

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**



**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL USO DEL  
RECURSO HÍDRICO APLICANDO MÉTODOS DE RIEGO  
CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES,  
EN CULTIVOS DE MAÍZ PACHÍA  
(ZEA MAYS), EN EL DISTRITO  
LA YARADA-LOS PALOS  
TACNA-2021”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ELENA ANTOINETTE HERRERA HUME  
Bach. GIANMARCO ENRIQUE PRADO GUTIERREZ**

**TACNA-PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL USO DEL  
RECURSO HÍDRICO APLICANDO MÉTODOS DE RIEGO  
CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES,  
EN CULTIVOS DE MAÍZ PACHÍA  
(ZEA MAYS), EN EL DISTRITO  
LA YARADA-LOS PALOS  
TACNA-2021”**

Tesis sustentada y aprobada el 24 de junio del 2022, estando el jurado calificador integrado por:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>:</b>	<b>Dr. RICHARD SABINO LAZO RAMOS</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>:</b>	<b>Mag. CARMEN ROSA ROMÁN ARCE</b>
<b>VOCAL</b>	<b>:</b>	<b>Mag. GERMAN MAMANI AGUILAR</b>
<b>ASESOR</b>	<b>:</b>	<b>Mag. MARISOL MENDOZA AQUINO</b>

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Elena Antoinette Herrera Hume, identificada con documento de identidad 70653096 y Gianmarco Enrique Prado Gutiérrez identificado con documento de identidad 70409910, en calidad de: Bachilleres en Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: *“Evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (Zea mays), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2021”* la cual presentamos para optar el *Título Profesional De Ingeniero Ambiental*.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas
3. La tesis presentada no atenta contra los derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad presentada.

En consecuencia, me hago responsable, frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagia, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestras se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 02 de diciembre del 2022



Bach. Elena Antoinette Herrera Hume  
Gutierrez

DNI: 70653096



Bach. Gianmarco Enrique Prado

DNI: 70409910

## DEDICATORIA

*A Dios, por ser luz de bendiciones a mi caminar en esta dimensión académica.*

*A mis padres, su apoyo continúa siendo el más importante, aparte de Dios, de mi lucha para lograr el éxito.*

Bach. Elena Antoinette Herrera Hume

Bach. Gianmarco Enrique Prado Gutierrez

## **AGRADECIMIENTO**

*A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por su didáctica en el logro del aprendizaje de esta importante carrera profesional.*

Bach. Elena Antoinette Herrera Hume

Bach. Gianmarco Enrique Prado Gutierrez

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2 Problemas específicos.....	4
1.3 Justificación de la Investigación .....	5
1.4 Objetivos.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos .....	6
1.5 Hipótesis.....	6
1.5.1 Hipótesis General .....	6
1.5.2 Hipótesis específicas .....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO.....	7
2.1 Antecedentes del estudio.....	7
2.2 Bases teóricas .....	13
2.2.1 Recurso hídrico.....	13
2.2.2 El estrés hídrico .....	14

2.2.2.3 Balance hídrico para el cultivo de maíz .....	15
2.2.3 El hidrogel agrícola .....	18
2.2.4 Método de irrigación: riego por goteo solar .....	24
2.2.5 Cultivo del Maíz .....	26
2.2.6 Distrito de La Yarada-Los Palos.....	30
2.3 Definición de términos .....	33
CAPÍTULO III. MARCO METODOLOGICO .....	37
3.1 Tipo y nivel de investigación .....	37
3.2 Ubicación del campo experimental .....	37
3.2.1 Ubicación geográfica .....	38
3.3 Población y/o muestra de estudio .....	38
3.3.1 Población.....	38
3.3.2 Muestra.....	38
3.4 Operacionalización de variables .....	39
3.4.1 Planteamiento del esquema experimental .....	39
3.5 Procesamiento y análisis de datos.....	41
3.5.1 Materiales .....	41
3.5.2 Instrumentación .....	42
3.5.3 Material biológico.....	42
3.6 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	42
3.6.1 Planteamiento del esquema experimental para ejecución.....	42
3.6.2 Caracterización fisicoquímica del suelo y condiciones climatológicas en La Yarada los palos. ....	43
3.6.3 Implementación de dos sistemas de riego convencionales (gravedad y goteo) y no convencionales (goteo solar e hidrogel agrícola) en La Yarada los palos.....	44
3.6.4 Implementación del sistema de riego por goteo en el cultivo de maíz ecotipo Pachia 46	
3.6.5 Implementación del sistema de uso de hidrogel hidratado para el cultivo de maíz Pachía. ....	47



3.6.6 Implementación del sistema de riego por goteo solar en el cultivo de maíz Pachia.....	47
3.6.7 Siembra de testigos semillas de maíz Pachía .....	48
3.6.8 Determinación del efecto de las características morfológicas en el cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales. 48	
3.6.9 Determinación del efecto de humedad del suelo del cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales.....	49
3.7 Procesamiento estadístico .....	49
CAPITULO IV. RESULTADOS .....	50
CAPITULO V. DISCUSIONES .....	57
CONCLUSIONES .....	62
RECOMENDACIONES .....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
ANEXOS .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Marco normativo sobre el uso de los recursos hídricos .....	13
Tabla 2. Métodos de riego para mitigar los efectos del estrés hídrico.....	15
Tabla 3. Coeficiente de cultivo (Kc) .....	17
Tabla 4. Programación de riego para el cultivo de maíz Pachia .....	18
Tabla 5. Técnicas que se usan para las síntesis de hidrogel.....	19
Tabla 6. Ventajas y posibilidades de uso del riego por goteo solar.....	26
Tabla 7. Aspectos generales .....	30
Tabla 8. Explotación anual de aguas subterráneas .....	33
Tabla 9. Operacionalización de variables .....	39
Tabla 10. Distribución de los tratamientos por bloques aleatorizados .....	46
Tabla 11. Análisis de varianza para porcentaje de germinación (%) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía .....	50
Tabla 12. Análisis de varianza para altura de planta (cm) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachia .....	51
Tabla 13. Prueba de significación de Tukey de altura de planta (cm) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía .....	52
Tabla 14. Análisis de varianza para rendimiento total (t/ha) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachia. ....	53
Tabla 15. Prueba de significación de Tukey de rendimiento total (t/ha) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachia. ....	54
Tabla 16. Análisis de varianza para humedad del sustrato (%) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachia. ....	55
Tabla 17. Prueba de significación de Tukey de humedad del sustrato (%) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía .....	56
Tabla 18. Análisis del suelo del área experimental, Yarada los Palos ubicación las palmeras.....	72
Tabla 19. Temperaturas registradas en la Estación Meteorológica de La Yarada 2021 .....	73
Tabla 20. Frecuencia de aplicación de riego del experimento para sistemas de riego convencional y no convencional.....	74
Tabla 21. Resultados del análisis de infiltración realizada en la ubicación I .....	75
Tabla 22. Resultados del análisis de infiltración realizada en la ubicación II .....	76

