

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L.*) es una hortaliza del género *Capsicum* perteneciente a la familia de las solanáceas, que en los últimos años ha aumentado su producción a nivel mundial en algunos países, debido al incremento de la demanda para su consumo.

Según Huerres, (1988), citado por Pacajes, (2008), el pimiento se considera originario de América del Sur, situado entre Perú, Bolivia y Brasil. Se cree que Colón lo llevo a Europa en 1493 y que fue difundido inicialmente por España y Portugal, y más tarde de forma gradual paso a casi todos los países europeos.

En Bolivia las principales zonas productoras de pimiento se encuentran en Santa Cruz La Paz, Cochabamba, Beni y Tarija con una superficie de 4.101 ha. De las cuales 95 pertenecen a Tarija distribuidas en las provincias de Cercado, Avilez, y O'Connor.

La producción de pimiento en Bolivia es baja con respecto a otros países, y debido a factores climáticos y la mala administración de los recursos hídricos que se dan en muchos lugares del país, las producciones hortícolas bajan su rentabilidad, calidad y en muchos casos sufren una pérdida total de los cultivos, según el diario el país en 2023 se produjeron perdidas con una superficie de 5.958 ha por la escasez de agua.

San Josecito Centro, una zona situada en la provincia O'Connor del departamento de Tarija, lugar que se destaca por la producción de maíz, y algunas hortalizas como tomate, pimiento, arveja, entre otros de menor relevancia, sufre este problema de escasez hídrica, especialmente en los meses de verano donde las condiciones climáticas son desfavorables, motivo por el cual se ve afectada la sostenibilidad ambiental y la economía de los agricultores del lugar. Bajo este contexto surge la alternativa de implementar hidrogel en el suelo, para deducir la falta de agua disponible para las plantas.

Según, Carhuapoma, (2005); citado por Gonzales, (2007), los hidrogeles se pueden definir como materiales poliméricos entrecruzados en forma de red tridimensional de origen natural o sintético, que se hinchan en contacto con el agua formando materiales

blandos y elásticos, y que retienen una fracción significativa del agua en su estructura sin disolverse.

El objetivo principal de este estudio es explorar el potencial del hidrogel en el cultivo de pimiento, en la región San Josecito Centro, su efecto en la retención de humedad en el suelo, el crecimiento vegetal y el rendimiento de los cultivos de pimiento. Este análisis busca mejorar la eficiencia del uso del agua, y se espera que la adopción del hidrogel permita a los agricultores aumentar sus ingresos al mejorar la productividad y la calidad de sus cosechas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar de la importancia del cultivo de pimiento y su alta demanda en el mercado, los agricultores se enfrentan a diversos desafíos relacionados con la disponibilidad de agua y la eficiencia en su uso.

La comunidad de San Josecito Centro enfrenta una problemática de escasez de recursos hídricos sobre todo en los meses de octubre a diciembre, esto ocurre por las faltas de lluvias debido al cambio climático y la mala administración del agua de riego, este desafío afecta directamente la producción agrícola, la diversidad agroecológica y la economía de los agricultores propios del lugar.

En este contexto, los hidrogeles han surgido como una posible solución para optimizar el uso del agua en el cultivo del pimiento, sin embargo, a pesar de su potencial beneficio, existe una falta de información detallada sobre el efecto de las diferentes dosis de hidrogel en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas de pimiento.

JUSTIFICACIÓN

El estudio del comportamiento de tres dosis de hidrogel en el cultivo de pimiento es importante por varias razones. Primero, el hidrogel es un polímero superabsorbente que puede retener grandes cantidades de agua, lo que lo hace relevante para mejorar la eficiencia del riego en la agricultura, especialmente en regiones con escasez de agua.

Esta investigación podría proporcionar información valiosa sobre la cantidad óptima de hidrogel a utilizar para mejorar el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los

cultivos de pimiento. Esto podría tener implicaciones significativas en la optimización del uso del recurso hídrico y la productividad agrícola.

San Josecito Centro enfrenta condiciones de escasez de agua, sobre todo en los meses de octubre, noviembre y diciembre, lo que limita la implementación de los diferentes cultivos en esta época afectando económicamente a los agricultores. El hidrogel, al actuar como un agente de retención de agua en el suelo, puede ayudar a maximizar el uso eficiente del agua, permitiendo que las plantas accedan a la humedad de manera más constante y reduciendo la necesidad de riego frecuente.

Al optimizar el suministro de agua y nutrientes a las plantas, se espera que el uso de hidrogel contribuya a un aumento significativo en el crecimiento y rendimiento de los cultivos de pimiento. Esto no solo beneficia a los agricultores al aumentar sus ingresos, sino que también ayudara a los agricultores a producir en épocas con escasez de recursos hídricos.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto de diferentes dosis de hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum*) utilizando la variedad Quimba como modelo en la comunidad de San Josecito Centro, provincia O'Connor del departamento de Tarija.

Objetivos específicos

- Evaluar las características hídricas del suelo, a través de la determinación de la humedad, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y el agua útil en el suelo.
- Determinar el efecto de la dosis de hidrogel en el crecimiento vegetativo del pimiento.
- Analizar la influencia de las dosis de hidrogel en el rendimiento del pimiento.

- Realizar un análisis económico del uso del hidrogel en la producción del pimiento.

HIPÓTESIS

El comportamiento con tres dosis de hidrogel presenta diferencias significativas en el desarrollo y rendimiento del pimiento.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Origen del pimiento

Según Huerres, (1988), citado por Pacajes, (2008), el pimiento se considera oriundo de América del Sur, situado entre Perú, Bolivia y Brasil, era utilizado por los indios para condimentar sus comidas. Se cree que Colón lo llevo a Europa en 1493 y que fue difundido inicialmente por España y Portugal, y más tarde de forma gradual paso a casi todos los países europeos.

El género *Capsicum* de la familia de las solanáceas, tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América (México, Perú y Bolivia). En el siglo XV fue introducido a Europa y luego al resto del mundo, a la fecha se han identificado 25 especies, aunque las más conocidas se restringen a solo cinco; *Capsicum annuum* (Pimiento y ajíes), *Capsicum chinense* (Ají habanero), *Capsicum frutescens* (Ají tabasco), *Capsicum baccatum* (Aji andino), y *Capsicum pubescens* (Rocoto) (Pino, & Saavedra, 2018).

1.2. Importancia del cultivo de pimiento

El cultivo de pimiento es la quinta hortaliza más consumida a nivel mundial gracias a su alta gama de variedades, texturas y formas de consumo, en los últimos años ha surgido un incremento considerable en la producción y economía de algunos países. China es el mayor productor mundial con 18.978'03 millones de kilos, en 2019 produjo 769.078 hectáreas de pimiento, con un rendimiento por metro cuadrado de 2'47 kilos. El segundo productor mundial es México con 3.238'24 millones de kilos de pimiento, sobre una superficie de 149.577 hectáreas y un rendimiento de 2'16 kilos por metro cuadrado. Turquía ocupa la tercera posición mundial, con un volumen de 2.625'67 millones de kilos, una superficie de 92.089 hectáreas y un rendimiento de 2'85 kilos/m². El cuarto lugar está ocupado por Indonesia con 2.588'63 millones de kilos, 300.377 hectáreas y un rendimiento de 0'86 kg/m². La quinta posición la ocupa España con 1.402'38 millones de kilos de pimiento producidos, cultivados sobre una superficie

de 21.430 hectáreas que dieron un rendimiento de 6'54 kilos por metro cuadrado. (FAO, 2024).

CUADRO N°1: Producción mundial del cultivo de pimiento año 2020

PRODUCCION MUNDIAL DE PIMIENTO EN EL AÑO 2020				
	Nº	Toneladas	Hectareas	kilos/
China	1	18.978.027	769.078	2,47
México	2	3.238.245	149.577	2,16
Turquía	3	2.625.669	92.089	2,85
Indonesia	4	2.588.633	300.377	0,86
España	5	1.402.380	21.430	6,54
Egipto	6	764.292	40.422	1,89
Nigeria	7	753.116	99.715	0,76
Argelia	8	675.168	21.767	3,1
EE.UU.	9	624.982	19.627	3,18
Túnez	10	443.632	20.103	2,21
Países Bajos	11	375.000	1.500	25
Corea del Sur	12	271.839	33.338	0,82
Níger	13	260.915	13.106	1,99
Italia	14	249.640	10.280	2,43
Marruecos	15	247.609	5.084	4,84
Kazajstán	16	213.910	9.595	2,23
Macedonia	17	185.452	9.390	1,97
Ucrania	18	172.830	15.400	1,12
Perú	19	160.979	9.494	1,7
Argentina	20	155.006	6.404	2,42
Otros		3.639.840	343.150	1,06
Total		38.027.164	1.990.926	1,91

(FAO, 2024)

1.3. Producción de pimiento a nivel nacional

De acuerdo a la FAO, (2024), en Bolivia el cultivo tradicional del pimiento se encuentra en Beni, Cochabamba y Santa Cruz.

La producción de pimiento en Bolivia es muy baja y solo se cultiva en épocas de primavera y verano, además las condiciones climáticas juegan un rol importante debido a las heladas y sequías que se dan en cierta época del año las cuales amenazan los cultivos obteniendo una baja producción. El área cosechada del cultivo del pimentón en Bolivia para la gestión 2019 fue de 4.101 ha, alcanzando una producción de 12.554 toneladas.

CUADRO N°2: Producción de pimiento en Bolivia año 2014-2019

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Área cosechada (ha)	5.473	4.053	4.098	4.053	4.079	4.101
Producción (t)	12.988	11.212	11.332	11.695	11.755	12.554

(FAO, 2024)

Según la FAO, (2020) en el departamento de Tarija el pimiento no es muy cultivado y las zonas que lo producen lo conforman pequeños agricultores. Su producción se da en diferentes zonas ecológicas y se cultiva principalmente en campo abierto usando un sistema de riego por gravedad y en menor medida a goteo, también una pequeña proporción es cultivada en invernadero.

CUADRO N°3: Producción de pimiento en el departamento de Tarija-Bolivia

PRODUCCION DE PIMIENTO EN TARIJA	
Provincia	Superficie (ha)
Cercado	19,51
Avilés	39,35
Arce	17,41
O'Connor	19,45

(FAO, 2024)

1.4.Taxonomía del cultivo del pimiento

Reino:	Vegetal
Phylum:	Telemophytae
División:	Tracheophytae
Subdivisión:	Anthophyta
Clase:	Angiospermae
Sub clase:	Dicotyledoneae
Grado Evolutivo:	Metachlamydeae
Grupo de Ordenes:	Tetracíclicos
Orden:	Polemoniales
Familia:	Solanaceae
Nombre científico:	<i>Capsicum annuum L. var annuum.</i>
Nombre común:	Pimentón

Fuente: Herbario Universitario (T.B) 2023.

1.5.Descripción botánica del pimiento

1.5.1. Planta

Pinto, (2018) menciona que el cultivo de pimiento es una planta herbácea anual en zonas templadas y es perenne en las áreas tropicales, ya que muy es sensible a las heladas. Su porte es erguido, tiene una altura que varía de 0,5 a 2 m. su tamaño depende de factores agronómicos, climáticos y fisiológicos lo que influye en su desarrollo y crecimiento. Si toma gran desarrollo de la parte aérea, se torna decumbente, ya que cae por su peso.

1.5.2. Raíz

Reche, (2010) señala que la planta de pimiento “posee una raíz pivotante que puede llegar hasta 1,2 m y provisto de un gran número de raíces secundarias ramificadas. Horizontalmente puede desarrollar hasta unos 50 cm de distancia del eje principal”. Con siembras directas y sin perturbaciones puede alcanzar una profundidad de 3 m. bajo el suelo.

1.5.3. Tallo

Se desarrolla a partir de la plúmula del embrión, esta consta de un eje, el epicotilo y presenta en el extremo superior una región de intensa división celular, el meristemo apical. El tallo es circular en la base y anguloso en las partes más altas, con costillas en los ángulos. Es glabro y adquiere consistencia semileñosa en la base, que le otorga un porte erecto o semierecto (Cruz, 2018).

1.5.4. Hojas

El cultivo de pimiento tiene una hoja lanceolada, llena, sin pelo, con una punta puntiaguda y un pecíolo largo y discreto. La superficie es lisa y suave al tacto. El nervio principal aparece en el envés de la hoja, al igual que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inclusión de las hojas en el tallo tiene una forma diferente y su tamaño varía según la variedad (Simancas, 2022).

1.5.5. Flor

Las flores son hermafroditas, con cinco estambres y un pistilo en cada flor, son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógena, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10%. Las flores están unidas al tallo por un pedúnculo o pedicelo de 10 a 20 mm de longitud, con 5 a 8 costillas. Cada flor está constituida por un eje y apéndices fóliales que constituyen las partes florales, estas son: el cáliz, estambres y pistilos (Cruz, 2018).

