exige.

2.5.1.2. Rendimiento

Una vez terminada la cosecha se realizó la clasificación de los tubérculos de papa por categorías de acuerdo a lo que el mercado local y nacional exige (categoría primera, segunda y tercera). Para la obtención del rendimiento en kg se procedió a pesar los tubérculos de acuerdo a las categorías mencionadas anteriormente.

2.5.1.3. Porcentaje de retención humedad en el suelo con las dosis aplicadas al cultivo

La forma de medir este porcentaje de humedad fue mediante análisis físico en el laboratorio de suelos de la facultad de ciencias agrícolas y forestales de la UAJMS. Para ello se tomó como punto de partida el porcentaje de humedad al momento de la siembra extrayendo la muestra el mismo día y realizando su respectivo análisis, desde ese momento se esperó 30 días para realizar la toma del segundo muestreo donde a su vez se efectuó el primer riego en el cultivo, en este sentido de manera sistemática se fue tomando las muestras de suelo antes de efectuar el riego correspondiente de la parcela experimental.

Para medir el porcentaje de humedad de la muestra de suelo extraída de cada unidad experimental se realizó el pesaje respectivo de suelo con una balanza analítica para la obtención del peso del suelo húmedo, una vez adquirido dicho dato se procedió a introducir las respectivas muestras a la estufa donde se dejó por 24 horas a una temperatura de 105°C, concluido el tiempo de secado se retira las muestras y se coloca las mismas en un desecador para que enfríen y de esta forma realizar el pesaje correspondiente para obtener el peso de la muestra seca.

Con todos los datos obtenidos se procedió a calcular el porcentaje de humedad mediante la siguiente ecuación.

$$\%H = \frac{mshum - mssec}{mssec} * 100$$

Donde:

%H Porcentaje de humedad

mshum Masa del suelo húmedo

mssec Masa del suelo seco

2.5.1.4. Capacidad de campo

La medición de la capacidad de campo del suelo se realizó en laboratorio, donde se enraza los cilindros con la muestra de suelo, posteriormente se saturo a la muestra del suelo por 24 horas en las placas Richard previamente saturadas durante 24 horas, una vez saturada la muestra de suelo se procedió a colocar las mismas en el extractor de presión a 0,33 bares por un lapso de 48 horas. Pasado el tiempo requerido, se pesa las muestras y se seca a una temperatura de 105°C hasta alcanzar un peso constante del suelo.

Para poder determinar la capacidad de campo del suelo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%Humedad\ CC = \frac{(Peso\ humedo - Tara) - Peso\ seco}{Peso\ seco}$$

2.5.1.5. Punto de marchitez permanente del cultivo

El punto de marchitez permanente se determinó mediante calculo con la siguiente ecuación:

$$PMP = \frac{CC}{2,25}$$

Donde:

PMP Punto de marchitez permanente

CC Capacidad de campo

2,25 Factor para determinar el PMP

2.5.1.6. Textura del suelo

Se realizó el análisis de la textura del suelo mediante el método de Bouyoucos, para lo cual se pesó 50g de muestra de suelo en un vaso de dispersión, luego se agregó agua hasta los 2/3 del volumen del vaso de dispersión, posteriormente se adicionó 10ml de hexametafosfato de sodio y se agitó la muestra en un agitador eléctrico por un tiempo de 10 minutos. Una vez concluido el tiempo de agitación se procedió a trasvasar la suspensión de suelo a la probeta de sedimentación donde se enrasó con agua hasta los 1000ml para posteriormente agitar durante 10 segundos y de ese modo homogenizar la muestra; pasado los 10 segundos de agitación, en los siguientes 40 segundos posterior a la misma, se introdujo el decímetro y se realizó la lectura de la densidad y una vez obtenida la lectura de la densidad se procedió a medir la temperatura con la que se encontraba la muestra para después dejar reposando la misma por un tiempo de 2 horas. Transcurrida las 2 horas correspondientes, se realizó la segunda lectura tanto de la densidad como de la temperatura sin agitar la muestra.

2.5.2. Manejo de la parcela experimental

2.5.2.1. Muestreo del suelo

Esta actividad se efectuó el mes de agosto del 2023 donde se tomó la muestra y se llevó al laboratorio de suelos de la facultad de ciencias agrícolas y forestales de la UAJMS para realizar el análisis físico y análisis químico de las mismas con la finalidad de cuantificar cuanto de fertilizante se aplicará al cultivo.

2.5.2.2. Preparación del terreno

La preparación del suelo para la investigación se realizó en la comunidad La Banda que consistió en realizar un riego previo a la labor de arado, esto con la finalidad de tener el suelo completamente húmedo para la siembra correspondiente. Esta labor se llevó a cabo con un proceso de arado y un proceso de rastrado realizado con tractor.

2.5.2.3. Siembra

La siembra se realizó de forma manual o tradicional con yunta de bueyes, la distancia que se tomó es de 40 cm entre planta y planta, y 60 cm entre surcos, para lo cual se utilizó la semilla común o semilla local (variedad Cardenal).

2.5.2.4. Fertilización

Para realizar la práctica de fertilización se utilizaron dos fertilizantes de mayor importancia en la zona que son: fosfato di amónico y urea. Donde en la siembra se realizó la aplicación de fosfato di amónico (18-46-0), en el segundo aporque se realizó la aplicación de urea y para complementar se aplicó fertilizante foliar antes del primer riego y al inicio de la floración.