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Hidrogel deshidratado (a la izquierda), Hidrogel hidratado (a la derecha) .....	20
Figura 2. El cultivo sin hidrogel y al frente el cultivo con hidrogel.....	22
Figura 3. Cultivo sin hidrogel (vista del suelo).....	23
Figura 4. Cultivo con hidrogel (vista del suelo).....	23
Figura 5. Figura del kondenskompressor.....	25
Figura 6. Disposición de las dos botellas del Konkom indicando los parámetros y variables de su funcionamiento.....	25
Figura 7. Fases fenomenológicas del maíz.....	29
Figura 8. Cuenca del Rio Caplina .....	31
Figura 9. Ubicación del distrito “La Yarada”- Los Palos.....	37
Figura 10. Esquema experimental del experimento .....	40

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	69
Anexo 2. Formato de monitoreo de campo .....	71
Anexo 3. Análisis de suelos .....	72
Anexo 4. Temperaturas registradas .....	73
Anexo 5. Frecuencia de aplicación .....	74
Anexo 6. Resultados de análisis .....	75
Anexo 7. Resultados de análisis de infiltración .....	76
Anexo 8. Norma Técnica Peruana .....	77

## RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo: Realizar una evaluación comparativa entre sistemas de riego, dos convencionales (gravedad y goteo) y dos no convencionales (goteo solar e hidrogel), con respecto al uso eficiente del recurso hídrico en riego de cultivos de *Zea mays*, en el Distrito La Yarada-Los Palos de la ciudad de Tacna. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), y utilizando el siguiente factor: Factor A: sistemas de riego convencionales (goteo y gravedad) y no convencionales (goteo solar e hidrogel). Las variables de estudio evaluadas fueron: porcentaje de germinación (%), el cual no tuvo un efecto significativo con un valor probabilístico de 0,46; altura de planta (cm) con una diferencia estadística de 0,00 demostrando que los sistemas de riego tuvieron influencia directa y; porcentaje de humedad (%) que fue altamente significativo con un valor de 0,00 demostrando una influencia directa; rendimiento (t/ha) con una diferencia estadística altamente significativo de 0.00 demostrando que influyeron en el fruto. El análisis de varianza (ANAVA) realizado a todas las mediciones de crecimiento dio significativo para los niveles del Factor A, El ANAVA realizado a las variables del rendimiento y sus principales componentes dio significativas para los niveles del Factor A. De los 4 tratamientos evaluados, el tratamiento hidrogel (sistema de riego no convencional) indujo al mayor rendimiento con una producción de 28,11 t/ha de maíz Pachía.

**Palabras claves:** Balance hídrico, cultivos, sistemas de riego, uso eficiente.

## ABSTRACT

The objective of the study was: To carry out a comparative evaluation between irrigation systems, two conventional (gravity and drip) and two non-conventional (solar drip and hydrogel), with respect to the efficient use of water resources in irrigation of Zea mays crops, in the La Yarada-Los Palos District of the city of Tacna. A randomized complete block design (DBCA) was used, and using the following factor: Factor A: conventional irrigation systems (drip and gravity) and non-conventional (solar drip and hydrogel). The study variables evaluated were: germination percentage (%), which did not have a significant effect with a probabilistic value of 0,46; plant height (cm) with a statistical difference of 0,00 demonstrating that the irrigation systems had a direct influence and; moisture percentage (%) that was highly significant with a value of 0,00 demonstrating a direct influence; yield (t/ha) with a highly significant statistical difference of 0,00 demonstrating that they influenced the fruit. The analysis of variance (ANAVA) performed on all growth measurements was significant for the levels of Factor A, The ANAVA performed on the yield variables and their main components was significant for the levels of Factor A. Of the 4 treatments evaluated, the hydrogel treatment (unconventional irrigation system) induced the highest yield with a production of 28,11 t/ha of Pachía corn.

**Keywords:** Water balance, crops, irrigation systems, efficient use.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo: Realizar una evaluación comparativa entre sistemas de riego, dos convencionales (gravedad y goteo) y dos no convencionales (goteo solar e hidrogel), con respecto al uso eficiente del recurso hídrico en riego de cultivos de *Zea mays*, en el Distrito La Yarada-Los Palos de la ciudad de Tacna. Al respecto, el Distrito de La Yarada-Los Palos se encuentra ubicada a 20 km de la Ciudad de Tacna. Los principales problemas la escasez de agua y una mala gestión de recursos hídricos se suscita lamentablemente en La pampa de La Yarada-Los palos, que tiene registrada 6 500 hectáreas de cultivos; no obstante, existen muchas más que no se encuentran formalizadas, 20 mil hectáreas en total son las que tienen que ser irrigadas con agua subterránea, típico del sistema hidrográfico del Rio Caplina.