1.5.6. Fruto

Alarcón, (2020) muestra que el fruto de pimiento es una baya hueca, posee semicartilagos, declinados y de diferentes colores, algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y rojo a medida que va madurando. Su tamaño es inconstante, logrando a pesar hasta más de 500 gramos.

1.5.7. Rendimiento

Ríos (2022) manifiesta que, dependiendo de la variedad, tipo de cultivo y tiempo de cosecha, los rendimientos tanto en número de frutos por planta y peso pueden variar.

Las variedades de frutos gruesos pueden producir de 3 a 5 frutos por planta, mientras que las variedades cosechadas el fruto en verde pueden producir de 8 a 12 frutos. El peso del fruto en pimientos pequeños puede ir desde 150 a 250 gr y en pimientos grandes 300 a 500 gr. El rendimiento en las zonas de clima tropical, la producción media es de 10-13 ton/ha, de producto fresco a campo abierto y en invernadero va desde 13 a 35 ton/ha debido a las condiciones controladas que se maneja bajo este sistema de producción.

1.6.Variedades de pimiento

1.6.1. Quimba f1

Es una variedad híbrida que produce una planta de pimiento versátil, cuenta con una producción estable y elevada, con frutos firmes, que poseen una buena conservación. Tiene frutos de forma rectangular uniforme de color verde y un rojo fuerte en su madurez, el tamaño varía de mediano a grande dependiendo de las condiciones en que fueron cultivados, tiene una resistencia particular para zonas con presiones de potyvirus y phytophthora (CLAUSE, 2024).

1.6.2. CLX 479 F1

Esta variedad híbrida tiene una planta robusta y una alta carga de frutos, tamaño uniforme, que abarcan desde 10 a 11 cm. Textura crujiente y sabor excepcional, es resistente a ciertas enfermedades, por lo que asegura cultivos saludables y de buena calidad (CLAUSE, 2024).

1.7.Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de pimiento

1.7.1. Temperatura

Buñay, (2017) afirma que el pimiento es una planta de verano porque su actividad se interrumpe por debajo de los 6°C y no soporta las heladas. La temperatura óptima para este cultivo es de 18 a 27 °C donde obtiene la mejor floración y formación de frutos, temperatura superior a los 32 °C provocan caída de las flores y bloquean el proceso de fructificación.

CUADRO N°4: Temperaturas críticas durante el ciclo vegetativo del pimiento

FASES DEL CULTIVO	TEMPERATURA (°C)		
	Optima	Mínima	Máxima
Germinación	24	15	34
Crecimiento vegetativo	20-25(Dia); 16-18(Noche)	15	40
Floración y Fructificación	26-28(Dia); 18-20(Noche)	18	35

(Pino, 2018)

1.7.2. Humedad relativa

Cacao (2017) muestra que la humedad relativa óptima para el cultivo está entre el 50% y el 70%. Las humedades muy elevadas minimizan la aparición de enfermedades interfiere en la fecundación. La combinación de altas temperaturas y baja humedad relativa puede provocar la caída de flores y de frutos recién formados.

1.7.3. Luminosidad

Bermúdez, (2019) detalla que el pimiento es una planta que requiere de gran luminosidad, admitiendo temperaturas muy altas. Hay que tener en cuenta que los periodos de verano muy suaves afectan negativamente a la producción, ya que el cuajado de las últimas flores se produce con dificultad.

1.7.4. Suelo

Debido a que el pimiento tiene una raíz axonomorfa, requiere de suelos medios a profundos, bien drenados y aireados. El suelo debe ser de textura franco-arenosa, areno-limoso, rico en humus, no admite suelos compactados y de textura arcillosa (Rios, 2022).

1.7.5. pH

según Molina (2012) los valores de pH óptimos para el cultivo de pimentón oscilan entre 6.5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez hasta en un pH de 5.5, niveles por debajo o superiores a los mencionados puede repercutir negativamente en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

1.7.6. Necesidades hídricas

Guiracocha, (2020) menciona que los requerimientos hídricos del cultivo varían según al clima, el manejo agronómico y las variedades. La cantidad de agua necesaria para la producción de plantas de pimiento es de 600 y 1.250 mm según el periodo. El pimiento es exigente en el consumo hídrico, si presenta baja disponibilidad de agua, trae consecuencias con la formación de enfermedades, o a su vez, el exceso de agua produce putrefacción en la raíz principal.

1.7.7. Requerimiento nutricional

Yuste, (1998); citado por Bordor y Suarez, (2007) recomienda aportar 30 – 40 t/ha de estiércol; como abonado de fondo aplicar 100 - 210 kg de nitrógeno (N); 90 - 150 kg de fósforo (P₂O₅) y 200 – 300 kg de potasio (K₂O); en cobertura realizar 4 aplicaciones de 40 – 50 kg de nitrógeno y alguna de potasio.

Aldana, (2001); citado por Bordor y Suarez, (2007) manifiesta que el pimiento es muy exigente en fósforo y nitrógeno; recomienda adicionar gallinaza antes del trasplante y el nitrógeno fraccionar entre el trasplante, floración y durante la cosecha, bajo los requerimientos del cultivo.

CUADRO N°5: Tabla de requerimientos de NPK en el cultivo de pimiento

REQUERIMIENTO NUTRICIONAL NPK EN EL PIMIENTO		
NUTRIENTES		
N (kg/ha)	P₂O₅ (kg/ha)	K₂O (kg/ha)
100-200	90-150	200-300

(Bordor, 2007)

1.8.Labores culturales del pimiento

1.8.1. Almacigo

La época de siembra de almácigos dependerá de la variedad, condición agroclimática y lugar de siembra, misma que se hace en bandejas plásticas usando tierra orgánica. La

cámara de germinación se debe mantener a unos 25°C y a una humedad relativa del 85-90 %. Temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 40°C, no germina la semilla, El cuidado del semillero consiste en mantener idealmente una temperatura diurna entre 20 y 23°C y nocturna entre 18 y 20°C. Una vez que la planta ha alcanzado 4 a 5 hojas verdaderas o una altura de 15 a 20 cm al cabo de unos 40 días en semillero se procede a trasplantar (Condez, 2017).

1.8.2. Trasplante

Las plantas se retiran de las almacigueras 40 a 55 días posterior a la siembra, dependiendo si la siembra es para cultivo temprano o tardío, con una altura de entre 15-20 cm. Se deben colocar en el suelo en el hoyo previamente realizado, tapando con tierra sobre el “pan de raíces” y bajo los cotiledones. Las densidades de plantación del pimiento pueden fluctuar desde 20.000 a 60.000 plantas por hectáreas, con una distancia entre hilera de 0,9 m y sobre la hilera de 0,40; 0,50 y 0,60 m entre plantas (Condez, 2017).

CUADRO N°6: Densidad de plantación bajo diferentes condiciones en pimiento

Cultivo al aire libre o invernadero	Densidad de plantación	Plantas/ha
Aire libre	0,90 x 0,60 m	18.519
	0,90 x 0,40 m	27.778
	0,70 x 0,40 m	35.714
Invernadero	1,00 x 0,50 m	20.000
	0,60 x 0,30 m	55.500

(Pino, 2018)

1.8.3. Aporque

Práctica que consiste en cubrir con tierra o arena parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular. En terrenos enarenados debe retrasarse el mayor tiempo posible para evitar el riesgo de quemaduras por sobrecalentamiento de la arena (Curi, 2007).

1.8.4. Poda

La poda de formación es más necesaria en variedades precoces de pimiento, porque producen más tallos que las tardías. Con la poda de formación, se busca dejar dos o tres tallos principales o guías más fuertes que soporten todos los frutos. A una altura de 25-30 cm se van podando los tallos laterales, dejando la flor y la hoja que sale junto a ella; así, sucesivamente, hasta el final del cultivo. Además, para favorecer un crecimiento vegetativo inicial vigoroso, se deben eliminar flores de la primera y segunda coyunturas (o piso) del tallo, generalmente hasta una altura de unos 40 cm. (Condez, 2017).

1.8.5. Tutorado

El tutorado consiste en mantener la verticalidad de la planta a lo largo del cultivo, mediante guías verticales o dependiendo del método seleccionado por el agricultor. El tutorado tradicional consiste en colocar hilos de polipropileno o tutores de madera en los extremos de las líneas de cultivo de forma vertical. Éstos se unen entre sí mediante hilos horizontales pareados dispuestos a distintas alturas, que sujetan a las plantas entre ellos. Estos hilos se apoyan en otros verticales, que a su vez están sujetos al emparrillado a una distancia de 1.5 – 2 metros (Pino, 2018).

1.8.6. Control de malezas

El control de malezas en pimiento se realiza principalmente antes del trasplante, con una buena preparación de suelo lo cual debe ser complementado con la aplicación de herbicidas de preemergencia antes del trasplante. Luego del trasplante de las plántulas de pimiento, se deben realizar dos a tres limpiezas manuales durante la temporada (Gonzales, 2012).

1.8.7. Cosecha

Figueredo, (2021) señala que de acuerdo a las variedades y las exigencias del mercado se pueden cosechar pimentones o “morrones” de color rojo, amarillo y verde. Por lo general, la cosecha comienza a los 100 días después de la siembra, y puede prolongarse por más de tres meses, dependiendo de las condiciones del clima y del cuidado que se le dé al cultivo.

1.9. Plagas que afectan el cultivo del pimiento

1.9.1. Pulgones (*Aphis gossypii*)

Son organismos de pequeño tamaño (1-10 milímetros), de colores variados, principalmente verdes, amarillos o negros. Generalmente son lisos, aunque a veces pueden tener manchas. El cuerpo es blando de forma ovoidal, sin distinción evidente entre las distintas regiones (cabeza, tórax y abdomen). Este enemigo presente en muchos tipos de cultivos, puede provocar importantes daños en el pimiento, ya que se alimenta de la materia vegetal de este. Los pulgones succionan la savia de la planta provocando un debilitamiento progresivo que termina en necrosis. Se puede localizar si se encuentran restos de savia en las hojas, lo que también es peligroso pues facilita la irrupción de enfermedades (Cruz, 2018).

1.9.2. Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

Este parásito de 1,5mm de largo, de color blanco, ataca a través de las hembras, las cuales depositan sus huevos en el envés de las hojas. Cuando nacen las larvas de mosca blanca estas se alimentan succionando la savia de la planta, por lo que debilitan el cultivo causando un marchitamiento general. Se puede detectar la mosca blanca además de mirando en envés de las hojas, fijándose en si la planta presenta esferas de color blanco o más claras que el verde habitual. Se pueden realizar pulverizaciones con metomilo 20% (Cruz, 2018).

1.10. Enfermedades en el cultivo de pimiento

1.10.1. *Phytophthora capsici* Leonian (Tristeza o Marchitez)

Esta enfermedad llamada tristeza, marchitez o podredumbre basal se caracteriza por presentar clorosis, marchitez y atizona miento de la zona aérea de la planta. También, puede presentar necrosis o manchas localizadas que comienzan de color castaño oscuro a negro, adquiriendo una consistencia acuosa, tanto en tallo y hojas. A nivel de cuello y raíces presenta pudrición y formación de canchales castaño rojizo. En los frutos bajo condiciones de alta humedad se desarrollan pudriciones y se aprecia presencia de moho

de color blanco. Para su control se puede usar fungicidas como mancozeb, dimetomorfo, fosetil-aluminio entre otros (Pino, 2018).

1.10.2. Fusarium oxysporum (Marchitez, Pudrición de la corona)

La marchitez, o también llamado pudrición de la papa se caracteriza por una rápida marchitez o amarillamiento parcial o total de la parte aérea de la planta. En la base de los tallos se puede aparecer manchas necróticas de consistencia acuosa que se puede extender por los tejidos vasculares o raíces de la planta. Para su control usar semillas desinfectadas, realizar rotación de cultivos, evitar el riego excesivo ya que el exceso de humedad favorece al hongo, se puede usar fungicidas como benomilo y trichoderma spp en forma preventiva (Pino, 2018).

1.11. Fisiopatías

1.11.1. Golpe de sol

Este trastorno ocurre cuando la fruta es expuesta a demasiado calor y demasiada luz. El tejido se daña y adquiere un color blancuzco. La fruta madura de color verde es susceptible a esta enfermedad. Para evitar la escaldadura de sol, seleccionar cultivares con buena cobertura de hoja para mantener protegidos los frutos y tomar medidas para evitar que se formen áreas de plantas acamadas (Sanchez, 2015).

1.12. El hidrogel

1.12.1. Definición del hidrogel

Ortega et al. (2020) menciona que el hidrogel es un polímero (poliacrilato de potasio), súper absorbente de agua y otras disoluciones acuosas. Se ha propuesto su utilización desde hace 40 años para la agricultura por su capacidad de incrementar el agua disponible y su propiedad de absorción al incorporarse en suelo o sustrato.