2.5.2.5. Aplicación de hidrogel

La aplicación de hidrogel se realizó al momento de la siembra, el cual se esparció alrededor del tubérculo semilla a fin de que el hidrogel quede completamente cubierto por el suelo. La forma de aplicación que se tomó para la investigación es introducir el hidrogel seco, es decir sin realizar la previa hidratación del mismo.

2.5.2.6. Primer aporque

Se realizó a los 30 días después de la siembra cuando el 90% de las plantas ya habían germinado, esto fue el 13 de octubre del 2023, esta actividad se realizó a fin de aplicar el primer riego a la parcela experimental.

2.5.2.7. Riego


El riego fue aplicado una vez se realizó el respectivo aporque a los 30 días posterior a la siembra, de esta manera los riegos tuvieron un intervalo de 14 a 18 días entre riego y riego esto debido a la distribución de los turnos de riego de la comunidad.

2.5.2.7.1. Requerimiento hídrico del cultivo


Cuando se habla de requerimiento hídrico de un cultivo, se hace referencia a la cantidad de agua que el cultivo debe tener disponible para la producción de biomasa, esta se estima mediante el análisis de sus necesidades de evapotranspiración, según sus características fenológicas propias, las condiciones climáticas y el tipo de suelos donde se desarrolla. El requerimiento hídrico del cultivo representa el volumen de agua que el cultivo necesita para evitar estrés hídrico (Rodríguez, Parada, & Arévalo, 2017).

En ese sentido se elaboró el requerimiento hídrico del cultivo de papa como se muestra en la figura N°4.

Figura N°4. Evapotranspiración, kc y requerimiento de riego del cultivo de papa



Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios
Viceministerio de Asuntos Agropecuarios y Riego
Dirección General de Servicios Agropecuarios y Riego
Unidad de Agua y Suelos



M
A
C
A
Ministerio de Asuntos
Campesinos y Agropecuarios

CALCULO DE AREA BAJO RIEGO OPTIMO
AREA BAJO RIEGO OPTIMO SITUACION SIN PROYECTO (PARTE 1)

PROYECTO: BALANCE HIDRICO PARA PAPA		AREA BAJO RIEGO OPTIMO: 1.64 (ha)											
CULTIVO	Papa (precoz)	Maíz (grano)	Alfalfa	TOTAL									
AREA REAL (ha)	0.55	0.67	0.42	1.64									
AREA BAJO RIEGO OPTIMO	0.55	0.67	0.42	1.64									
AREA NETA (ha)		1.64											
FACTOR DE AREA		1.0000											
CAPACIDAD MAXIMA (l/s)		21.00											
	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
ET (mm/día)	3.08	3.12	3.00	4.11	4.46	4.53	4.41	4.19	3.98	3.79	3.59	3.34	
ET (mm/mes)	92.26	96.63	111.59	123.21	138.23	135.93	136.62	130.04	111.37	117.47	107.84	103.66	1,404.85
Prec. (mm)	0.74	0.34	2.83	5.81	18.39	35.24	77.44	107.95	81.35	64.97	15.70	2.44	413.20
Prec. Efec. (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	4.47	16.27	45.81	67.17	48.55	37.08	2.59	0.00	221.83
Kc (Papa (precoz))	0.00	0.00	0.00	0.20	0.50	1.02	1.30	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	
ETR (mm)	0.00	0.00	0.00	24.64	69.11	138.65	177.61	78.02	0.00	0.00	0.00	0.00	488.04
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	0.00	24.64	64.64	122.39	131.80	10.86	0.00	0.00	0.00	0.00	354.32
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	0.00	135.53	355.53	673.12	724.89	59.72	0.00	0.00	0.00	0.00	1,948.78

Fuente: Elaboración propia en ABRO.