Según el Plan Estratégico Regional para Tacna 2015 – 2020, la cantidad de agua que se tiene proviene de las cuencas hídricas del Caplina, Uchusuma, Sama y locumba. El panorama hídrico es muy deficitario para abarcar las áreas aptas para cultivo, con una oferta de 13,13 m<sup>3</sup>/s, una demanda de 21,58 m<sup>3</sup>/s y un déficit de 8,45 m<sup>3</sup>/s. para 2007 y 18,10 m<sup>3</sup>/s para 2010. También se cuentan con el recurso hídrico subterráneo con una capacidad de 2,89 m<sup>3</sup>/s. Yarada Los Palos.

A esta situación hay que agregar el cambio climático, que está relacionada de forma estrecha con el crecimiento de estas cifras. Al respecto, este citado cambio está afectando los patrones de comportamiento del clima y así mismo a la disponibilidad de agua por fuentes naturales (Obregón et al., 2008). En ese sentido, tal situación en el contexto de la región Tacna, se puede apreciar en las pampas de La Yarada Los Palos, donde los índices de las precipitaciones son nulos, el caudal de los ríos también se ve afectados. Asimismo, todos estos cambios al orden natural de los ecosistemas hacen que la posible situación de desertificación, el cual es el proceso de degradación ambiental más preponderante que amenaza a los ecosistemas de la región de Tacna. A esto se suma la intrusión marina por la excesiva extracción de agua, lo cual causa el quiebre del balance natural haciendo el agua del mar por efecto de potencial ingresa a campos agrícolas contaminándolos con sal y convirtiéndolos incultivables.

En la actualidad existen nuevas tecnologías para el uso eficiente de los recursos hídricos; por ello resulta indispensable precisar la perentoria necesidad de realizar las investigaciones correspondientes para revertir estos efectos ocasionados por el cambio climático, que permita un equilibrado ecosistema en a pesar de las condiciones externas que lo puedan afectar como lo expuso el Director de la Autoridad Administrativa del Agua, Ronal Fernández Bravo, en la mesa técnica “El acuífero en debate” que organizo el ANA en el año 2013, donde indicó que, en el año 1967, se extrajeron 13 millones de metros cúbicos, en los estudios del mismo año indico que había una explotación de 112 millones de metros cúbicos, y solo hay autorización para la explotación de 55 millones de metros cúbicos.

Por lo antes referido, el presente trabajo de investigación busca implementar nuevos sistemas de riego para la región de Tacna y; específicamente, para las pampas de La Yarada Los Palos, donde se busca la optimización del uso del recurso hídrico, ya que es perentorio la ampliación de áreas de cultivo. A razón de ello se pretende optar por sistemas de riego no convencionales lo cual podrían mejorar el uso de agua y beneficios a la comunidad de agricultores de La Yarada los palos.



## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

En el contexto internacional, es preponderante elevar la producción en materia de agricultura tal como lo establece los diferentes organismos internacionales como es por ello, se le da relevancia a que se promueva el uso de los sistemas de riego no convencionales, como el uso de hidrogel agrícola y riego por goteo solar, que permite la optimización del uso del agua como alternativa para afrontar la escasez hídrica que afecta a los diferentes cultivos.

A nivel nacional, en la región Tacna se encuentra el Distrito de La Yarada-Los Palos, que es el mayor productor de olivo del país; no obstante, tiene como principales problemas la escasez de agua y una mala gestión de recursos hídricos. La pampa de La Yarada-Los palos tiene registrada 6500 hectáreas de cultivos, sin embargo, existen muchas más que no se encuentran formalizadas, 20 mil hectáreas en total son las que tienen que ser irrigadas con agua subterránea, típico del sistema hidrográfico del Río Caplina. La Autoridad Nacional del Agua autorizó la explotación de 108 pozos; no obstante, existen más de 400 pozos siendo explotados, esta proliferación de pozos subterráneos entre formales e informales ha llevado a cabo una sobreexplotación del recurso hídrico y la reserva de este mismo ha comenzado a disminuir. Estudios preliminares revelan un descenso del acuífero que va entre 60 centímetros y un metro 20. A ello se suma siete kilómetros de intrusión marina.

El Director de la Autoridad Administrativa del Agua, Ronal Fernández Bravo, expuso en la mesa técnica “El acuífero en debate” que organizó el ANA en el año 2013, que en el año 1967 se extraían 13 millones de metros cúbicos, en los estudios del mismo año indicó que había una explotación de 112 millones de metros cúbicos, y solo hay autorización para la explotar 55 millones de metros cúbicos.

El representante del Programa Subsectorial de Irrigación, Ovaldo Espinoza Ordóñez, señaló que en La Yarada no solo hay explotación ilegal del líquido, también el recurso es desperdiciado. De 10 litros solo aprovechan 4. No es factible regar por inundaciones terrenos que son arenosos.

Una de las propuestas del debate fue la tecnificación del riego que ahorraría la dotación, pero demanda inversión, aproximadamente cinco mil dólares por hectárea.

Las consecuencias ambientales de la problemática hídrica en los campos de cultivo, es que se reduciría el cultivo de diferentes productos vegetales, o en todo caso como hay escasez de agua, probablemente se hará el riego con aguas residuales que para los consumidores de los productos vegetales a corto o a largo plazo puede provocarles enfermedades.

La escasez de agua puede hacer desaparecer especies vegetales. La escasez de agua no permite el desarrollo de los cultivos. Se suscita la contaminación del suelo por la utilización de aguas residuales. El suelo se degrada por uso de aguas contaminadas o aguas residuales. Los escasos del agua generan pérdidas de producciones agrícolas. Los escasos del agua generan pérdida de biodiversidad, como ejemplo se tiene la extinción de especies vegetales. La escasez del recurso hídrico puede generar tormentas de polvo, por la desertificación y erosión.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo es la evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2021?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a. ¿Cuál es el efecto de las características morfológicas en el cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales?
- b. ¿Cuál es el efecto de humedad del suelo del cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales?