Pozo, (2021) define que los hidrogeles son polímeros hidro- absorbentes que, de acuerdo con su estructura reticulada tridimensional y a su capacidad de absorción principalmente en sus grupos carboxílicos, pueden absorber de 100 a 400 veces más de su peso y esto depende de la calidad de agua.

1.12.2. Tipos de hidrogel

Estrada (2019) indica que los hidrogeles pueden dividirse en diferentes condiciones:

Naturaleza: Se trata del material del que está elaborado el hidrogel como ser:

- Natural, fabricado por elementos naturales como almidón, alginato, etc.
- Sintético, está elaborado a partir de elementos que fueron producidos por el hombre como acrilato, poliacrilamida, etc.
- Híbrido, está fabricado a partir de una mezcla de elementos sintéticos y naturales.

Biodegradabilidad: Tiene que ver con la capacidad que tiene el hidrogel de degradarse (independientemente de su naturaleza) en moléculas más simples gracias a factores biológicos.

Biodegradable, se puede degradar naturalmente por la acción biológica en moléculas más simples.

No biodegradable, que no se puede descomponer naturalmente, sino que bajo ciertas condiciones artificiales.

1.12.3. Características física y químicas del hidrogel

Pozo (2021) señala algunas características del hidrogel:

carácter hidrófilo esto ocurre por la presencia en su forma molecular de grupos funcionales como (OH, grupo hidroxilo-alcohol, COOH, grupo ácido carboxílico, entre otros).

La presencia de una red con tres dimensiones en la ordenación, la cual origina que esta no se solubilice en el agua, esto debido a que presenta entrecruzamiento a causa de la presencia de fuerzas cohesivas pequeñas y a enlaces covalentes o iónicos.

El monómero hidrófilo de partida y su baja densidad de entrecruzamiento determina un tacto suave y consistencia elástica del hidrogel.

La hidrofiliidad se debe a la presencia de grupos solubles en agua tales como -OH, -COOH, -CONH-, -SOH, entre otros. La insolubilidad y la estabilidad de la forma del hidrogel se deben a la presencia de la red tridimensional.

1.12.4. Capacidad de retención hídrica

Loor y Bravo (2021) detallan que el hidrogel al entrar en contacto con el agua comienza su absorción del vital líquido hasta 200 litros de agua por cada litro (dependiendo de la pureza de esta). Cuando el suelo empieza a perder humedad, el hidrogel comienza a liberar agua, de acuerdo a las necesidades de la raíz. Manteniéndola siempre hidratada, esto sucede en todo tipo de plantas, permitiendo un importante ahorro de agua y una menor frecuencia de riego. Los polímeros de hidrogel son capaces hincharse al 100% de agua.

1.12.5. Uso del hidrogel en la agricultura

El uso de los hidrogeles en la agricultura ha sido una alternativa muy eficiente en los últimos años, lo que ayuda a mejorar la retención de agua y nutrientes en el suelo. Para los cultivos extensivos se debe aplicar el hidrogel antes de aplicar la semilla a una profundidad de 7-12 cm dependiendo del tipo de cultivo. El hidrogel tiene la propiedad de solubilizar los fertilizantes por lo que los hace asimilable y lo retiene mayor tiempo en el suelo. La cantidad que se debe usar de hidrogel depende del tipo de cultivo, generalmente es de 10 a 30 kg/ha. No se recomienda el uso del gel en pH menor a 4 y mayor a 9 debido a que el gel se degrada con mayor rapidez, y en caso de que el agua contenga concentrados de calcio y magnesio, el hidrogel puede durar de 3 a 5 años una vez aplicado en el suelo, esto depende de las condiciones anteriormente dichas. Normalmente se recomienda incorporar el hidrogel al suelo con un pase de rastra liviana y regar normalmente (Hernandez, 2007).

1.12.6. Tipos de hidrogel usado en las plantas

Andrade (2019) menciona que los tipos de hidrogel usados para la agricultura son los siguientes:

- **Poliacrilato de sodio:** El poliacrilato de sodio son los polvos que usan los pañales de los bebés y tienen una gran capacidad de absorción de agua, utilizado en muchos casos para agricultura, tiene algunas retenciones por la liberación del ion sodio.
- **Poliacrilato de potasio:** El poliacrilato de potasio es especialmente vendido para el uso de las plantas, es llamado en ocasiones también acrilato de potasio o lluvia sólida.
- **Poliacrilamida:** La poliacrilamida es un polímero absorbente y además es un floculante de líquidos. Es algo menos absorbente que los poliacrilatos, pero es utilizado también en ocasiones en la agricultura.

1.12.7. Ventajas del uso de hidrogel en la agricultura

Hernández (2020) define las ventajas más comunes en la utilización del hidrogel y se detallan a continuación:

- Un mejor y más rápido desarrollo radicular de la planta debido a una mayor porosidad, aeración, esponjamiento.
- Autorregulación del consumo de agua por las plantas mismas gracias al sistema de retención de agua de los polímeros hidro absorbentes, evitando el estrés hídrico que sufrirían ante una falta de riego o una prolongada sequía.
- Un mejor y más profundo arraigo de las raíces.
- Una mayor absorción de los nutrientes por la mayor masa radicular, lo cual producirá plantas más vigorosas y que soportarán mejor las inclemencias del tiempo y las enfermedades.
- La planta tiene una fuente de agua prácticamente a su disposición gracias a la gran capacidad de filtración que tienen los polímeros hidrófilos al absorber el agua.
- La planta tiene una fuente de agua prácticamente a su disposición gracias a la gran capacidad de filtración que tienen los hidrogeles de absorber agua.

- incrementa en un 25% la capacidad germinativa de la semilla.
- Absorbe agua y lo mantiene disponible para las plantas en un tiempo promedio de 30 días, reduciendo el número de riegos, y mantiene su poder de absorción en un tiempo de 3 a 5 años.

1.12.8. Desventajas del uso del hidrogel en la agricultura

Las sales reducen la capacidad de retención del polímero como en porcentaje de absorción, así como el tiempo de vida; aunque existe poca información algunos elementos que afectan la retención como son el Hierro, los Fosfatos y la cal, esto implica que no todos los fertilizantes son compatibles con los hidrogeles (Hernandez, 2020).

1.13. Porcentaje de humedad en el suelo

Analytics, (2023) menciona que se considera humedad del suelo a la cantidad total de agua que hay en los poros del suelo o en su superficie. Puede expresarse como un porcentaje, agua por peso o volumen, o pulgadas de agua por pie de suelo. La cantidad o porcentaje de humedad del suelo depende de varios factores, como el clima, el tipo de terreno y las plantas que en él habitan. La humedad del suelo no sólo indica el contenido de agua en una zona concreta, sino también la salud del campo. Las raíces de las plantas absorben el agua de él, por lo que su estado depende directamente de la cantidad existente en las diversas capas y de la aireación. En definitiva, el efecto de la humedad del suelo para las plantas en su desarrollo y rendimiento es vital. La humedad gravimétrica del suelo se calcula midiendo la diferencia entre el peso de la muestra húmeda y seca.

$$\text{GWC (\%)} = [(\text{masa de suelo húmedo (g)} - \text{masa de suelo seco (g)}) / \text{masa de suelo seco (g)}] \times 100.$$

1.14. Capacidad de campo

Polo et al. (2017) menciona que la capacidad de campo (CC) es el contenido de agua que se retiene en un suelo después de ser saturado con agua.

La capacidad de campo se valora por el porcentaje en volumen de agua existente con respecto al suelo seco.

La capacidad de campo representa el contenido de humedad del suelo, cuando el agua que este contiene, deja de fluir por gravedad, cuando este fenómeno ocurre, el agua libre o gravitacional deja de existir en el suelo.

1.15. Punto de marchitez permanente

Polo et al. (2017) menciona que el Punto de Marchitez Permanente (PMP) es el potencial hídrico del suelo más negativo al cual las hojas de las plantas no recobran su turgencia. En efecto, el valor del PMP depende de las condiciones climáticas del suelo y de la conductividad hidráulica. Si el suelo no recibe nuevos aportes de agua, la evaporación desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a un nivel en el que las raíces ya no pueden extraer agua del suelo.

1.16. Agua útil en el suelo

El agua útil es la diferencia entre los contenidos de agua a CC y PMP. Es la que se considera como agua utilizable o potencialmente extractable por las plantas en la zona de crecimiento radical. Esta es la fracción del agua del suelo que puede perderse por evaporación o variar por el consumo de las plantas (Analytics, 2023).

1.17. Relación beneficio, costo (B/C)

Figueredo (2021) menciona que la relación beneficio/costo (B/C) muestra la cantidad de dinero actualizado que recibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Se estima dividiendo el beneficio bruto (BB) entre el costo total (CT).

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MATERIALES

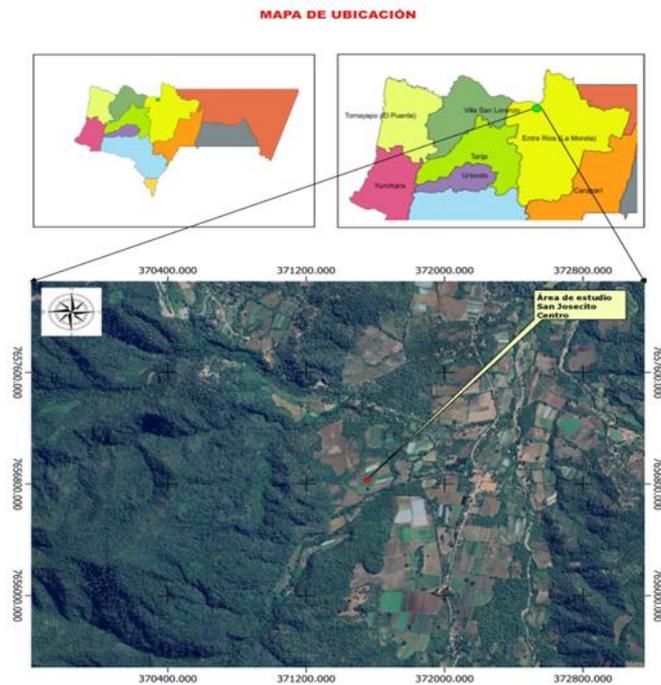
2.1.1. Ubicación

El área está ubicada en la comunidad de San Josecito Centro, que se encuentra ubicada en el Cantón El Huayco, Distrito II perteneciente al Municipio de Entre Ríos, Provincia O' Connor, Departamento de Tarija-Bolivia. Su acceso principal es por el tramo Tarija-Narváz a 70km de distancia, el tiempo estimado para llegar a la comunidad desde Tarija, es de aproximadamente 3 horas en vehículo pequeño y 2 horas desde Entre Ríos (Dimas, 2011).

2.1.2. Localización

Geográficamente, se encuentra situada entre las coordenadas 21° 11' 07'' de Latitud Sur y 64° 13' 52'' de Longitud Oeste y a una altitud de 940 m. s.n.m.

FIGURA N°1: Ubicación Geográfica



2.1.3. Clima

2.1.3.1. Clima predominante

Presenta un clima mesotérmico templado-cálido, inviernos templados y secos (Casas, s/f).

2.1.3.2. Temperatura

La temperatura media anual es de 19°C, en verano de 22,5°C y en invierno de 14,5°C, con máximas que superan, los 41°C y mínimas extremas que bajan a -7°C.

2.1.3.3. Precipitación pluvial

Es una zona de precipitación media que puede ir desde los 900mm a 1200mm, anuales (Casas, s/f).

2.1.4. Hidrografía

San Josecito Centro pertenece a la cuenca Hidrográfica del Pilcomayo y a la subcuenca inmediata del río San Josecito (Dimas, 2011).

2.1.5. Geomorfología

En la comunidad se tiene una superficie de suelo que en su generalidad se halla representada por terrazas coluvio aluviales estabilizadas, bajadas laterales y laderas, las formas aluviales son formadas por deposiciones continuas de materiales que con el transcurso del tiempo formaron terrazas aluviales.

2.1.6. Suelo

La zona se caracteriza por tener suelos de textura sueltos tipo franco arcillosa a franco arenosa, generalmente son suelos fértiles aptos para la agricultura.

2.1.7. Tipo de vegetación

Aproximadamente el 80% del territorio está cubierto por bosques de diferente tipología y potencialidad, el 20% restante tiene cobertura de pastizales cultivos hortícolas y árboles frutales.