Figura N°5. Demanda, oferta y balance de riego para 1.64ha

	Junio 30	Julio 31	Agosto 31	Septiembre 30	Octubre 31	Noviembre 30	Diciembre 31	Enero 31	Febrero 28	Marzo 31	Abril 30	Mayo 31	ANUAL 365
ETR total (mm)	0.00	0.00	44.64	151.55	330.37	320.81	430.35	340.70	125.85	160.93	0.00	0.00	
Area Total (ha)	0.00	0.00	0.42	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.09	1.09	0.00	0.00	
Req. Neto (m3)	0.00	0.00	187.47	770.17	1,859.75	1,580.29	1,679.89	713.09	219.48	447.97	0.00	0.00	7,258.70
Req. Riego (mm)	0.00	0.00	44.64	46.96	101.20	96.36	102.43	43.52	20.14	41.10	0.00	0.00	496.34
Caudal Neto (l/s)	0.00	0.00	0.07	0.30	0.82	0.61	0.63	0.27	0.09	0.17	0.00	0.00	
Caudal (l/s/ha)	0.00	0.00	0.17	0.18	0.38	0.37	0.38	0.16	0.08	0.15	0.00	0.00	1.88
DEMANDA													
EFICIENCIA TOTAL = 0.077456	Eficiencia de Captación = 0.85			Eficiencia de Conducción = 0.45			Eficiencia de Distribución = 0.45			Eficiencia de Aplicación = 0.45			
Req. Bruto Total (mm)	0.00	0.00	576.27	606.30	1,306.80	1,244.04	1,322.46	561.83	259.96	530.60	0.00	0.00	6,408.05
DEMANDA TOTAL (l/s)	0.00	0.00	0.90	3.84	8.00	7.87	8.10	3.44	1.17	2.16	0.00	0.00	35.48
DEMANDA TOTAL (m3)	0.00	0.00	2,420.33	9,943.33	21,428.18	20,402.30	21,688.27	9,214.09	2,833.54	5,783.51	0.00	0.00	93,713.56
Caudal Unitario Bruto (l/s/ha)	0.00	0.00	2.15	2.34	4.88	4.80	4.84	2.10	1.07	1.98	0.00	0.00	24.26
OFERTA													
TI 2 (m3)	38,880.00	40,176.00	40,176.00	38,880.00	40,176.00	38,880.00	45,532.80	56,246.40	50,803.20	56,246.40	44,064.00	40,176.00	530,236.80
Fuente 2 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 3 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fuente 4 (m3)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OFERTA TOTAL (m3)	38,880.00	40,176.00	40,176.00	38,880.00	40,176.00	38,880.00	45,532.80	56,246.40	50,803.20	56,246.40	44,064.00	40,176.00	530,236.80
OFERTA REAL (l/s)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	17.00	21.00	21.00	21.00	17.00	15.00	202.00
BALANCE													
BALANCE (l/s)	15.00	15.00	14.10	11.16	7.00	7.13	8.90	17.56	19.83	18.84	17.00	15.00	
Superficie de Riego Máx. (ha)	0.00	0.00	6.97	6.41	3.07	3.13	3.44	10.01	19.54	10.60	0.00	0.00	
Superficie Adicional (ha)	0.00	0.00	6.55	4.77	1.43	1.49	1.80	8.37	18.45	9.51	0.00	0.00	
AREA DEFICITARIA (ha)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia en ABRO.

2.5.2.7.2. Cédula de cultivo

Se realiza un análisis de disponibilidad de agua para las 1,64 hectáreas tomando en cuenta la cedula de cultivo y los meses de disponibilidad de agua del canal de riego siendo este durante todo el año, pero en los meses de agosto a diciembre (5 meses) es donde existe mayor demanda de agua.

Tabla N°5. Cédula de cultivo

Cultivos	Superficie Has	Meses											
		En	Fe	Ma	Ab	Ma	Ju	Ju	Ag	Se	Oc	No	Di
Papa	0,547	C								S			
Maíz grano	0,674				C					S			
Alfa alfa	0,421		C			C			S				C
TOTAL	1,642												

Fuente: Elaboración propia

2.5.2.8. Manejo de malezas

En la parcela experimental hubo presencia de algunas malezas las cuales se controlaron de manera manual tanto en el primer como en el segundo aporque.

2.5.2.9. Segundo aporque

El segundo aporque se realizó con la finalidad de proporcionar oxígeno a las plantas, hacer el control de malezas y efectuar la aplicación de urea, esto se realizó en fecha 13 de noviembre del 2023.

2.5.2.10. Cosecha

La cosecha se realizó de manera manual una vez el cultivo alcanzó la madurez comercial, es decir, cuando los tubérculos presentaron características de madurez (piel firmemente adherida a la pulpa). El cultivo obtuvo estas características a los 106 días después de la siembra.

2.5.2.11. Post cosecha

Esta actividad se realizó una vez concluida la cosecha, donde se realizó la labor de selección de los tubérculos por categorías como se exige en el mercado (primera, segunda y tercera), así mismo, se efectuó el pesado correspondiente de los tubérculos seleccionados.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Porcentaje de retención de humedad en el suelo

3.1.1. Humedad antes del primer riego a los 30 días después de la siembra en fecha 13/10/2023

El presente trabajo considero la evaluación del porcentaje de humedad del suelo a fin de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel, en ese sentido se presentan los resultados obtenidos y análisis estadísticos del porcentaje de humedad antes del primer riego.

Tabla N°6. Resultados del % de humedad del suelo a los 30 días después de la siembra en fecha 13/10/2023

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	Media
	I	II	III		
T1	5,00	7,89	8,71	21,6	7,20
T2	7,35	10,62	12,22	30,19	10,06
T3	8,55	7,45	8,99	24,99	8,33
T4	5,91	8,42	9,32	23,65	7,88
Σ	26,81	34,38	39,24	100,43	
Media	6,70	8,60	9,81		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°6 se muestra los resultados obtenidos del porcentaje de humedad del suelo antes del primer riego los cuales se tomaron con la finalidad de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel. En la misma se puede observar que existe diferencias en las medias de los tratamientos siendo la más sobresaliente la diferencia que hay entre el tratamiento 2 (50kg de hidrogel/ha) y el tratamiento 1 (40kg de hidrogel/ha), la cual es de 2,86%. Así mismo, se puede evidenciar que existe diferencias entre los bloques teniendo una variación de 3,11% la cual se presenta entre el bloque 1 y bloque 3.

En este sentido se presenta el cuadro de análisis de varianza del porcentaje de humedad antes del primer riego (en fecha 13/10/2023) con la finalidad de verificar si las diferencias mostradas son significativas.