### **1.3 Justificación de la Investigación**

#### **1.3.1 Justificación social**

El presente estudio se justifica desde el punto de vista social, ya que al evaluar la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna, mejorará la producción del maíz y los agricultores podrán elevar sus ventas, y les generará rentabilidad, y eso les permitirá mejorar la calidad de vida.

#### **1.3.2 Justificación económica**

El presente estudio se justifica desde el punto de vista económico ya que, al evaluar la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna, mejorará la producción del maíz y los agricultores podrán elevar sus ventas.

#### **1.3.3 Justificación ambiental**

El presente estudio se justifica desde el punto de vista ambiental ya que, al evaluar la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna, se reducirán los impactos ambientales negativo por aspectos ambientales relacionados al consumo del agua.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Comparar la evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2021.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- a. Determinar el efecto de las características morfológicas en el cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales.
- b. Determinar el efecto de humedad del suelo del cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis General**

Existe diferencia significativa entre la evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2020.

### **1.5.2 Hipótesis específicas**

- a. El efecto de las características morfológicas en el cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales, es significativo.
- b. El efecto de humedad del suelo del cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales, es significativo

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

#### 2.1.1 Estudios a nivel internacional

Akhter et al. (2004) investigaron el estudio “Efectos de la enmienda de hidrogel sobre el almacenamiento de agua de suelos franco arenosos y francos y crecimiento de plántulas de cebada. Los estudios corroboraban al hidrogel como agente que podría hacer la reducción del estrés hídrico y el mejoramiento de la supervivencia, aumento de la biomasa y su crecimiento en condiciones de sequía en especies vegetales, temiendo en cuanto su variedad en grado sumo. Un ensayo se desarrolló en el Instituto Nuclear para la agricultura y Biología. Las plantas de las especies *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L. y *Cicer arietinum* L., se utilizaron y se determinó que el hidrogel en una concentración de 0,3% es capaz de la mitigación de las consecuencias del estrés hídrico, debido a que retrasó el tiempo de marchitamiento hasta cinco días más con relación al testigo. Es fundamental referir que no tuvo ningún impacto durante la germinación el uso de hidrogel.

Nazaril et al. (2010) El efecto del estrés hídrico y el polímero en la eficiencia del uso del agua, el rendimiento y varios rasgos morfológicos de la lluvia solar en condiciones de invernadero En 2007, hasta tres veces, aumentó la producción de semillas de *Helianthus annuus* con relación al testigo tanto en situación de riego tradicional como en condiciones de estrés hídrico cuando se aplicó 2,25 y 3 /kg de suelo, este estudio consideró las bases para el desarrollo de nuevas dinámicas de riego que faciliten la economía del agua, y; de esta manera se contribuya a las políticas de ahorro de tan importante líquido que se define a nivel mundial, adicionalmente mejora, en zonas semiáridas y áridas la agricultura.

Dorraji et al. (2010) Concluyeron que, con la aplicación de 225 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel en plantas de *Zea mays* sp., se presentó la reducción de las consecuencias del estrés hídrico, debido a que influía de manera positiva al aumento de biomasa e hizo la optimización del uso del agua en el cultivo en dos tipos de suelo diferente (franco arenoso y limoso). Adicionalmente, indicó que el

hidrogel contribuye a la mitigación del estrés salino, entonces sería un valioso aditamento para garantizar el éxito de los programas de riego que se ejecutó en zonas semiáridas y áridas y semiáridas.

Idrobo et al. (2010) investigaron el estudio “Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos”, artículo científico publicado en la Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, núm. 9, enero-diciembre, 2010, pp. 33-37 Universidad del Valle Cali, Colombia. Se desarrolló tres tratamientos y tres repeticiones, con composiciones variables de polímero, T1 (23 %), T2 (30,7 %) y T3 (15,38 %), con relación a un peso permanente de arena ( $130 \pm 0,1$  g). Los resultados hicieron notar que el T2 cuando se hizo el tratamiento evidenció, en el cultivo, mejor rendimiento, y el agua tuvo una menor pérdida y diferencias significativas ( $p=0,002$ ) a favor del mismo tratamiento. El estudio concluyó que existe un aumento de la retención de humedad del suelo arenoso en cuanto a su eficiencia cuando se incrementa la concentración de hidrogel, mejora la dosificación del fertilizante lo que le da mayor tiempo de que se capte los nutrientes a la planta y de esta manera aprovecharlos. El hidrogel tiene una capacidad alta para la retención de la humedad del suelo, y probablemente, en el sector agrícola, pueda aprovecharse con la finalidad de que tenga un eficiente uso el agua, es también un preponderante complemento para los suelos con niveles de drenaje naturales altos y pobres en nutrientes.

Montemayor et al. (2012) investigaron el estudio “Producción de maíz forrajero en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Duango, México., artículo científico de la revista Agrociencia vol. 46 no.3 Texcoco. En el estudio se evaluó los retenedores de humedad edáfica y su impacto en el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz (*Zea mays* L. sp) en la Comarca Lagunera. El objetivo del estudio fue la identificación del efecto de las heterogéneas concentraciones de Hidrogel y biocomposta, como fuentes de retención de humedad en el suelo, en el crecimiento del cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). En el área de la Uruza-UACH en Bermejillo el estudio se ejecutó, ahí se desarrolló un experimento en Bloques al azar en un arreglo de parcelas que se dividieron, donde los grandes terrenos fueron las dosis de hidrogel (0, 12,5 y 25 Kg ha<sup>-1</sup>) y los pequeños terrenos fueron las dosis de biocomposta (0 y 20 Ton ha<sup>-1</sup>). El estudio concluyó que, en el hidrogel, en cualquiera de las dosis aplicada de hidrogel (12,5 y 25 Kg ha<sup>-1</sup>) elevó de manera significativa la mayor parte de los componentes de la planta en cuanto a su crecimiento y desarrollo del maíz (altura, grosor de tallo, largo y ancho de hoja).