2.1.7.1. Árboles forestales

CUADRO N°7: Nombres científicos de árboles forestales

Nombre común	Nombre científico
Mora	<i>Maclura tinctoria L.</i>
Lapacho	<i>Androanthus impetiginosus M.</i>
Cedro	<i>Cedrela odorata L.</i>
Palo santo	<i>Bursera graveolens var.</i>
Toborochoi	<i>Seiba speciosa A.</i>

Fuente: Herbario Universitario,(T.B) 2023

2.1.7.2. Árboles frutales

CUADRO N°8: Nombre científico de árboles frutales

Nombre común	Nombre científico
Palta	<i>Persea americana M.</i>
Naranja	<i>Citrus sinensis L.</i>
Limón	<i>Citrus limon L.</i>
Papaya	<i>Carica papaya L.</i>
Mango	<i>Mangifera indica L.</i>

Fuente: Herbario Universitario,(T.B) 2023

2.1.7.3. Cultivos en la zona

CUADRO N°9: Nombre científico de cultivos en la zona

Nombre común	Nombre científico
Tomate	<i>Solanum lycopersicum L.</i>
Maíz	<i>Zea maiz L.</i>
Pimiento	<i>Capsicum annum L.</i>
Arveja	<i>Pisum sativum L.</i>

Fuente: Herbario Universitario,(T.B) 2023

2.1.8. Material vegetal

El material vegetal empleado para este trabajo de investigación es la semilla de pimiento de la variedad híbrida Quimba que se obtuvo de la agroquímica “El Sauzal” ubicada en el mercado campesino del departamento de Tarija, la semilla cuenta con las siguientes características:

Quimba: Posee una planta de pimiento versátil, cuenta con una producción estable y elevada, con frutos firmes, que poseen una buena conservación. Tiene frutos de forma rectangular uniforme de color verde y un rojo fuerte en su madurez, el tamaño varía de mediano a grande dependiendo de las condiciones en que fueron cultivados, tiene una resistencia particular para zonas con presiones de potyvirus.

2.1.9. Hidrogel

El hidrogel que se utilizó en el cultivo fue comprado en la agroquímica “El Sauzal” con una cantidad de 2,5 kg. Este polímero tiene la capacidad de retener grandes cantidades de agua en el suelo haciéndola aprovechable para la planta de pimiento.

2.1.10. Materiales y equipos de campo

- Bandejas de almacigo.
- Nylon.
- Regadera.
- Malla media sombra.
- Azadas, Palas.
- Plantadores.
- Cinta métrica.
- Estacas.
- Balanza analítica.
- Mochila pulverizadora.

- Canasto de cosecha.
- Tijeras.

2.1.11. Material de gabinete

- Cuaderno de datos.
- Computadora.
- Calculadora.
- Cámara fotográfica.
- Bolígrafo.

2.2. Metodología

2.2.1. Diseño experimental

Para el trabajo de investigación se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones distribuidos aleatoriamente, siendo un total de doce unidades experimentales.

2.2.2. Modelo estadístico

$$Y_{ij} = m + t_i + r_i + e_{ij}.$$

Donde:

Y_{ij} = Valor observado.

m = Constante general.

t_i = Efecto de los tratamientos.

r_i = Efecto de los bloques.

e_{ij} = Error experimental.

El modelo en el cual se basa el análisis nos dice que una observación es el efecto de una media general (m) de un tratamiento particular (t_i), de una repetición dada o bloque (r_i), y finalmente el componente aleatorio o error experimental (e_{ij}).

2.2.3. Tratamientos

CUADRO N°10: Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Combinación	Descripción de los tratamientos
T1	v1t1	Variedad Quimba: 0gr de hidrogel/planta
T2	v1t2	Variedad Quimba: 2gr de hidrogel /planta
T3	v1t3	Variedad Quimba: 4gr de hidrogel/planta
T4	v1t4	Variedad Quimba: 6gr de hidrogel/planta

2.2.4. Unidades experimentales

El diseño experimental cuenta con 12 parcelas o unidades experimentales, por lo que cada unidad experimental mide 5m x 5m haciendo un total de 25 metros cuadrados.

2.2.5. Características del área experimental

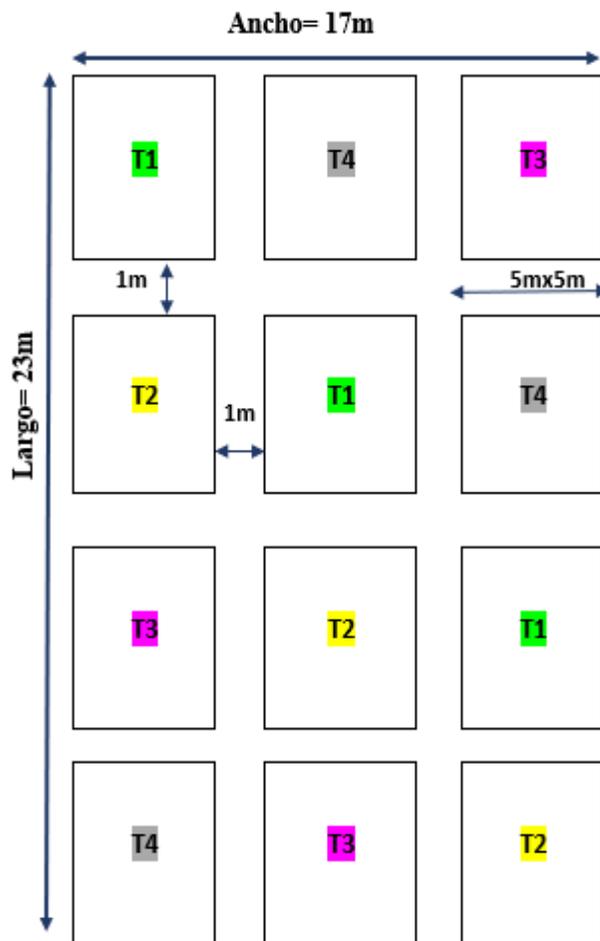
CUADRO N°11: Descripción de las unidades experimentales

N° de tratamientos	4
N° de replicas	3
Total, de unidades experimentales	12
Ancho de la parcela	5 m
Largo de la parcela	5 m
Área de la parcela neta	25 m ²
Distancia entre pasillos	1 m
Largo del área de investigación	23 m
Ancho del área de investigación	17 m
Área total de investigación	391 m ²

CUADRO N°12: Descripción del surco

Número de surcos/ unidad experimental	6
Número de surcos/ parcela	18
Distancia entre surcos	0,80 m
Distancia entre plantas	0,50 m
Número de plantas/ surco	10
Número de plantas/ experimento	720 plantas

2.2.6. Diseño de campo



2.2.7. Procedimiento experimental

2.2.7.1. Preparación del almacigo

La preparación del almacigo se inició el 20 de agosto. Donde primeramente se rellenó las bandejas de plástico con tierra vegetal extraída del campo, luego se regó varias veces con la ayuda de una regadera hasta humedecer la tierra de manera homogénea, finalmente se incorporó las semillas a una profundidad de 1cm y se las volvió a cubrir con una capa fina de la misma tierra. Para ayudarlas con su proceso de germinación, se cubrió el almacigo con nylon, ya que es favorable para mantener la temperatura adecuada. Transcurridos ocho días, cerca del 90% de la semilla germinó por lo que se quitó el nylon del almacigo y se colocó una malla media sombra para evitar la muerte de los plantines debido a las altas temperaturas.

2.2.7.2. Preparación del terreno

Con las maquinas accionadas a través de la toma de fuerza del tractor para preparar el terreno, se realizó una remoción profunda y superficial del suelo para eliminar las malas hierbas, facilitar la infiltración del agua y mejorar el intercambio gaseoso.

2.2.7.3. Formación de surcos

Usando una cinta métrica se midió un espacio de 17m de ancho y 23m de largo, donde se formaron los surcos separados por 0,80m entre surcos, 0,50m entre plantas y 1m entre bloques, este proceso se realizó manualmente con la ayuda de azadas y para la medición se usó estacas como referencia para facilitar dicha práctica.

2.2.7.4. Trasplante

Transcurridos 40 días en el almacigo, donde la planta alcanzó unos 15-20 cm de altura, se procedió a trasplantar los plantines, para este proceso se pesó el hidrogel en una balanza analítica con las cantidades necesarias para cada tratamiento (T1=0gr/planta/), (T2=2gr/planta), (T3=4gr/planta), (T4=6gr/planta) y con la ayuda de plantadores se colocó primero el hidrogel a 15 cm bajo el suelo y las plantas a unos 10 cm de profundidad en el mismo lugar, en total se usaron 720 plantines para toda la parcela experimental.

2.2.7.5. Riego

El primer riego, usando el método por gravedad, se realizó inmediatamente después del trasplante, para evitar el estrés hídrico de los plantines y asegurar su prendimiento. Posteriormente se realizaron riegos con una frecuencia de 12 días a lo largo de todo el ciclo vegetativo del pimiento.

2.2.7.6. Toma de muestras de suelo

Las muestras fueron tomadas en forma de zigzag del área experimental, con la ayuda de una pala, se tomó cuatro muestras una por cada tratamiento, las mismas que fueron mezcladas, para luego cuartear obteniendo una muestra de un 1kg el cual se embolsó, etiquetó y se llevó a laboratorio de suelos de la facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, donde se analizó el porcentaje de humedad, la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y la cantidad de agua útil disponible en el suelo. También se tomó una muestra extra para realizar un análisis de fertilidad del suelo con el objetivo de calcular la dosis de nutrientes que necesita la planta a la hora de su fertilización.

2.2.7.7. Control de malezas

El control de malezas se realizó constantemente de forma manual, extrayendo las malas hierbas desde la raíz, para evitar la competencia de nutrientes, agua y luz, así mismo las malezas son hospederos de plagas y enfermedades que dañan el cultivo.

2.2.7.8. Aporque

Se efectuó después de 20 días del trasplante con la ayuda de azadas, para poder facilitar la aireación del suelo e infiltración del agua, mejorando el desarrollo de las raíces.

2.2.7.9. Poda

A los 30 días después del trasplante se realizó la poda de formación, donde se eliminaron las hojas del tronco principal próximas al suelo, los chupones y las ramificaciones que crecieron debajo de la cruz donde se bifurcan las ramas principales, para facilitar la entrada de luz, mejorar el tamaño de los frutos, reducir plagas y enfermedades y mejorar la aireación en las plantas.

2.2.7.10. Fertilización

El nivel de fertilización se realizó en base al análisis de suelo y requerimiento de nutrientes de la planta, para el cálculo del nivel de fertilización se realizó en base a los fertilizantes a utilizar:

CUADRO N°13: Interpretación del análisis del suelo

	N	P2O5	K2O
Requerimiento.	150 kg/ha	120 kg/ha	250/kg
Resultado de la interpretación.	88,84 kg/ha	306,5 kg/ha	904,5 kg/ ha
Deficiencia.	61,16 kg/ha	-	-
Exceso.	-	186,5 kg/ha	654,5 kg/ha

De acuerdo a la deficiencia que se tiene de los nutrientes, se realizó el cálculo exacto de la dosis a aplicar para cada tratamiento, donde estos están presentados en anexos de manera detallada de la interpretación como la dosificación.

Para la fertilización granular se lo realizó a toda la parcela experimental con una dosis de 5,2kg de Urea para compensar el requerimiento de nitrógeno. El cual fue aplicado 12 días después de la siembra junto con el segundo riego para facilitar la absorción de la urea por las raíces.

Para mejorar la salud, productividad y la calidad en el cultivo, se usaron fertilizantes foliares el primero un enraizador con una dosis de 100 gr por 20l/agua, posteriormente se aplicó un foliar que contienen los micronutrientes más comunes como hierro, zinc, manganeso, boro, calcio y magnesio, su aplicación se realizó cada 15 días después del trasplante y en la fase de prefloración y en el cuajado de los frutos usando una pulverizadora de 20 litros.

2.2.7.11. Control de plagas y enfermedades

Se realizó un control fitosanitario preventivo en plagas y enfermedades, monitoreando constantemente los daños causados durante su ciclo vegetativo.

En el transcurso de la investigación en la fase de maduración de los frutos se identificó problemas de ataque de una plaga que fue el gusano militar (*Spodoptera exigua*) que causó daños en hojas tallos y frutos. Se aplicó un control químico usando insecticida Thodotrin Plus en una pulverizadora de 20 litros, con una dosis de 15ml/10l. de agua.

2.2.7.12. Cosecha

La cosecha se realizó aproximadamente a los 120 días después del trasplante la cual consistió en cosechar los frutos maduros tomando en cuenta criterios técnicos de maduración se cortó con 2 cm de pedúnculo en canastos manualmente. Se realizaron 3 cosechas con un intervalo entre 15 días cada una, el fruto recogido fue pesado en bolsas de malla con un contenido de 16 kg/bolsa, para posteriormente ser comercializadas en el mercado campesino del departamento de Tarija a un precio promedio de 45bs.

2.3. Variables a estudiar

2.3.1. Determinación de las características del suelo

Después de la implementación del hidrogel en el suelo y el primer riego a la parcela, se tomó cuatro muestras de suelo, una de cada tratamiento, mismas que se llevaron al laboratorio de suelos de la facultad de ciencias agrícolas y forestales, donde se hizo el análisis del porcentaje de humedad, la capacidad de campo, punto de marchitez permanente y el porcentaje de agua útil disponible, para realizar una comparación de los mismos con las diferentes dosis de hidrogel aplicadas en cada tratamiento experimental.