Tabla N°7. ANOVA del % de humedad del suelo a los 30 días después de la siembra en fecha 13/10/2023.

Fuentes de variación	GL	S.C	C.M	F.C	Ft	
					0,05	0,01
Total	11	40,848				
Tratamiento	3	13,424	4,475	3,440ns	4,757	9,780
Bloques	2	19,619	9,810	7,541*	5,143	10,925
Error	6	7,805	1,301			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo de análisis de varianza del porcentaje de humedad del suelo después de los 30 días de la siembra como se muestra en la tabla N°7, la F calculada de los tratamientos es menor que la F tabulada al 5% y al 1%, lo que nos indica que no existe diferencias significativas en los tratamientos. Por otra parte, se puede evidenciar que existe diferencias significativas a nivel de los bloques puesto que la F calculada es mayor que la F tabulada al 5%, la presencia de diferencias en los bloques se debe a la variación en el contenido de arena, arcilla y limo en el suelo como se muestra en el anexo N°1.

3.1.2. Humedad a los 14 días después del primer riego en fecha 27/10/2023

El presente trabajo considero la evaluación del porcentaje de humedad del suelo a fin de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel, en ese sentido se presentan los resultados obtenidos y análisis estadísticos del porcentaje de humedad antes del segundo riego.

Tabla N°8. Resultados del % de humedad del suelo a los 14 días después del primer riego en fecha 27/10/2023

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	Media
	I	II	III		
T1	8,25	9,52	11,04	28,81	9,60
T2	8,24	9,99	13,59	31,82	10,61
T3	9,76	11,49	10,47	31,72	10,57
T4	9,98	9,77	10,35	30,10	10,03
Σ	36,23	40,77	45,45	122,45	
Media	9,06	10,19	11,36		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°8 se muestra los resultados obtenidos del porcentaje de humedad del suelo antes del segundo riego los cuales se tomaron con la finalidad de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel. En la misma se puede observar que existe diferencias en las medias de los tratamientos siendo la más sobresaliente la diferencia que hay entre el tratamiento 2 (50kg de hidrogel/ha) y el tratamiento 1 (40kg de hidrogel/ha), la cual es de 1,01%. Así mismo, se puede evidenciar que existe diferencias entre los bloques teniendo una variación de 2,30% la cual se presenta entre el bloque 1 y bloque 3.

En este sentido se presenta el cuadro de análisis de varianza del porcentaje de humedad antes del segundo riego (en fecha 27/10/2023) con la finalidad de verificar si las diferencias mostradas son significativas.

Tabla N°9. ANOVA del % de humedad del suelo a los 14 días después del primer riego en fecha 27/10/2023

Fuentes de variación	GL	S.C	C.M	F.C	Ft	
					0,05	0,01
Total	11	22,534				
Tratamiento	3	2,065	0,688	0,420ns	4,757	9,780
Bloques	2	10,627	5,313	3,239ns	5,143	10,925
Error	6	9,842	1,640			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo de análisis de varianza del porcentaje de humedad del suelo antes del segundo riego como se muestra en la tabla N°9, la F calculada de los tratamientos es menor que la F tabulada al 5% y al 1%, lo que nos indica que no existe diferencias significativas en los tratamientos. Así mismo, se puede evidenciar que no existe diferencias significativas a nivel de los bloques puesto que la F calculada es menor que la F tabulada al 5% y al 1%.

3.1.3. Humedad a los 18 días después del segundo riego en fecha 14/11/2023

El presente trabajo considero la evaluación del porcentaje de humedad del suelo a fin de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel, en ese sentido se presentan los resultados obtenidos y análisis estadísticos del porcentaje de humedad antes del tercer riego.

Tabla N°10. Resultados del % de humedad del suelo a los 18 días después del segundo riego en fecha 14/11/2023

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	Media
	I	II	III		
T1	9,07	8,77	8,80	26,63	8,88
T2	8,85	9,49	9,60	27,94	9,31
T3	8,43	8,31	11,14	27,87	9,29
T4	9,44	9,54	11,40	30,38	10,13
Σ	35,79	36,11	40,93	112,83	
Media	8,95	9,03	10,23		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°10 se muestra los resultados obtenidos del porcentaje de humedad del suelo antes del tercer riego los cuales se tomaron con la finalidad de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel. En la misma se puede observar que existe diferencias en las medias de los tratamientos siendo la más sobresaliente la diferencia que hay entre el tratamiento 4 (0kg de hidrogel/ha) y el tratamiento 1 (40kg de hidrogel/ha), la cual es de 1,25%. Así mismo, se puede evidenciar que existe diferencias entre los bloques teniendo una variación de 1,28% la cual se presenta entre el bloque 1 y bloque 3.

En este sentido se presenta el cuadro de análisis de varianza del porcentaje de humedad antes del segundo riego (en fecha 14/11/2023) con la finalidad de verificar si las diferencias mostradas son significativas.