Flores (2016) investigó “Estudio del uso de botellas plásticas recicladas (PET) en el riego por goteo solar y su aplicación en la forestación”, tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Se estableció la idea de reforestación en el país de Bolivia; sin embargo, no hubo una campaña para el cuidado ni mantenimiento de estos y las plantas entraron a un estrés hídrico en las épocas de sequía; entonces, cuatro tratamientos se trazaron con la misma metodología, pero variaciones técnicas. T1(botella de 2,5 l y depósito de 0,5 l), T2(2 botellas de 2,5 l y depósito de 0,5 l), T3(botella de 5 l y depósito de 3 l) y T4(testigo). Los resultados determinaron que se consiguió que T3 tuvo una mayor tasa de evaporación con 85.09ml por semana; adicionalmente, de una resistencia de 1.1867 mega-ohmios y 26.9% de Hg en 10 cm de profundidad y 1.30 mega-ohmios y 26,58 % de Hg a 15cm de profundidad; por consiguiente, fue más húmedo que los demás tratamientos.

La Evaluación comparativa de la eficiencia técnica de los sistemas de riego de brinzales, se presentaron en la sociedad española de ciencias forestales, donde las variables de entrada sería el coste unitario de cada sistema y como variable de salida la eficiencia de estas mismas, donde se compara los sistemas de riego del mercado y se consideró los sistemas convencionales.

Del Río (2018) elaboró el estudio “Revisión y evaluación técnico-económica de los sistemas de Micro-riego usados en la repoblación forestal”, en la Universidad de Valladolid”, tesis doctoral de la Universidad de Valladolid, España. Se realizó una meticulosa revisión de los diferentes sistemas de micro-riego forestal que existen, los clasifica de acuerdo a la eficiencia técnica y sus principios hidráulicos, con un modelo matemático con el propósito de conseguir el umbral de marras y; de esta manera, se pueda hacer la determinación que resulte ventajoso el micro-riego desde el punto de vista económico frente a los tradicionales. El modelo referido se informatiza y aplica una agrupación de casos de estudio de repoblación y, de esta manera se pueda realizar el análisis de su utilidad. Sobresalieron en cuanto a los métodos de riego, los catorce heterogéneos sistemas y específicos de micro-riego forestal que pueden tener una clasificarse en cinco grupos, lo que atiende al fundamento de entrega de agua que utilizan: presión, infiltración, hidrostática, capilaridad, diferencia de potencial hídrico, y destilación solar y la clasificación próxima de acuerdo a la eficiencia técnica de cada una continúa siendo mucho más eficiente que los sistemas clásicos de irrigación para los brinzales.

Bosco (2012) investigaron el estudio “Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo para el cultivo del pepino en el área convencional” en la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ ESPAM – MFL, Ecuador. El estudio concluyó que, para el diseño Agronómico, se consideró las condiciones climáticas donde se promedió los requerimientos hídricos del cultivo, y las reservas de agua fácilmente disponibles para que se cultive el cultivo de pepino; y se determinó que los intervalos de riego es dos días y el tiempo de riego es de una hora. El caudal necesario en lo hidráulico para una lateral porta goteros es de 236,25 litros/hora y la presión necesaria es de 14,22 PSI. Los costos implicados en el diseño e implementación del sistema de riego fueron de \$ 2 080,33 los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: Materiales \$1 810.35, Mano de obra \$ 150, imprevisto \$ 120.

Olvera et al. (2014) investigaron el estudio “La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos. Estudio de caso en Chihuahua, México”. El estudio se desarrolló en el Distrito de Riego 005, Delicias, Chihuahua. Se usó el método comparativo para dos escenarios: el antes, en el año 2003, como la condición previa a la tecnificación del riego, que se caracteriza por una superficie con riego por gravedad, y el después en 2012-2013, en la superficie con riego tecnificado. Los resultados muestran aproximadamente 63 454 dam<sup>3</sup> de agua y una producción, en ahorros marginales.

Flores-Gallardo et al. (2014) investigaron el estudio “Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario”, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 5, núm. 2, febrero-marzo, 2014, pp. 241-252 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México. Los autores, entre sus conclusiones, indicaron que, en México, la disponibilidad de agua en zonas áridas y semiáridas es altamente crítica. El sector agrícola necesita de grandes volúmenes de agua para que satisfaga los requerimientos hídricos de los cultivos. la mayor parte de las zonas agrícolas cuentan con tecnología de riego inadecuada que produce pérdidas en la conducción y distribución del agua, a pesar de la adquisición de sistemas de riego para tener un manejo eficiente del agua. El riego por gravedad tiene una eficiencia baja a nivel parcelario en su aplicación y, además, no existe una programación y medición del riego para que satisfaga las demandas de los cultivos en términos de oportunidad y eficiencia. Las técnicas de conservación



del agua en riego por gravedad que se evaluaron fueron las siguientes: riego por reducción de gasto, riego en camas, riego por surcos alternos y riego convencional.

Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible (2013) Tres casos desarrollaron el más un caso testigo, cuyo caso refiere de que, al plantín, se le incluye de manera directa al suelo, pero en el que se le puso hidrogel a lado de las raíces del plantín. Y, en 50 gramos, el hidrogel se disolvió en un litro de agua para cada plantín. El hidrogel se colocó en forma de “corona” cuando la superficie fue plana y en forma de “media luna”, en la parte más alta cuando la superficie estaba en pendiente con el hidrogel que la humedad puede ser aprovechada por las raíces de la planta. Este caso se utilizó en zonas de sequedad extrema como Chincha y Chanchamayo. En Chanchamayo, los resultados determinaron un promedio, mensual de captación de 20 l.; no obstante, los resultados en el escenario de Chincha, en verano, no existían por la extrema insolación, los resultados fueron de equivalente forma de insuficiente en Piura.