2.3.2. Porcentaje de prendimiento

Para esta variable, los datos se tomaron a los 15 días después del trasplante, contabilizando las plantas que lograron sobrevivir en el campo definitivo después del estrés hídrico que sufrieron.

2.3.3. Altura de planta

Para la altura de planta se registraron los datos a los 30, 60 y 90 días después del trasplante en cada tratamiento, utilizando una cinta métrica se midió desde el cuello de la planta hasta el ápice vegetativo.

2.3.4. Numero de frutos por planta

Para esta variable se cuantificó el número de frutos que llegaron a la madurez comercial y fueron recolectados manualmente, como numero de muestras se tuvo 20 plantas por unidad experimental.

2.3.5. Peso del fruto por planta (gr)

Se realizó con la sumatoria de cada cosecha, definidas por unidad experimental, estas fueron pesadas de forma individual en una balanza analítica, utilizando la unidad en gramos.

2.3.6. Rendimiento en (kg/ha)

Se efectuó la sumatoria de peso en kilogramos por hectárea de los frutos, por tratamiento en función a la superficie de cultivo.

2.3.7. Análisis económico de la producción B/C

Para la evaluación del análisis económico, se determinó el valor de los costos fijos y los costos variables para cada uno de los tratamientos, sumados entre ambos se obtuvo el costo total de producción.

Total, de costos (Bs) = Costos Fijos (Bs) + Costos Variables (Bs)

Seguidamente se multiplico la cantidad de producción por el precio vendido para obtener los ingresos.

Ingreso total= Precio de venta por kg * Cantidad de producción vendida (Bs)

Se calculó el beneficio, siendo la diferencia entre los ingresos totales y el costo total.

Beneficio = Ingreso total (Bs)– Costo total (Bs)

Finalmente se obtuvo la relación Beneficio-Costo dividiendo el Beneficio total entre el costo total.

$$\text{Relación Beneficio-Costo} = \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo total}}$$

Para la interpretación de los resultados se tomó en cuenta lo siguiente:

- Si $B/C > 1$ = Existe un beneficio.
- Si $B/C = 1$ = Esta en un punto de equilibrio.
- Si $B/C < 1$ = Existen pérdidas.

-

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Determinación de las características hídricas del suelo

CUADRO N°14: Caracterización y propiedades hídricas del suelo

CARACTERIZACIÓN Y PROPIEDADES HÍDRICAS DEL SUELO				
Parámetros	T1	T2	T3	T4
Humedad (%)	31,43	35,30	40,52	46,17
Capacidad de campo (%)	27,42	31,82	36,51	41,4
Punto de marchitez permanente (%)	15,78	17,06	20,31	23,4
Agua útil (%)	11,64	14,76	16,2	17,5

En el cuadro N°14 se presentan los porcentajes humedad, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y agua útil, datos que fueron calculados en el laboratorio de suelos de la facultad de ciencias agrícolas y forestales, estadísticamente se deduce que la presencia de hidrogel mejora cada parámetro a medida que la dosis de hidrogel aumenta desde T1 a T4.

La humedad del suelo aumenta progresivamente desde T1(0gr de hidrogel/planta) a T2 (2gr de hidrogel/planta) un 3,87% de T2 a T3(4gr de hidrogel/planta) un 5,22% y de T3 a T4(6gr de hidrogel/planta) tiene un incremento de 5,65%, el mayor incremento se da entre T3 y T4. Esto indica que el hidrogel incrementa significativamente la capacidad del suelo para retener agua, lo cual es esperable dado que el hidrogel tiene la capacidad de absorber y almacenar grandes cantidades de agua, liberándola de manera gradual hacia el suelo y las plantas.

La capacidad de campo aumenta con el incremento de hidrogel de T1(0gr de hidrogel/planta) a T2(2gr de hidrogel/planta) un 4.4%, de T2 a T3(4gr de hidrogel/planta) un 4,69% y de T3 a T4(6gr de hidrogel de hidrogel/planta) aumenta 4,89%. Este comportamiento demuestra que el uso de hidrogel mejora la retención tras

el drenaje gravitacional, optimizando las condiciones hídricas del suelo para el crecimiento de los cultivos. el mayor incremento se da entre los tratamientos T3 y T4.

El punto de marchitez permanente aumenta en T2(2gr de hidrogel/planta) respecto a T1(0gr de hidrogel/planta) un 1,28%, en T3(4gr de hidrogel/planta) respecto a T2 un 3,25% y en T4(6gr de hidrogel/planta) respecto a T3 un 3,09%. Lo cual indica que las plantas en suelos con mayores cantidades de hidrogel requieren un menor contenido hídrico para evitar el marchitamiento. El mayor incremento ocurre entre T2 y T3.

Finalmente, el agua útil que representa el volumen para las plantas en relación con la capacidad de campo y punto de marchitez permanente, incrementa de manera notable desde T1(0gr de hidrogel/planta) a T2(2gr de hidrogel/planta) un 3,12 %, de T2 a T3(4gr de hidrogel/planta) un porcentaje de 1,44% y de T3a T4(6gr de hidrogel/planta) un 1,30%. El incremento más significativo se presenta entre los tratamientos T1 a T2. El hidrogel aumenta la cantidad disponible de agua que la planta puede asimilar esto se evidencia a medida que la dosis de hidrogel eleva.

3.2. Crecimiento vegetativo del pimiento

3.2.1. Porcentaje de prendimiento (%)

CUADRO N°15: Porcentaje de prendimiento (%)

TRAT.	BLOQUES			Σ	X
	I	II	III		
T1	51,6	43,3	48,3	143,2	47,7
T2	80,3	85,6	79,3	245,2	81,7
T3	95	96,2	90,4	281,6	93,8
T4	94,5	98,2	96,3	289	96,3
Σ	321,4	323,3	314,3	959	

En el cuadro N°15 se observa que, con respecto al mayor porcentaje de prendimiento por unidad experimental, obteniendo el mejor resultado en el tratamiento T4(6gr de hidrogel/ planta) con un porcentaje promedio de 96,6% en la parcela, seguido de T3(4gr de hidrogel/planta) con 93,8%, próximamente T2(2gr de hidrogel/planta) con 81,7% y finalmente en cuanto al menor porcentaje es el tratamiento f1(0gr de hidrogel/planta) con una media de 47,7% en la parcela.

CUADRO N°16: A.N.V.A. Porcentaje de prendimiento (%)

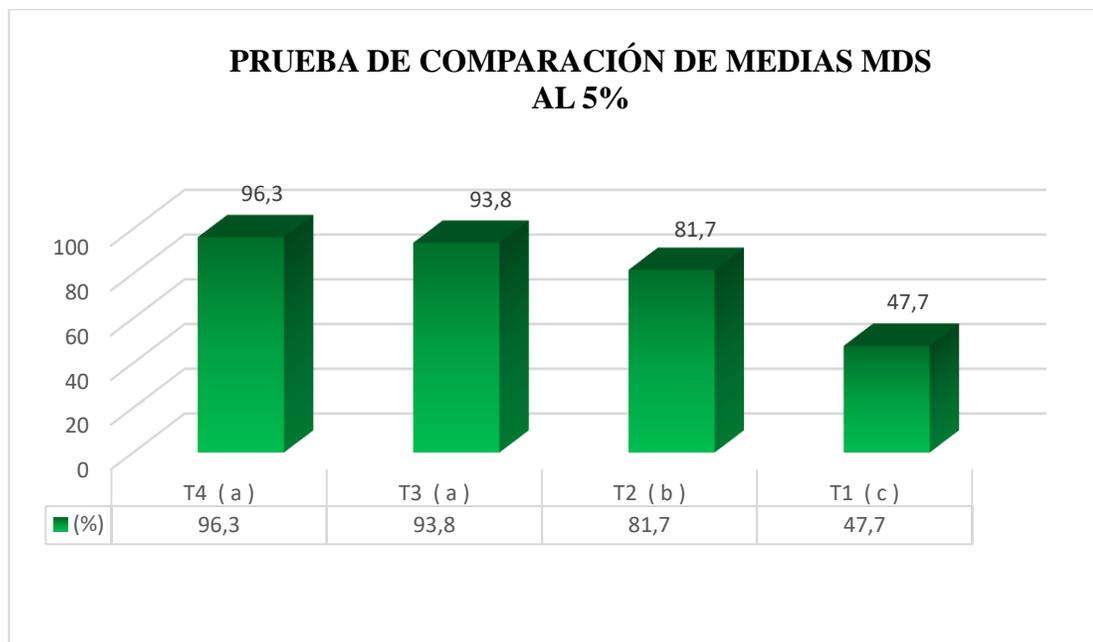
Fuente de Variación	GL	SC	CM	FC	Ft		Prueba de MDS
					(5%)	(1%)	
Total	11	4592,98	---	---	---	---	---
Tratamientos	3	4509,53	1503,2	124,9	5,14	10,9	**
Bloques	2	11,255	5,6275	0,5	4,76	9,78	ns
Error Experimental	6	72,195	12,032	---	---	---	---

CV=4,3%

En el cuadro N°16 de análisis de varianza con respecto al porcentaje de prendimiento de las plantas de pimiento se puede deducir que, si, existe diferencia significativa al menos en uno de los tratamientos al 5% y 1% de ft, por lo que es necesario realizar una comparación de medias para encontrar cuales tratamientos difieren significativamente. Con respecto a los bloques no existen diferencias.

El coeficiente de variación fue de 4,3 %, lo que indica que los datos obtenidos son confiables y que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

GRÁFICO N°1: Comparación de medias prueba MDS al 5% de porcentaje de prendimiento



En el grafico N°1 de comparación de medias MDS al 5% se puede deducir que T4 (6gr de hidrogel/planta) y T3 (4gr de hidrogel/planta), son los mejores tratamientos, ya que no presentan diferencias significativas entre sí llevando la literal (a), pero si presentan diferencias significativas con respecto a T1 y T2.

El tratamiento T2(2gr de hidrogel/planta), es diferente estadísticamente siendo mayor a T1 y menor a T3 y T4 por lo que lleva la literal (b).

El tratamiento T1 (0gr de hidrogel/planta) presenta el promedio más bajo y es estadísticamente diferente de los demás tratamientos por lo que lleva la literal (c). Esto indica que la ausencia de hidrogel afecta negativamente en el porcentaje de prendimiento.

Según Romero (2017) la falta de agua, afecta negativamente en el desarrollo y crecimiento del cultivo de pimiento, provocando la caída prematura de hojas, disminución del sistema radicular, debilidad en los tallos, lo cual finalmente conlleva a la muerte de la planta.

3.2.2. Altura de planta a los 30 días (cm)

CUADRO N°17: Altura de planta a los 30 días (cm)

TRAT.	BLOQUES			Σ	X
	I	II	III		
T1	25,5	26,3	24,3	76,1	25,4
T2	27,1	25,9	26,3	79,3	26,4
T3	31,2	33,4	32,5	97,1	32,4
T4	32,9	34,6	31,9	99,4	33,1
Σ	116,7	120,2	115	351,8	

En el cuadro 17 observamos que, con respecto a la mayor altura de planta por unidad experimental, los mejores resultados estadísticamente similares fueron T4 (6gr de hidrogel/planta), con una altura media de 33,1 cm, seguido de T3(4gr de hidrogel/planta), con 32,4cm. los peores tratamientos estadísticamente similares entre si son T2(2gr de hidrogel/planta) con 26,4 cm y T1(0gr de hidrogel de hidrogel/planta) con 25,4 cm.