Tabla N°11. ANOVA del % de humedad del suelo a los 18 días después del segundo riego en fecha 14/11/2023

Fuentes de variación	GL	S.C	C.M	F.C	Ft	
					0,05	0,01
Total	11	10,390				
Tratamiento	3	2,465	0,822	1,305ns	4,757	9,780
Bloques	2	4,148	2,074	3,295ns	5,143	10,925
Error	6	3,777	0,629			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo de análisis de varianza del porcentaje de humedad del suelo antes del tercer riego como se muestra en la tabla N°11, la F calculada de los tratamientos es menor que la F tabulada al 5% y al 1%, lo que nos indica que no existe diferencias significativas en los tratamientos. Así mismo, se puede evidenciar que no existe diferencias significativas a nivel de los bloques puesto que la F calculada es menor que la F tabulada al 5% y al 1%.

3.1.4. Humedad a los 18 días después del tercer riego en fecha 02/12/2023

El presente trabajo considero la evaluación del porcentaje de humedad del suelo a fin de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel, en ese sentido se presentan los resultados obtenidos y análisis estadísticos del porcentaje de humedad antes del cuarto riego.

Tabla N°12. Resultados del % de humedad a los 18 días después del tercer riego en fecha 02/12/2023

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	Media
	I	II	III		
T1	8,11	8,11	11,73	27,95	9,32
T2	9,29	10,50	14,29	34,07	11,36
T3	8,70	9,89	10,50	29,08	9,69
T4	8,70	9,29	11,73	29,72	9,91
Σ	34,79	37,79	48,25	120,82	
Media	8,70	9,45	12,06		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°12 se muestra los resultados obtenidos del porcentaje de humedad del suelo antes del cuarto riego los cuales se tomaron con la finalidad de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel. En la misma se puede observar que existe diferencias en las medias de los tratamientos siendo la más sobresaliente la diferencia que hay entre el tratamiento 2 (50kg de hidrogel/ha) y el tratamiento 1 (40kg de hidrogel/ha), la cual es de 2,04%. Así mismo, se puede evidenciar que existe diferencias entre los bloques teniendo una variación de 3,36% la cual se presenta entre el bloque 1 y bloque 3.

En este sentido se presenta el cuadro de análisis de varianza del porcentaje de humedad antes del segundo riego (en fecha 02/12/2023) con la finalidad de verificar si las diferencias mostradas son significativas.

Tabla N°13. ANOVA del % de humedad a los 18 días después del tercer riego en fecha 02/12/2023

Fuentes de variación	GL	S.C	C.M	F.C	Ft	
					0,05	0,01
Total	11	36,387				
Tratamiento	3	7,183	2,394	3,386ns	4,757	9,78
Bloques	2	24,961	12,480	17,648**	5,143	10,925
Error	6	4,243	0,707			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo de análisis de varianza del porcentaje de humedad del suelo antes del cuarto riego como se muestra en la tabla N°13, la F calculada de los tratamientos es menor que la F tabulada al 5% y al 1%, lo que nos indica que no existe diferencias significativas en los tratamientos. Por otra parte, se puede evidenciar que existe diferencias significativas y altamente significativas a nivel de los bloques puesto que la F calculada es mayor que la F tabulada al 5% y al 1%.

Sánchez, P. & Bongiovanni, M., (2023) indican que la aplicación de hidrogel incrementó la capacidad de retención de agua en el suelo siendo los tratamientos con hidrogel los que mayor cantidad de agua retienen en comparación del testigo. Por otra parte, en el presente trabajo no se presenta diferencias significativas entre los tratamientos, esto a causa de la desuniformidad de la parcela experimental ya que se observa la existencia de diferencias significativas y altamente significativas entre los bloques o repeticiones. La razón de la variación o desuniformidad de los bloques se atribuye a factores ajenos a los tratamientos aplicados como ser la textura del suelo, dicho factor se detalla en el anexo N°1.

3.2. Capacidad de campo del suelo

El presente trabajo considero la evaluación de la capacidad de campo del suelo en laboratorio a fin de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel, en ese sentido se presentan los resultados obtenidos y análisis estadísticos de la capacidad de campo del suelo.

Tabla N°14. Resultados del % de capacidad de campo del suelo

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	Media
	I	II	III		
T1	19,36	20,88	26,18	66,42	22,14
T2	18,22	23,49	26,27	67,98	22,66
T3	23,53	22,51	24,27	70,31	23,44
T4	18,21	18,21	18,21	54,63	18,21
Σ	79,32	85,09	94,93	259,34	
Media	19,83	21,27	23,73		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°14 se muestra los resultados obtenidos del porcentaje de capacidad de campo del suelo los cuales se tomaron con la finalidad de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel. En la misma se puede observar que existe diferencias en las medias de los tratamientos siendo la más sobresaliente la diferencia que hay entre el tratamiento 3 (60kg de hidrogel/ha) y el tratamiento 4 (0kg de hidrogel/ha), la cual es de 5,23%. Así mismo, se puede evidenciar que existe diferencias entre los bloques teniendo una variación de 3,90% la cual se presenta entre el bloque 1 y bloque 3.

En este sentido se presenta el cuadro de análisis de varianza del porcentaje de capacidad de campo del suelo con la finalidad de verificar si las diferencias mostradas son significativas.