### **2.1.2 Estudios a nivel nacional**

Velasco (2013) investigó "Evaluación de uniformidad y eficiencia de riego en tres módulos de riego por aspersión en el cultivo del cacao, en el sector de Maranniyoc- Echara Ti", en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Quillabamba. El presente estudio fue de campo. Y se determinó que el aspersor VYR 35, es el que obtuvo un coeficiente de uniformidad de 84,85 %, superior a los aspersores VYR 37, VYR 70 con coeficientes de 77,85 %, y 80,05 % respectivamente, encima del nivel de especificación técnica de fabricación que tiene un coeficiente de 83, 2. Con un promedio de 38,44 %, el modelo de aspersor VYR 35, tiene mayor eficiencia de aplicación siendo superior a los aspersores VYR 37 y VYR 70 que presentan promedios de 29,16 % y 30,51 % respectivamente. La frecuencia de riego para el cultivo de cacao CCN 51 tipo de cacao injertado es de 11 días. Fue de tres con un tiempo de riego de tres horas y media el número de riegos por mes lo mismo que tienen que ser en horas de la mañana desde las seis o siete de la mañana o por la tarde a partir de las diecisiete horas. El elevador del aspersor debe ser de un metro y medio, ya que el cultivo en estudio no supera los tres metros y el chorro de altura de agua es de 2,4 m.

Cahua (2020) investigó el estudio “Evaluación del Sistema de Riego por Aspersión Huancasayani Ñacoreque y su Relación Producción Agrícola En Cuyocuyo – Sandía”, en la Universidad Nacional del Altiplano. Se utilizó como instrumentos, como el cuestionario y la guía de análisis documental para aplicarlos en tres sectores (Ñacoreque Chico, Ñacoreque Grande y Huancasayani). Para después hacer la ubicación de las parcelas, donde se realizó la evaluación de eficiencia de riego para que se pueda hacer la determinación del coeficiente de uniformidad. Los resultados mostraron que en el sector Huancasayani Ccumuni tiene un total de 15 % hectáreas con riego y un 85 % sin riego. Existe un total de 15,80 % de hectáreas con riego en el Sector Ñacoreque Grande y un 84,20 % sin riego, y existe un total de 16,80 % de hectáreas con riego en el Sector Ñacoreque Chico y un 83,20 % de hectáreas sin riego; en la evaluación en una parcela sobre la eficiencia de aplicación de riego para cultivos de pan llevar y se consiguió la definición de la eficiencia de aplicación de riego con mayor aprovechamiento hídrico fue en las primeras horas de la mañana, con un coeficiente de uniformidad de 77,9 % y una eficiencia de aplicación de un 70,7 %.

### **2.1.3 Estudios a nivel regional**

(Parihuana, 2011) investigó el estudio “Factores que inciden en el déficit hídrico, para la producción en la Yarada” en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. El estudio trata sobre cuál es la percepción de los agricultores acerca del problema de la escasez del recurso hídrico, para lo cual se hizo la identificación dentro de otros factores las estrategias de gestión y su eficiencia que desarrollan los agricultores con relación al recurso hídrico. Se utilizó la guía de observación. El estudio concluyó que del total de área examinada: 380,90 hectáreas; el 62,64% de los agricultores riegan por gravedad; 23,08% usan riego tecnificado y un 14,28% practican una combinación de riego por gravedad y parte con riego tecnificado, lo cual indica que efectivamente un mayor porcentaje usa un sistema de riego de menor eficiencia (entre 30 y 50% de eficiencia) como parte de la gestión del uso de este recurso que incide en el déficit. En los sistemas de conducción, el 75,82% de agricultores usan canales abiertos, 19,78% por tuberías de PVC, y un 4,40% hacen una combinación de ambas técnicas, mostrando menor eficiencia. De igual modo se determinó que los sistemas de derivación el 62,64% de agricultores practican mediante canales abiertos.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Recurso hídrico

#### 2.2.1.1 Definición

Un recurso es una materia prima o un bien que dispone de una utilidad en pos de un objetivo. Por lo general se trata de algo que satisface una necesidad o que permite la subsistencia. Hídrico, por su parte, es aquello que está vinculado al agua Goicochea (2016).

#### 2.2.1.2 Marco normativo sobre el uso de los recursos hídricos

A continuación, podemos observar en la Tabla 1 el marco normativo sobre el uso de los recursos hídricos:

**Tabla 1**

*Marco normativo sobre el uso de los recursos hídricos*

Nro.	Normas
1	Ley de Recursos Hídricos LEY N° 29338, marzo 2009
2	Reglamento de la Ley de recursos Hídricos Ley Nro. 29338 enero 2010
3	LEY QUE MODIFICA LA LEY 29338, Ley de Recursos Hídricos, Mediante el Establecimiento de los Criterios Técnicos para la identificación y delimitación de las cabeceras de cuenca agosto 2017
4	Aprueban Reglamento de la Ley N° 28585, Ley que crea el Programa de Riego Tecnificado
5	Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

*Nota.* Diario Oficial "El Peruano" (2009)

## **2.2.2 El estrés hídrico**

### **2.2.2.1 Definición**

El estrés es producto de todo factor externo que influye o afecte a la planta y que puede restringir el funcionamiento de la misma.

Pueden presentar signos de estrés todos los plantes, ya sea durante pocos minutos, días, semanas o meses. Está en función del balance del agua que absorben del suelo y la que pierden por transpiración el estado hídrico de las plantas. Por consiguiente, si la transpiración es excesiva puede causar un déficit, que dependiendo del tiempo y de la intensidad que dure puede incidir de manera negativa en las plantas Goicochea (2016).