CUADRO N°18: A.N.V.A. Altura de planta a los 30 días (cm)

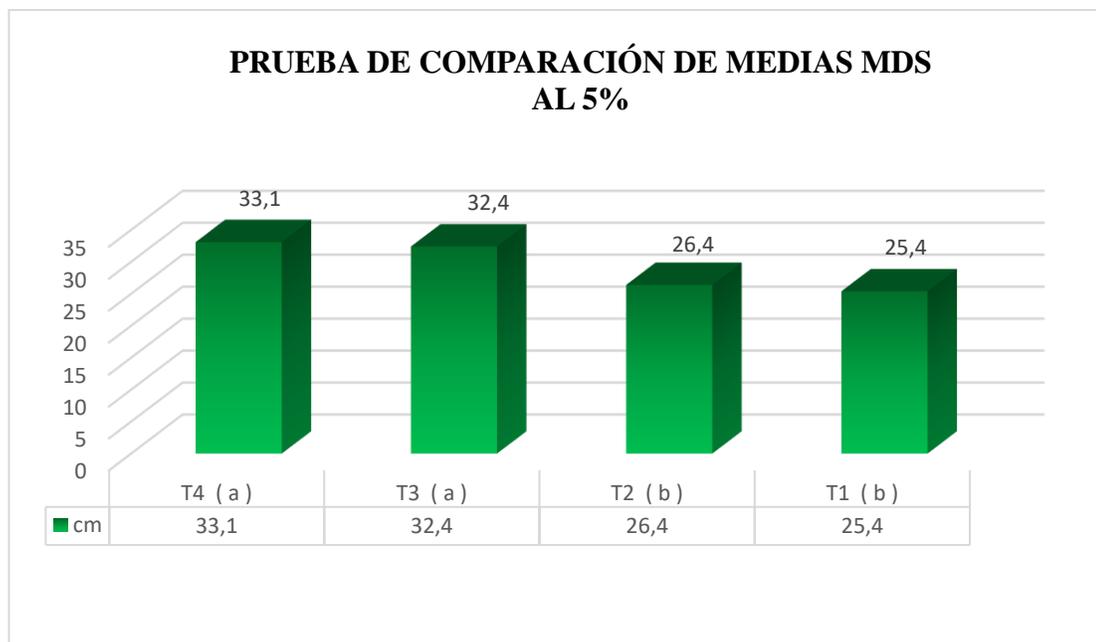
Fuente de Variación	GL	SC	CM	FC	Ft		Prueba de MDS
					(5%)	(1%)	
Total	11	152,30	---	---	---	---	---
Tratamientos	3	143,35	47,78	52,7	5,14	10,9	**
Bloques	2	3,515	1,75	1,9	4,76	9,78	ns
Error Experimental	6	5,4317	0,9053	---	---	---	---

CV=3,2%

En el análisis de varianza de altura de planta a los 30 días, se observa que la f_c es mayor al 5% y 1% con respecto a f_b en los tratamientos, por lo que se deduce que si existe diferencia significativa al menos en uno de los tratamientos. Para verificar cuales tratamientos difieren significativamente entre sí, es necesario realizar una comparación de medias. No existe diferencia significativa con respecto a los bloques ya que la f_c es menor que la f_t al 5% y 1%.

El coeficiente de variación fue de 3,2 %, lo que indica una baja dispersión de los datos en relación con la media, este valor refleja un alto grado de homogeneidad y precisión en las medidas realizadas.

GRÁFICO N°2: Comparación de medias prueba MDS al 5% de altura de planta a los 30 días (cm)



En el grafico °N2 se presenta la comparación de medias utilizando la prueba de mínima diferencia significativa (MDS). Los resultados muestran que los tratamientos T4(6gr de hidrogel/planta) y T3(4gr de hidrogel/planta) no presentan diferencias significativas entre sí por lo que llevan la literal (a). Sin embargo, son estadísticamente superiores a T1 y T2, esto sugiere que 4gr de hidrogel son suficientes para obtener resultados óptimos en cuanto a la altura de planta sin necesidad de aumentar la dosis.

Los tratamientos T1(0gr de hidrogel/planta) y T2(2gr de hidrogel /planta) no presentan diferencias significativas entre sí por lo que llevan la literal (b), esto indica que aplicar 2gr de hidrogel no produce una mejora significativa en la altura de planta con respecto a no aplicarlo.

Castro (2023) determinó que a los 30 días obtuvo una altura de planta en pimiento de 33cm con la aplicación de hidrogel, estando los resultados de la investigación dentro del límite mencionado.

3.2.3. Altura de planta a los 60 días (cm)

CUADRO N°19: Altura de planta a los 60 días (cm)

TRAT.	BLOQUES			Σ	X
	I	II	III		
T1	30,8	31,2	28,7	90,7	30,23
T2	35,3	32,3	34,1	101,7	33,9
T3	42,3	44,1	42,9	129,3	43,1
T4	45,4	43,5	43,2	132,1	44,03
Σ	153,8	151,1	148,9	453,8	

Se observa en el cuadro 19, que la mayor altura de plantas de pimiento a los 60 días, los obtuvieron los tratamientos T4(6gr de hidrogel/planta) con una media de 44,03cm y T3(4gr de hidrogel/planta) con 43,1cm, seguidamente T2(2gr de hidrogel/planta) 33,9 cm. El peor tratamiento fue T1(0gr de hidrogel/planta) obteniendo una media de 30,23cm.

CUADRO N°20: A.N.V.A. Altura de planta a los 60 días (cm)

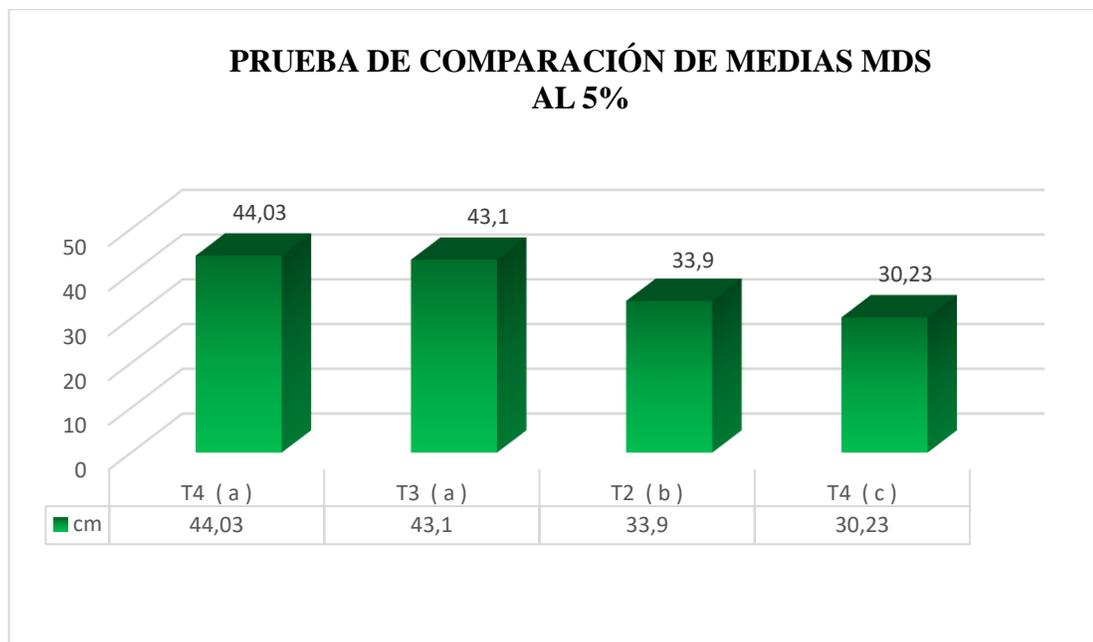
Fuente de Variación	GL	SC	CM	FC	Ft		Prueba de MDS
					(5%)	(1%)	
Total	11	430,92	---	---	---	---	---
Tratamientos	3	418,22	139,407	86,3	5,14	10,9	**
Bloques	2	3,012	1,506	1	4,76	9,78	Ns
Error Experimental	6	9,688	1,615	---	---	---	---

CV=3,4%

En el análisis de varianza de altura de plantas a los 60 días, se determina que con respecto a los tratamientos la fc al 5% y 1% es mayor que la ft, por lo que se deduce que sí, existen diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos, es necesario realizar un análisis de comparación de medias para determinar que tratamientos son diferentes entre sí. No existe diferencia significativa entre los bloques ya que la fc es menor al 5% y 1% con respecto a ft.

El coeficiente de variación fue de 3,4 %, lo que sugiere que la dispersión de datos es baja en relación con la media, y los datos obtenidos son confiables.

GRÁFICO N°3: Comparación de medias prueba MDS al 5% de altura de plantas a los 60 días (cm)



Se muestra en la gráfica 3 que T3 (4gr de hidrogel/planta) y T4(6gr de hidrogel/planta), son los mejores tratamientos y no muestran diferencias significativas entre sí por lo que comparten la literal (a). Esto indica que la aplicación de hidrogel con dosis mayores a 4gr no generan resultados estadísticamente superiores con respecto a la altura de planta de pimiento.

El tratamiento T2(2gr de hidrogel/planta), es diferente estadísticamente superior a T1 e inferior a T3 y T4 f3 por lo que lleva la literal (b).

El tratamiento T1(0gr de hidrogel/planta) con la literal (c) muestra la media más baja estadísticamente y es significativamente diferente con respecto de los tratamientos T2, T3 y T4. Esto sugiere que la ausencia de hidrogel afecta significativamente la altura de las plantas.

Castro (2023) obtuvo una media de 41cm en la altura de planta a los 60 días con la aplicación de hidrogel en el cultivo de pimiento, los resultados obtenidos están cerca del límite, debido a la influencia del hidrogel.

3.2.4. Altura de planta a los 90 días (cm)

CUADRO N°21: Altura de planta a los 90 días (cm)

TRAT.	BLOQUES			Σ	X
	I	II	III		
T1	35,6	37,8	34,7	108,1	36,03
T2	36,7	40,2	36,2	113,1	37,7
T3	49,2	51,3	52,4	152,9	51
T4	51,2	53,2	52,2	156,6	52,2
Σ	172,7	182,5	175,5	530,7	

El cuadro 21 muestra que el tratamiento con mayor significancia en cuanto a la altura de planta a los 90 días, es el T4(6gr de hidrogel/planta) con una media de 52,2cm. Le sigue T3(4gr de hidrogel/planta) con 51cm. Y estadísticamente inferior fueron los tratamientos T2(2gr de hidrogel/planta) con 37,7cm y T1(0gr de hidrogel por planta con un promedio de 36,03cm por planta.

CUADRO N°22: A.N.V.A. Altura de planta a los 90 días (cm)

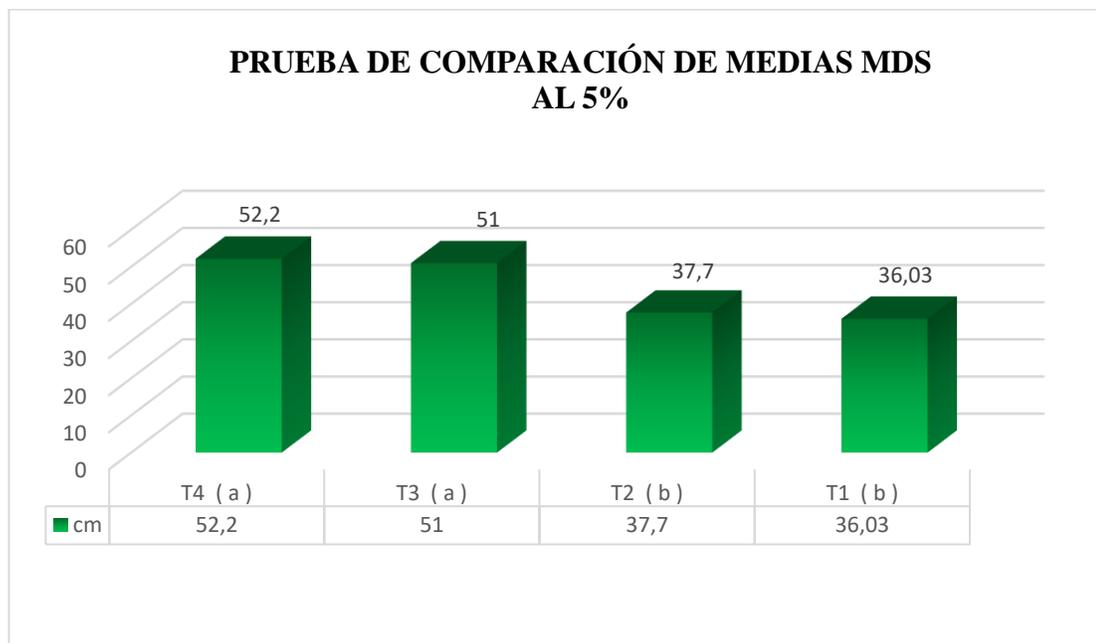
Fuente de Variación	GL	SC	CM	FC	Ft		Prueba de MDS
					(5%)	(1%)	
Total	11	678,06	---	---	---	---	---
Tratamientos	3	656,19	218,729	143,7	5,14	10,9	**
Bloques	2	12,74	6,37	4,1	4,76	9,78	Ns
Error Experimental	6	9,1333	1,5222	---	---	---	---

CV: 2,8%

El cuadro N°22 de análisis de varianza indica que con respecto a la variable altura de planta a los 90 días, si existen diferencias significativas entre sí entre los tratamientos, ya que la f_c es mayor al 5% y 1% de f_t , por lo que hay que hacer una comparación de medias. Entre los bloques no existen diferencias significativas.

El coeficiente de variación es de 2,8 % lo que indica que los datos obtenidos son más homogéneos en cuanto a la media, y las medidas son más confiables.

GRÁFICO N°4: Comparación de medias prueba MDS al 5% de altura de planta a los 90 días (cm)



Se muestra en la gráfica N°4 que los mejores tratamientos fueron T4(6gr de hidrogel/planta) y T3(4gr de hidrogel por planta), ambos con medias estadísticamente similares por lo que llevan la literal (a) y siendo altamente diferentes de T1 y T2.