Tabla N°15. ANOVA del % de capacidad de campo del suelo

Fuentes de variación	GL	S.C	C.M	F.C	Ft	
					0,05	0,01
Total	11	109,474				
Tratamiento	3	48,840	16,280	3,313ns	4,757	9,780
Bloques	2	31,149	15,575	3,169ns	5,143	10,925
Error	6	29,485	4,914			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo de análisis de varianza del porcentaje de capacidad de campo del suelo como se muestra en la tabla N°15, la F calculada de los tratamientos es menor que la F tabulada al 5% y al 1%, lo que nos indica que no existe diferencias significativas en los tratamientos. Así mismo, se puede evidenciar que no existe diferencias significativas a nivel de los bloques puesto que la F calculada es menor que la F tabulada al 5% y al 1%. Si bien estadísticamente no existe diferencias significativas, según los datos obtenidos como se muestra en la tabla N°14 se tiene que el hidrogel incrementa la capacidad de campo entre 3,93% hasta 5,23%. Lo que nos indica que el hidrogel incrementa la capacidad de campo del suelo.

Según Sánchez, P. & Bongiovanni, M., (2023) la capacidad de campo del suelo se incrementa. Por otra parte, en el presente trabajo la capacidad de campo del suelo se incrementa, aunque este incremento no sea estadísticamente significativo, sin embargo, el incremento es de 3,93% a 5,23% lo que significa mayor cantidad de agua útil.

3.3. Punto de marchitez permanente del suelo

El presente trabajo considero la evaluación del punto de marchitez permanente del suelo a fin de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel, en ese sentido se presentan los resultados obtenidos y análisis estadísticos del punto de marchitez permanente del suelo.

Tabla N°16. Resultados del % de punto de marchitez permanente del suelo

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	Media
	I	II	III		
T1	8,60	9,28	11,64	29,520	9,840
T2	8,10	10,44	11,68	30,213	10,071
T3	10,46	10,00	10,79	31,249	10,416
T4	8,09	8,09	8,09	24,280	8,093
Σ	35,253	37,818	42,191	115,26	
Media	8,813	9,454	10,548		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°16 se muestra los resultados obtenidos del porcentaje de punto de marchitez permanente del suelo los cuales se obtuvieron mediante cálculo con la finalidad de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel. En la misma se puede observar que existe diferencias en las medias de los tratamientos siendo la más sobresaliente la diferencia que hay entre el tratamiento 3 (60kg de hidrogel/ha) y el tratamiento 4 (0kg de hidrogel/ha), la cual es de 2,323%. Así mismo, se puede evidenciar que existe diferencias entre los bloques teniendo una variación de 1,735% la cual se presenta entre el bloque 1 y bloque 3.

En este sentido se presenta el cuadro de análisis de varianza del porcentaje de punto de marchitez permanente del suelo con la finalidad de verificar si las diferencias mostradas son significativas.

Tabla N°17. ANOVA del % de punto de marchitez permanente del suelo

Fuentes de variación	GL	S.C	C.M	F.C	Ft	
					0,05	0,01
Total	11	21,625				
Tratamiento	3	9,647	3,216	3,313ns	4,757	9,780
Bloques	2	6,153	3,076	3,169ns	5,143	10,925
Error	6	5,824	0,971			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al cálculo de análisis de varianza del porcentaje de punto de marchitez permanente del suelo como se muestra en la tabla N°17, la F calculada de los tratamientos es menor que la F tabulada al 5% y al 1%, lo que nos indica que no existe diferencias significativas en los tratamientos. Así mismo, se puede evidenciar que no existe diferencias significativas a nivel de los bloques puesto que la F calculada es menor que la F tabulada al 5% y al 1%. Si bien estadísticamente no existe diferencias significativas, según los datos obtenidos como se muestra en la tabla N°29 se tiene que el hidrogel reduce el riesgo de que el suelo llegue a punto de marchitez permanente.

Según Sánchez, P. & Bongiovanni, M., (2023) la capacidad de campo del suelo se incrementa y el riesgo de llegar a punto de marchitez permanente se reduce. Por otra parte, en el presente trabajo se reduce el riesgo de llegar a punto de marchitez permanente en el suelo debido al incremento de humedad en el suelo o incremento de agua útil como se muestra en el anexo 5.

3.4. Rendimiento en Tn/ha

El presente trabajo considero la evaluación del rendimiento en Tn/ha del cultivo de papa variedad Cardenal a fin de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel, en ese sentido se presentan los resultados obtenidos y análisis estadísticos del rendimiento en Tn/ha.

Tabla N°18. Resultados del rendimiento en Tn/ha

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Σ	Media
	I	II	III		
T1	42,046	46,658	54,875	143,579	47,86
T2	32,738	46,567	55,458	134,763	44,921
T3	50,608	44,904	55,881	151,394	50,465
T4	28,546	29,696	42,079	100,321	33,44
Σ	153,938	167,825	208,294	530,056	
Media	38,484	41,956	52,073		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°18 se muestra los resultados obtenidos del rendimiento en Tn/ha los cuales se tomaron con la finalidad de evaluar la influencia de la utilización de tres diferentes dosis de hidrogel. En la misma se puede observar que existe diferencias en las medias de los tratamientos siendo la más sobresaliente la diferencia que hay entre el tratamiento 3 (60kg de hidrogel/ha) y el tratamiento 4 (testigo), la cual es de 17,025Tn/ha. Así mismo, se puede evidenciar que existe diferencias entre los bloques teniendo una variación de 13,589Tn/ha la cual se presenta entre el bloque 1 y bloque 3.

En este sentido se presenta el cuadro de análisis de varianza del rendimiento en Tn/ha con la finalidad de verificar si las diferencias son significativas.