Diversos tratadistas han hecho varios estudios sobre el estrés hídrico y la información que brindaron se ha tratado con mayor énfasis en niveles moleculares y también la mayoría de los estudios se enfocaron a especies de importancia comercial Diaz & Esteller (2005).

Cabe indicar que causa la disminución en el tamaño de las hojas, raíces y afecta el estrés hídrico y de manera negativa afecta al crecimiento en general de las plantas. Los estudios evidenciaron que el daño que el estrés hídrico que causa en las hojas jóvenes y en su desarrollo es bastante más apreciable que en aquellas hojas maduras y que están desarrolladas de manera completa. Si se somete a estrés hídrico a plantas recién germinadas causa su muerte en cuestión de días. Lamentablemente, los efectos del cambio climático causan un gran impacto en el sector agrícola, ya que se van modificando los regímenes de temperatura y precipitación y con ello hace que los cultivos enfrenten condiciones ambientales difíciles Diaz & Esteller (2005).

### 2.2.2.2 Métodos de riego para mitigar los efectos del estrés hídrico

Como se sabe los efectos del estrés hídrico, mayormente, son negativos para la producción forestal y agrícola. Al mismo tiempo se han desarrollado nuevas metodologías y tecnologías, descritos en la tabla 2, que hace que se mitiguen estas consecuencias, entre las que sobresale, se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Métodos de riego para mitigar los efectos del estrés hídrico*

Métodos de riego	Contenido
El riego por goteo	Aumenta la eficiencia del riego, pero para llevarlo a cabo es necesario realizar una gran inversión económica, puesto que es necesaria la compra de equipos de riego por goteo antidrenante, un sistema de control de humedad de suelo, además de que se necesita un suelo de tipo arenoso.
La poda de rebaje	Al realizar la poda, disminuye la transpiración de la planta y por tanto, se reduce la pérdida de agua de la misma.
El uso de películas reflectantes	Disminuye la cantidad de energía que reciben la plantas y por tanto, previene que la temperatura en la planta aumente demasiado y comience a transpirar.
Riego deficitario controlado	Consiste en disminuir el riego en temporadas en las que las plantas son menos sensibles (temporada húmeda), para de esta manera tener agua almacenada para la época de sequía. Sin embargo, con respecto al uso de esta técnica, la información es escasa, por lo que aún no es posible determinar su efectividad o el momento oportuno para usarla.

*Nota.* Lesure (2005)

### 2.2.2.3 Balance hídrico para el cultivo de maíz

El balance hídrico se realiza según las necesidades hídricas del cultivo de maíz, para ello se dio uso de la temperatura registrada, humedad relativa y la precipitación. Para determinar la evapotranspiración de cultivo se usó el método

de (Hargreaves, 1985), este método necesita solo temperaturas y radiación solar y presenta un margen de fiabilidad aceptable para la determinación de la evapotranspiración de referencia siendo su fórmula la siguiente:

$$ET_0 = 0,0135 (T^{\circ}\text{med} + 17,78) R_s \quad (1)$$

Donde:

$ET_0$  = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

$t_{\text{med}}$  = temperatura media, °C

$R_s$  = radiación solar incidente, convertida en mm/día

Obtención de la Radiación Solar Incidente ( $R_s$ )

Samani (2000) propone la siguiente fórmula:

$$R_s = R_0 * K_T * (t_{\text{max}} - t_{\text{min}}) 0,5 \quad (2)$$

Donde:

$R_s$  = Radiación solar incidente

$R_0$  = Radiación solar extraterrestre

$K_T$  = coeficiente

$t_{\text{max}}$  = temperatura diaria máxima

$t_{\text{min}}$  = temperatura diaria mínima

Puesto que los valores de  $R_0$  están tabulados y las temperaturas máximas y mínimas son datos empíricos relativamente fáciles de obtener, la dificultad para aplicar esta sencilla expresión la encontramos en el coeficiente  $K_T$ .

Para evaluar la Radiación Solar Extraterrestre ( $R_0$ ) existen varias tablas, todas ellas en función de la latitud y del mes. Al final de este documento se incluye la tabla de  $R_0$  de Allen. La tabla original está en  $\text{Mes}/\text{m}^2/\text{día}$ , aquí la presentamos en mm/día (de agua evaporada).

El coeficiente  $K_T$  de la expresión es un coeficiente empírico que se puede calcular a partir de datos de presión atmosférica, pero Hargreaves (Samani,

2000), recomienda  $K_T = 0,162$  para regiones del interior y  $K_T = 0,19$  para regiones costeras.

Para determinar la evapotranspiración de cultivo se utilizó la siguiente fórmula:

Donde:

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (3)$$

$ET_c$  = evapotranspiración de cultivo.

$K_c$  = coeficiente de cultivo.

$ET_o$  = evapotranspiración potencial o de referencia.

El Coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) se extrajo de la guía para la determinación de la evapotranspiración de cultivo de la FAO edición 56. En la tabla 3 nos indican los  $K_c$  para el cultivo de maíz y en la tabla 4 observamos la programación de riego según el  $K_c$  para cada mes.

**Tabla 3**

*Coeficiente de cultivo ( $K_c$ )*

DIAS	$K_c$
0	0,6
48	1,2
81	1,2
104	0,6

*Nota.* FAO (2004)

**Tabla 4***Programación de riego para el cultivo de maíz Pachia*

Mes	DDS	KC	CC (mm)	PMP (mm)	PW (mm)	Riego (mm)	Balance (mm)
Enero	31	0,82	34,38	14,31	24,35	3,94	29,77
Febrero	59	1,14	34,38	14,31	24,35	6,09	29,53
Marzo	90	1,16	34,38	14,31	24,35	5,5	30,04
Abril	104	0,77	34,38	14,31	24,35	2,15	29,19

*Nota.* De acuerdo a la tabla 4, para hallar el requerimiento de riego en la planta adicionalmente se requiere de coeficiente del cultivo (Kc), capacidad de campo (CC), punto de marchites permanente (PMP), umbral de riego (Pw) y el balance hídrico para determinar finalmente el riego que requiere el cultivo durante todo su periodo.