El tratamiento T1(0gr de hidrogel/planta) y T2(2gr de hidrogel/planta) son los peores tratamientos y comparten la literal (b) por lo que indica que no son estadísticamente diferentes entre sí, pero son altamente inferiores a T3 y T4.

Simancas (2022) menciona que el promedio de altura de planta en el cultivo de pimiento es de 50cm, cabe mencionar que el ciclo de crecimiento a los 90 días aún no

se da por finalizado, lo que sugiere que los resultados obtenidos están dentro del límite.

3.3. Rendimiento del cultivo de pimiento

3.3.1. Numero de fruto por planta

CUADRO N°23: Numero de fruto por planta

TRAT.	BLOQUES			Σ	X
	I	II	III		
T1	4,2	3,8	5,2	13,2	4,4
T2	7,2	6,9	7,8	21,9	7,3
T3	9,2	10,8	9,9	29,9	10
T4	10,2	9,7	11,2	31,1	10,4
Σ	30,8	31,2	34,1	96,1	

Se observa en el cuadro N°23 de numero de fruto por planta, que el mejor tratamiento es T4(6gr de hidrogel por planta) con una media de 10,4 frutos, seguido de T3(4gr de hidrogel/planta) con 10 frutos, en menor promedio con 7,3 frutos fue el tratamiento T2(2gr de hidrogel/planta) y finalmente T1(0gr de hidrogel/planta) con una media de 4,4 frutos por planta.

CUADRO N°24: A.N.V.A. Numero de fruto por planta

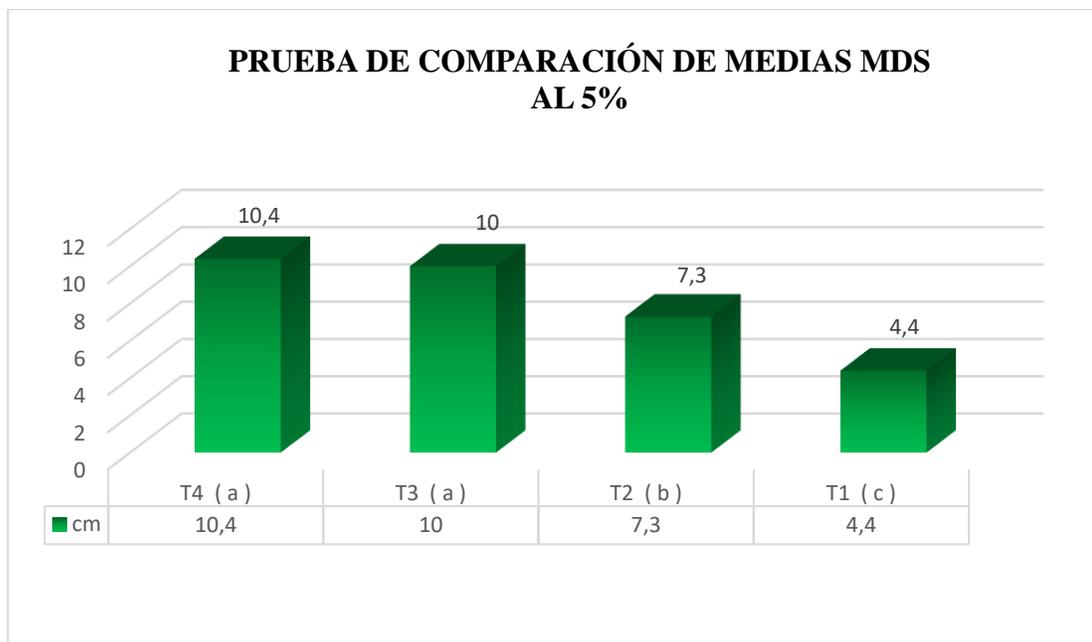
Fuente de Variación	GL	SC	CM	FC	Ft		Prueba de MDS
					(5%)	(1%)	
Total	11	72,67	---	---	---	---	---
Tratamientos	3	68,76	24,22	63,5	5,14	10,9	**
Bloques	2	1,6225	0,81125	2,1	4,76	9,78	ns
Error Experimental	6	2,2875	0,3812	---	---	---	---

CV=1%

En el análisis de varianza del número de fruto por planta en el cuadro N°24 se muestra que sí, existen diferencias significativas en cuanto a los tratamientos ya que la fc es mayor que el ft al 5% y 1%, por tanto, se debe realizar una comparación de medias para determinar cuál de los tratamientos difieren entre sí. No se presentan diferencias significativas en cuanto a los bloques ya que la fc es menor al 5% y 1% que el ft.

El coeficiente de variación es de 1%, esto nos indica que no existe mucha dispersión en cuanto a la media, lo que sugiere que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

GRÁFICO N°5: Comparación de medias prueba MDS al 5% de numero de frutos por planta



En la tabla de comparación de medias prueba MDS muestra que los mejores tratamientos son T3(4gr de hidrogel/planta) y T4(6gr de hidrogel/planta) no presentan diferencias significativas entre sí por lo que comparten la literal (a), esto demuestra que la aplicación de hidrogel más allá de 4gr no tiene grandes resultados en cuanto al número de frutos, pero si en comparación donde no se aplicó el polímero.

El tratamiento T2(2gr de hidrogel/planta) con la literal (b), es estadísticamente superior a T1 e inferior a T3 y T4.

T1(0gr de hidrogel/planta) es diferente estadísticamente de T2, T3 y T4 siendo el que obtuvo la media más baja en comparación con los demás por lo que lleva la literal (c), esto indica que la ausencia de hidrogel afecta de manera significativa en el número de frutos presentes en las plantas de pimiento.

Ríos (2022), manifiesta que la media en número de fruto por planta es de 3 a 5 por cosecha en campo abierto en verde lo que es atribuible a los resultados obtenidos en la investigación.

3.3.2. Peso del fruto por planta (gr) de tres cosechas

CUADRO N°25: Peso del fruto por planta (gr) de tres cosechas

TRAT.	BLOQUES			Σ	X
	I	II	III		
T1	478,1	462,6	489,9	1430,6	476,8
T2	688,2	702,3	693,5	2084	694,6
T3	903,8	923,5	913,2	2740,5	913,5
T4	925,5	900,1	915,7	2741,3	913,8
Σ	2995,6	2988,5	3012,3	8996,4	

En el cuadro N°25 se observa que los mejores tratamientos con respecto al peso de fruto por planta, son T4(6gr de hidrogel/planta) con 913,8gr y T3(4gr de hidrogel/planta) con una media de 913,5gr. los tratamientos más bajos lo obtuvieron T2(2gr de hidrogel/planta) con 694,6gr y finalmente T1(0gr de hidrogel/planta) siendo el peor tratamiento con una media de 476,8gr.

CUADRO N°26: A.N.V.A. Peso del fruto por planta (gr) de tres cosechas

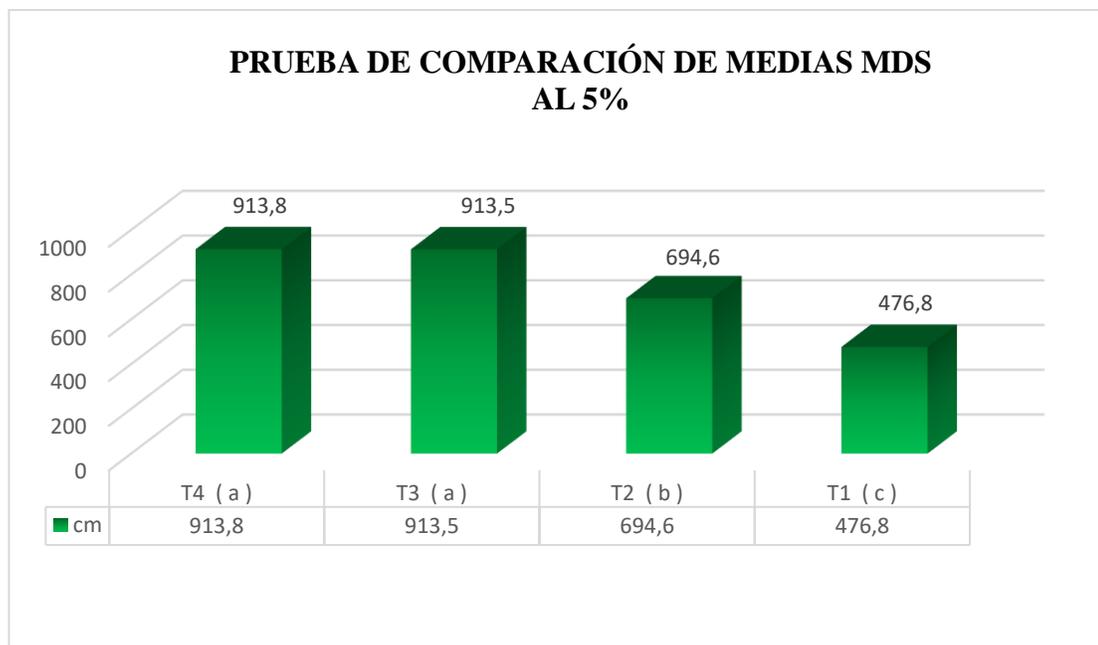
Fuente de Variación	GL	SC	CM	FC	Ft		Prueba de MDS
					(5%)	(1%)	
Total	11	394643	---	---	---	---	---
Tratamientos	3	393645	131215	852	5,14	10,9	**
Bloques	2	74,645	37,3225	0,2	4,76	9,78	ns
Error Experimental	6	923,35	153,89	---	---	---	---

CV=1,6%

En el cuadro N°26 de análisis de varianza, peso del fruto por planta en tres cosechas, se muestra que existe diferencias significativas en los tratamientos con respecto al peso del fruto, ya que la f_c es mayor que el f_t al 5% y 1%. Esto indica que es necesario realizar una comparación de medias para determinar cuáles de los tratamientos difieren entre sí. Se determinó también que no existen diferencias significativas en cuanto a los bloques ya que la f_c es menor que el f_t al 5% y 1%.

El coeficiente de variación de 1,6 % indica que los datos obtenidos son homogéneos respecto a la media, lo que concluye que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

GRÁFICO N°6: Comparación de medias prueba MDS al 5% de peso del fruto por planta de tres cosechas



En el gráfico N°6 de comparación de medias MDS al 5%, se puede deducir que los mejores tratamientos son T3(4gr de hidrogel/planta) y T4(6gr de hidrogel/planta), no presentan diferencias significativas entre sí por lo que comparten la literal (a), queda demostrado que no es necesario la aplicación de hidrogel por encima de 4gr de dosis ya que los cambios no son muy notorios en cuanto al peso del fruto en el cultivo de pimiento.

El tratamiento T2(2gr de hidrogel/planta), es estadísticamente superior a T1 y altamente inferior a T3 y T4. Siendo diferente a los demás lleva la literal (b).

El tratamiento T1(0gr de hidrogel/planta) de literal (a) es el que obtuvo el resultado más bajo con respecto a los demás tratamientos en cuanto al peso del fruto, esto indica que la ausencia de hidrogel influye de manera negativa en cuanto al rendimiento del pimiento.

Tolaba (2001) sostiene que el peso promedio del fruto es de 108gr por cada fruto, estando los resultados casi dentro del límite con el tratamiento T1, y sobrepasando con T2, T3 y T4 esto debido al uso del hidrogel aplicados con diferentes dosis en el cultivo de pimiento.

3.3.3. Rendimiento en kg/ha de tres cosechas

CUADRO N°27: Rendimiento en kg/ha de tres cosechas

TRAT.	BLOQUES			Σ	X
	I	II	III		
T1	11952,5	11565	12247,5	35765	11921,6
T2	17205	17557,5	17337,5	52100	17366,6
T3	22595	23087,5	22830	68512,5	22837,5
T4	23137,5	22502,5	22892,5	68532,5	22844,2
Σ	74890	74712,5	75307,5	224910	

Se muestra en el cuadro 27 los mejores tratamientos y estadísticamente iguales entre sí, con respecto al rendimiento en kg/ha es el T4(6ge de hidrogel/planta) con una media de 22844,2 kg/ha y T3(4gr de hidrogel/planta) con 22837,5 kg, le sigue T2(2gr de hidrogel/planta) con una media de 17366,6 kg y el tratamiento que obtuvo el promedio más bajo es el T1(0gr de hidrogel/planta) donde estadísticamente muestra una media de 11921,6 kg/ha.