Tabla N°19. Cuadro ANOVA del rendimiento en Tn/ha

Fuentes de variación	GL	S.C	C.M	F.C	Ft	
					0,05	0,01
Total	11	1026,306				
Tratamiento	3	506,780	168,927	8,393*	4,757	9,780
Bloques	2	398,765	199,383	9,906*	5,143	10,925
Error	6	120,761	20,127			

Fuente: Elaboración propia.

Según los cálculos obtenidos en el cuadro de análisis de varianza del rendimiento en Tn/ha como se muestra en la Tabla N°19 la cual se realizó a fin de verificar si las diferencias son significativas, donde se observa que la F calculada de los tratamientos es mayor que la F tabulada al 5% lo que nos indica que existe diferencias significativas. También se observa que la F calculada de los bloques es mayor que la F tabulada al 5% por tanto existe diferencias significativas entre los mismos.

Observando que la F calculada es mayor que la F tabulada al 5% tanto en los tratamientos como en los bloques se procede a realizar una prueba de medias mediante el test de Tukey.

Tabla N°20. Prueba de medias del rendimiento en Tn/ha al 5%

PRUEBA DE TUKEY AL 5%		
Tratamiento	Media	Agrupación
T3	50,465	A
T1	47,860	A
T2	44,921	AB
T4	33,440	B

Fuente: Elaboración propia.

Por la existencia de diferencias significativas como muestra en la tabla N°19 se procede a realizar la comparación de medias del rendimiento en Tn/ha de los tratamientos al 5% (comparación mostrada en la tabla N°20), donde se observa que existe diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento N°3 (60kg de hidrogel/ha) y el tratamiento N°4 (testigo), mientras que los tratamientos N°1 (40kg de hidrogel/ha), N°2 (50kg de hidrogel/ha) y N°3 (60kg de hidrogel/ha) no presentan diferencias estadísticas significativas. Por otra parte, los tratamientos N°2 y N°4 no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí. Lo que nos indica que el tratamiento N°3 tuvo el mayor rendimiento siendo el mismo de 50,465Tn/ha superado al resto de los tratamientos, seguido se encuentra el tratamiento N°1 el cual tuvo un rendimiento de 47,860Tn/ha siendo los tratamientos que tuvieron mayor rendimiento frente al testigo que alcanzo un rendimiento de 33,440Tn/ha.

Sánchez, P. & Bongiovanni, M., (2023) indican que el tratamiento con la aplicación de hidrogel presento mayores rendimientos frente al testigo teniendo un rendimiento de 52,143Tn/ha (con 100kg de hidrogel/ha) frente al testigo el cual tuvo un rendimiento de 46,428Tn/ha. Por otra parte, en el presente trabajo se obtuvo mayores rendimientos con la aplicación de hidrogel siendo el tratamiento 3 (60kg de hidrogel/ha) el que mejor rendimiento tubo con un promedio de 50,465Tn/ha seguido por el tratamiento 1 (40kg de hidrogel/ha) con un rendimiento promedio de 47,860Tn/ha frente al testigo que tuvo un rendimiento de 33,440Tn/ha. Por otra parte, se observa que en el presente trabajo se presentó diferencias significativas a nivel de bloques las cuales se atribuyen a la textura del suelo debido a la variación de contenido de arenas y arcillas (revisar anexo N°1, donde se detalla y muestra el contenido de arenas, arcillas y limo).

Gonzales, (2007) menciona que, con la adición de hidrogeles al suelo, la disponibilidad de agua se optimiza puesto que se reduce las perdidas por infiltración y así mismo se reduce las pérdidas de nutrientes por lixiviación, también mejora la aireación del suelo. En este sentido en el presente trabajo al realizar la aplicación de hidrogel al suelo, se

mejoró las condiciones físicas del suelo lo que influye de manera directa en el incremento del rendimiento del cultivo puesto que con el hidrogel el suelo tiene la capacidad de retener una mayor cantidad de agua y nutrientes los cuales se son aprovechados por la planta.

Por otra parte, en el presente trabajo se muestra que los rendimientos del tratamiento T2 (50kg de hidrogel/ha) son bajos en comparación al tratamiento T1 (40 kg de hidrogel/ha) siendo los mismos de 44,921Tn/ha y 47,860Tn/ha respectivamente, esto se asocia directamente a la textura del suelo la cual pese a ser igual de acuerdo al triangulo textural del USDA, ya que los contenidos de arenas y arcillas presentan diferencias entre cada unidad experimental (Ver Anexo N°1), y estas diferencias implican la variación en los resultados obtenidos puesto que el tratamiento 2 pese a tener mayor cantidad de humedad en el suelo, la cantidad de nutrientes se puede ver afectada por el contenido de arenas, como menciona Castellanos, (2000) quien resalta que los suelos que presentan textura gruesa (con contenidos superiores a 50% de arena y con menos del 20% de arcillas) tienen una baja capacidad de retención de nutrientes y agua debido a la alta porosidad existente en el suelo la cual facilita la lixiviación de nutrientes.

3.5. Análisis económico para una hectárea

Se realizó el análisis económico de los tratamientos para poder evaluar la rentabilidad de los tratamientos donde se tubo los siguientes ingresos

Tabla N°21. Análisis económico de los tratamientos

		TRATAMIENTOS			
		T1 CH	T2 CH	T3 CH	T4 SH
Costo de producción		31570	32970	34370	25970
Precio por quintal/categoría	Grande	130	130	130	130
	Mediana	80	80	80	80
	Pequeña	50	50	50	50
Producción en qq/ha/categoría	Grande	715	673	732	505
	Mediana	225	213	239	147
	Pequeña	100	90	126	75
Ingreso bruto en bs/categoría	Grande	92987,33	87503,72	95160,71	65672,84
	Mediana	18027,76	17057,44	19146,62	11776,11
	Pequeña	4989,73	4510,81	6285,90	3729,28
Ingreso bruto total		116004,82	109071,98	120593,23	81178,22
Ingreso neto		84434,82	76101,98	86223,23	55208,22
Costo beneficio		2,67	2,31	2,51	2,13

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°21 se muestra los ingresos de la producción de papa por hectárea donde se observa que los tratamientos T1 y T3 son los que tuvieron mayores ingresos, donde el tratamiento 1 el que mejor rentabilidad genera en la producción con una ganancia de 2,67bs por cada 1bs invertido. En comparación al testigo, se ve un incremento en el tratamiento 1 con un ingreso adicional de 0,54ctvs.

Si bien el tratamiento 3 tuvo mejores rendimientos que el tratamiento 1, el mismo no resulta más rentable que el último, esto significa que pese a tener la mejor respuesta en cuanto a producción, no se tiene la mejor respuesta económica en comparación al tratamiento 1.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La aplicación de hidrogel en el cultivo de papa influyo de manera positiva sobre el mismo llegando a incrementar el rendimiento en relación al testigo, con un incremento de 33,440Tn/ha a 50,465Tn/ha es decir que se tuvo una producción adicional de17,205Tn/ha.
- La dosis optima de hidrogel para incrementar el rendimiento del cultivo fue la dosis del tratamiento 3 (T3 con 60kg de hidrogel por hectárea), teniendo un rendimiento de 50,465 toneladas por hectárea frente al testigo que tuvo un rendimiento 33,44 toneladas por hectárea.
- La capacidad de campo del suelo se incrementa tras la aplicación de las diferentes dosis de hidrogel siendo el tratamiento 3 (60kg/ha) el que incremento en mayor cantidad con un porcentaje promedio de 23,44%, seguido del tratamiento 2 (50kg/ha) con un 22,66% y el tratamiento 1 (40kg/ha) con 22,14% ante un 18,21% del testigo. Existiendo un incremento máximo de un 5,23% en la relación al testigo con el tratamiento 3.
- Se concluye que, con la aplicación de hidrogel al suelo, el mismo incrementa la capacidad de almacenamiento de agua útil reduciendo el riesgo de que el suelo llegue a punto de marchitez permanente, el incremento de porcentaje de agua útil es de 10,12% (testigo) a 13,02% (T3) siendo el incremento de 2,9% en relación T3 y testigo, en lámina de riego significa un incremento de 8,13mm lo que significa un incremento de dos días.
- Se concluye que el tratamiento 1 (T1 con 40kg de hidrogel por hectárea) es el más rentable en la producción del cultivo de papa bajo las condiciones de clima y suelo que presenta la parcela experimental. Si bien en la relación beneficio/costo todos los tratamientos tienen valores mayores a uno y por lo tanto cualquiera de ellos presenta una rentabilidad en la producción, la mejor respuesta económica se tiene en el tratamiento 1 (T1 con 40kg/ha de hidrogel) con una relación B/C de 2.67bs, que consiste en invertir 1bs y se tiene una ganancia de 2.67bs, siguiendo en

importancia el tratamiento T3 (con 60kg/ha de hidrogel) con una relación B/C de 2.51bs, seguido del tratamiento T2 (con 50kg/ha de hidrogel) con una relación B/C de 2.31bs, el de menor ganancia es el tratamiento T4 (Testigo) con una relación B/C de 2.13bs.

4.3. Recomendaciones

- Se recomienda utilizar para la producción del cultivo de papa Var. Cardenal el tratamiento T1 (40kg/ha de hidrogel), del cual se obtuvo un rendimiento de 47.86 toneladas por hectárea y una relación de B/C de 2.67bs siendo el tratamiento con más rentabilidad.
- Se recomienda el uso de hidrogel para lugares donde la frecuencia de los riegos sea muy larga y en lugares con suelos arenosos puesto que los hidrogeles podrían actuar como micro-resorvorios de agua que ayudarían a evitar el estrés hídrico.
- Se recomienda optimizar los tiempos de riego entre los comunarios para de este modo evitar el lavado de suelo y así mismo reducir el tiempo de retorno de los turnos y así tener un riego optimo en toda la comunidad.
- Continuar investigando para optimizar las dosis y métodos de aplicación de hidrogel en el cultivo de papa, con el fin de maximizar sus beneficios sin incurrir en costos adicionales innecesarios.
- Realizar estudios a largo plazo para evaluar los efectos del uso de hidrogel en el suelo y en la salud del cultivo de papa, así como su impacto en el medio ambiente circundante.
- Realizar el presente estudio donde el suelo sea uniforme para que de este modo los resultados no se vean influenciados por los factores de suelo.