CUADRO N°28: A.N.V.A. Rendimiento en kg/ha de tres cosechas

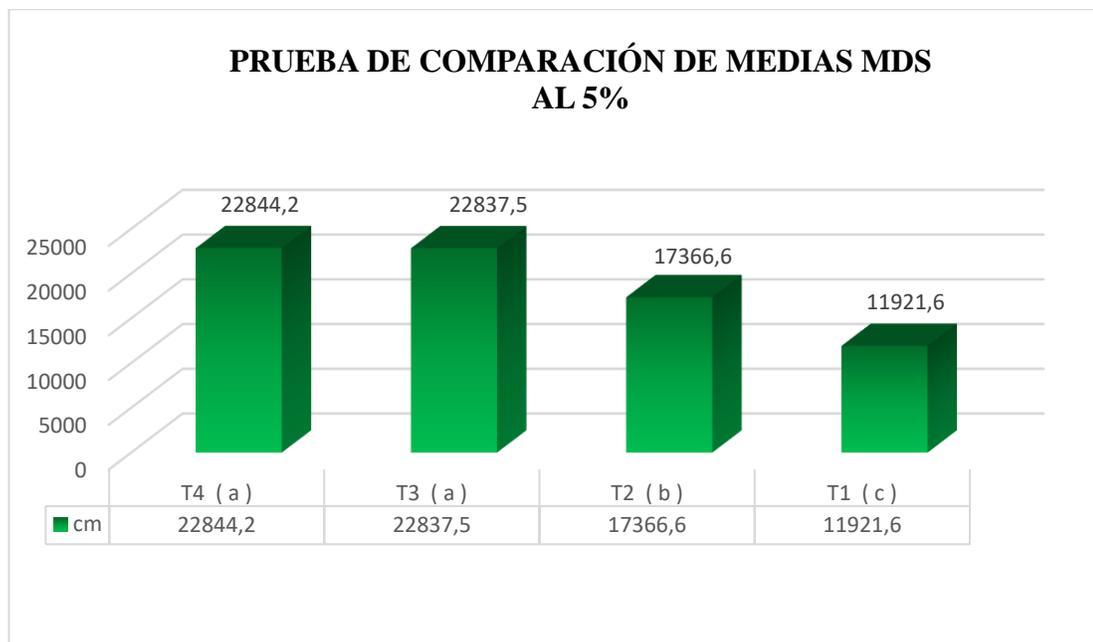
Fuente de Variación	GL	SC	CM	FC	Ft		Prueba de MDS
					(5%)	(1%)	
Total	11	246652350	---	---	---	---	---
Tratamientos	3	246028137	82009379	852	5,14	10,9	**
Bloques	2	46653	23326	0,2	4,76	9,78	Ns
Error Experimental	6	577560	96260	---	---	---	---

CV=1,6%

En el análisis de varianza que muestra el cuadro N°27 indica que si existen diferencias altamente significativas en los tratamientos con respecto al rendimiento en kg/ha ya que la fc es mayor que la ft al 5% y 1%. Por lo que es necesario realizar una comparación de medias y deducir cuales tratamientos son diferentes entre sí. Con respecto a los bloques se verifica que no existen diferencias significativas entre si ya que la fc es menor al 5% y 1% ft.

Un coeficiente de variación del 1,6% demuestra que la los datos obtenidos son confiables y se tuvo un buen manejo de los tratamientos.

GRÁFICO N°7: Comparación de medias prueba MDS al 5% de rendimiento en kg/ha de tres cosechas



En el gráfico N°7 de comparación de medias muestra que los mejores tratamientos son T3(4gr de hidrogel/planta) y T4(6gr de hidrogel/planta) y no presentan diferencias significativas entre sí, debido a esto comparten la literal (a). Se evidencia que la presencia de hidrogel juega un desempeño muy importante en el rendimiento de pimiento, y que por encima de los 4gr aplicados por cada planta se muestra una incrementación superior en cuanto a las parcelas donde no se aplicó el hidrogel.

Con respecto al tratamiento T2(2gr de hidrogel/planta), es estadísticamente superior a T1, pero inferior a T3 y T4 siendo diferente de los demás lleva la literal (b).

T1(0gr de hidrogel/planta) es el que obtuvo el resultado más bajo y es altamente significativo con respecto a los demás tratamientos por lo que lleva la literal (c), esto evidencia que la ausencia de hidrogel en lugares con escasez de recursos hídricos no tiene un buen rendimiento del cultivo.

Ríos (2022), menciona que el rendimiento de pimiento oscila entre 10-13 tn/ha en campo abierto y de 20 a 35 tn/ha bajo condiciones controladas.

3.4. Análisis económico de la producción de pimiento B/C

CUADRO N°29: Análisis económico de la producción de pimiento B/C

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor U (bs)	Valor T (bs)
Preparación del terreno				
Arada y Rastreada	h/tractor	4	100	400
Insumos				
Semilla	sobres	25	300	7500
Fertilizante Foliar	Kilos	2	60	120
Insecticida	Kilos	1	90	90
Fungicida	litros	1	80	80
Herbicida	litros	1	80	80
Materiales				
Bandejas	cajas	2	800	1600
Nylon	rollo	1	150	150
Canastos	unidad	2	125	250
Labores culturales				
Aplicación de fitosanitarios y fertilizantes	jornal	4	80	320
Surcado	jornal	2	80	160
Trasplante	jornal	4	80	320
Deshierbe	jornal	6	80	480
Aporque	jornal	8	80	640
Poda	jornal	4	80	320
Riego	jornal	8	80	640
Cosecha	jornal	9	80	720
Transporte	bolsa	1171	3	3513
Total				17384

CUADRO N°30: Calculo del ingreso total

Tratamiento	Rendimiento (kg)	Bolsa	Precio (bs)	Ingreso (bs)
T1	11921,6	745	45	33525
T2	17366,6	1085	45	48825
T3	22837,5	1427	45	64215
T4	22844,2	1428	45	64260

Para calcular el ingreso total, se tomó en cuenta el rendimiento obtenido de cada tratamiento, cada valor se dividió entre 16kg el cual es equivalente a una bolsa de pimienta debido a que es la forma de cómo se comercializa dentro del mercado campesino del departamento de Tarija, luego se realizó una multiplicación por cada bolsa por 45bs que es precio medio por el que se vendió el total del producto.

CUADRO N°31: Análisis económico o relación beneficio costo B/C

Tratamiento	Costo de hidrogel(bs)	Ingreso bruto (bs)	Ingreso neto (bs)	B/C
T1	0	17384	16141	0,9
T2	5000	22384	26460	1,1
T3	10000	27384	36846	1,3
T4	15000	32384	31865	0,9

De acuerdo al análisis B/C se tiene que:

T3(4gr de hidrogel/planta) con un B/C de 1,3 es la mejor respuesta, ya que, por cada unidad de costo, se obtiene 1.3 unidades de beneficio.

Le sigue T2(2gr de hidrogel/planta) con un B/C de 1,1.

El tratamiento T1(0gr de hidrogel/planta) con un B/C de 0,9 no es rentable ya que los costos superan a los beneficios.

Y T4(6gr de hidrogel/planta) con un B/C de 0,9 no es rentable, debido al alto costo del hidrogel.

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se desarrolló el trabajo de investigación y de acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que:

1. El uso de hidrogel aumenta significativamente la retención hídrica en el suelo hasta en un 5% más, liberando agua gradualmente de acuerdo a las necesidades de las plantas y reduciendo la frecuencia de riego, hasta un periodo de 12 días entre riego, lo que es útil para áreas con sequías o escasez hídrica.
2. Aplicar hidrogel en el cultivo de pimiento en la variedad Quimba influye de manera positiva en el desarrollo del cultivo, obteniendo mayores rendimientos.
3. En cuanto a la variable porcentaje de prendimiento, los mejores tratamientos y estadísticamente similares entre si son T4(6gr de hidrogel/planta) con una media de 96,3 y T3(4gr de hidrogel/planta) con 93,8, seguido de T2(2gr de hidrogel/planta) con 81,7% y el peor tratamiento fue el testigo T1(0gr de hidrogel/planta) con un porcentaje de 47,7%.
4. En cuanto a la altura de planta a los 30 días los mejores tratamientos fueron T4(6gr de hidrogel/planta) con 33,1 cm y T3(4gr de hidrogel/planta) con 32,4cm; los peores tratamientos fueron T2(2gr de hidrogel/planta) con una media de 26,4 cm y T1(0gr de hidrogel por planta) con la media más baja de 25,4cm.
5. A los 60 días en cuanto a la altura de planta los mejores tratamientos y similares entre si son T4(6gr de hidrogel/planta) con 44,03cm y T3(4gr de hidrogel/planta) con 43,1cm. Le sigue T2(2gr de hidrogel/planta) con una media de 33,9cm y estadísticamente inferior a los demás tratamientos fue el testigo T1(0gr de hidrogel/planta) con una altura de 30,23cm.
6. En cuanto a la altura de planta a los 90 días los mejores tratamientos fueron T4(6gr de hidrogel/planta) con 52,2cm y T3(4gr de hidrogel/planta) con 51cm. Los peores tratamientos y estadísticamente similares entre si son T2(2gr de hidrogel/planta) con una media de 37,7cm y el testigo T1(0gr de hidrogel/planta) con 36,03cm.

7. Para la variable número de frutos por planta, los mejores tratamientos fueron T4(6gr de hidrogel/planta) obteniendo una media de 10,4 frutos, seguidamente T3(4gr de hidrogel/planta) con 10 frutos, T2(2gr de hidrogel/planta) obtuvo 7,3 frutos y finalmente el peor tratamiento fue el testigo T1(0gr de hidrogel/planta) con una media de 4,4 frutos por planta.
8. En cuanto a la variable peso del fruto por planta de la primera, segunda y tercera cosecha, los tratamientos T4(6gr de hidrogel/planta) con una media de 913,8 gr y T3(4gr de hidrogel/planta) con 913,5 gr, fueron los mejores tratamientos y estadísticamente iguales entre sí. Seguidamente T2(2gr de hidrogel/planta) obtuvo una media de 694,5 gr y finalmente el peor tratamiento fue el testigo donde no se aplicó hidrogel T1 con una media de 476,8 gr por planta.
9. Respecto al rendimiento en kg/ha los mejores tratamientos son T4(6gr de hidrogel/planta) con una media de 22844,2 kg y T3(4gr de hidrogel/planta) con 22837,5 kg. El tratamiento T2(2gr de hidrogel/planta) obtuvo 17366,6 kg y el peor fue el testigo T1(0gr de hidrogel/planta) con una media de 11921,6 kg/ha.
10. El uso de hidrogel con una dosis de 4gr por planta son suficientes y es la mejor dosis para obtener buenos resultados en cuanto al crecimiento vegetativo como porcentaje de prendimiento, altura de planta, numero de frutos, peso de frutos y rendimiento, ya que por encima de esta dosis no se presenta diferencias altamente significativas en cuanto a estos parámetros medidos.
11. Finalmente, respecto a la variable análisis económico, el tratamiento con el que se obtiene el mejor beneficio fue el T3(4gr de hidrogel/planta) con un B/C de 1,3, seguido de T2(2gr de hidrogel/planta) con un B/C de 1,1. Esto quiere decir que por cada unidad de costo se obtiene 1,3 y 1,1 de beneficio. T1 con 0gr de hidrogel presenta el B/C más bajo con 0,9 debido al bajo rendimiento que obtuvo y T4 con la mayor dosis de hidrogel (6gr) obtuvo un B/C de 0,9 debido al alto costo del hidrogel usado con esta dosis. Lo que sugiere que estos tratamientos no son rentables para ser implementados en la zona de estudio.
12. Se acepta la hipótesis alternativa, ya que si existen diferencias entre los tratamientos en todas las variables observadas.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el desarrollo indispensable de las labores culturales en el seguimiento de las etapas para obtener un buen crecimiento de las plantas, mejorando de esta manera su producción.
- Aplicar hidrogel en el cultivo de pimiento en la variedad Quimba permite incrementar en el crecimiento y desarrollo a su vez, el suelo se mantenga húmedo y la planta lo asimile de acuerdo a sus necesidades hídricas, es recomendable no aplicar el riego constantemente ya que el hidrogel inmoviliza grandes cantidades de agua, y el exceso de humedad puede favorecer a la aparición de enfermedades.
- En el cultivo de pimiento se debe aplicar el hidrogel antes del trasplante a una profundidad de 10cm por debajo o a un lado de la raíz, para integrarlo uniformemente con el suelo y evitar el estrés hídrico inicial.
- Aplicar hidrogel al cultivo de pimiento con una dosis de 4gr por planta son suficientes para obtener un buen desarrollo y rendimiento del cultivo, ya que dosis mayores llegan a tener un costo muy elevado y además puede saturar el suelo por exceso de humedad lo que provocaría asfixia radicular y podredumbre de raíces.
- El hidrogel sintético tiene una durabilidad de 3 a 5 años dependiendo de varios factores como su composición química, las condiciones ambientales y tipo de suelo. No se recomienda aplicar hidrogel en suelos con pH por debajo de 4 y mayor a 9, tampoco es recomendable exponer prolongadamente a temperaturas extremas ya que esto favorece a la degradación del gel más rápidamente.
- Se recomienda cultivar el pimiento híbrido Quimba debido a su adaptabilidad en el medio, y realizar investigaciones en otras zonas productoras con escasez de recursos hídricos para riego, y así validar los resultados obtenidos mediante este trabajo de investigación.