### 2.2.3 El hidrogel agrícola

#### 2.2.3.1 El hidrogel como metodología para la mitigación de los efectos del estrés hídrico

##### a) Definición

Son polímeros hidrófilos, elásticos, blandos y, en presencia del agua, se pueden expandir, incrementándose de manera considerable su volumen, pero puede mantenerse su forma, mientras que en estado deshidratado (xerogel) son cristalinos. Cabe resaltar que se produce la capacidad del hidrogel de absorber agua, porque en su estructura se encuentran grupos funcionales hidrófilos, y por las fuerzas de cohesión producidas por el entrecruzamiento de sus moléculas se debe su resistencia a la disolución. Es fundamental indicar que estas fuerzas de cohesión son por los heterogéneos tipos de interacciones como pueden ser: electrostáticas, hidrófobas, interacciones dipolo-dipolo o enlaces de hidrógeno (Ibrahim, 2021).



## b) Importancia

Es importante, debido a que la síntesis de hidrogel, se fundamenta principalmente en reacciones de copolimerización, en las cuales uno de los monómeros tiene carácter hidrófilo y el otro hidrófobo. Por tal situación, las técnicas que se usan para la síntesis pueden en dos vertientes. (Ibrahim, 2021)

## c) Técnicas que se usan para las síntesis de hidrogel

A continuación en la Tabla 5 se describen las técnicas para sintetizar hidrogel.

**Tabla 5**

*Técnicas que se usan para las síntesis de hidrogel*

Técnicas que se usan para las síntesis de hidrogel	Contenido
Polimerización en bloque	En el caso de la primera se añade un iniciador y un agente de entrecruzamiento a los monómeros, obteniendo de esta forma un polímero cristalino;
Polimerización en disolución	La síntesis se lleva a cabo en presencia de un disolvente y un agente entrecruzante para formar un gel solvatado

*Nota.* La tabla presenta las técnicas que se usan para la síntesis de hidrogel. Fuente: (FAO, 2011).

Cabe referir que se ha analizado la viabilidad como mecanismo para mitigar o eliminar los efectos del estrés hídrico en heterogéneas especies de plantas en las últimas décadas.

### 2.2.3.2 Hidrogel Agrícola

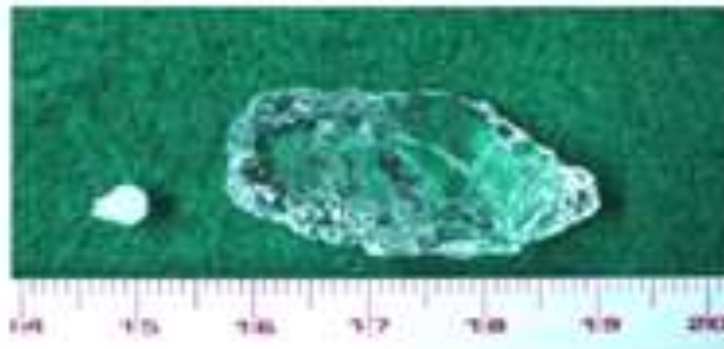
El Hidrogel es un polímero que absorbe agua frecuentemente su peso y le da de manera paulatina a las raíces de todo tipo de plantas. Este Polímero permite el mejoramiento de las condiciones del suelo, la descompactación, el contenido bacteriano, como la aireación, y de microflora del suelo. A parte de eso optimiza

la retención de humedad. Su aplicación puede reducir el uso de agua hasta en más del 50% en la agricultura, en invernaderos y viveros, en el sector forestal y en la arquitectura paisajista. Permite agregar los cristales de Hidrogel al terreno, se eleva el crecimiento, el rendimiento, y la supervivencia de las plantas Idrobo y Rodríguez (2010).

El Hidrogel es un polímero que absorbe agua cientos de veces su peso y la proporciona paulatinamente a las raíces de todo tipo de plantas. El producto mejora las características del suelo, como son la retención y disponibilidad del agua, la aireación, la descomposición el contenido bacteriano y de microflora del suelo. Su aplicación en la agricultura, en invernaderos y viveros, en el sector forestal y en la arquitectura paisajista puede reducir el uso de agua hasta en más del 50 <%. Agregando los cristales de hidrogel al terreno, se incrementa el rendimiento, el crecimiento y la supervivencia de las plantas. A continuación, se presenta la Figura 1, donde se observa al Hidrogel deshidratado (a la izquierda), Hidrogel hidratado (a la derecha).

Figura 1

*Hidrogel deshidratado (a la izquierda), Hidrogel hidratado (a la derecha)*



*Nota.* La Figura presenta el hidrogel deshidratado (a la izquierda), Hidrogel hidratado (a la derecha). (Concepto Ambiental, 2015)

### 2.2.3.3 Beneficios del uso de hidrogel agrícola

Los beneficios del uso del hidrogel agrícola son los siguientes:

- No permite que se pierda la cosecha por falta de agua.
- Permite la utilización como único sustrato para que crezca las plantas.
- Hace que se reduzca el uso de pesticidas (herbicidas, fungicidas).
- Permite la absorción de los fertilizantes solubles y los libera de manera lenta.
- Permite el incremento del crecimiento de las plantas.
- Permite el aumento del rendimiento en las cosechas.
- Hace que se reduzca la frecuencia de riego.
- Permite la reducción de la tensión de las plantas por falta de agua.
- Permite que se ahorre agua y disminuye las pérdidas por escorrentía y evaporación.
- Permite que se ahorre el abono.
- Esponja el terreno impidiendo la compactación de éste.
- Permite el favorecimiento de una mayor actividad microbiológica.
- Permite el favorecimiento de óptima aeración.
- En cuanto a las plantas eleva su calidad.
- Aumenta la tasa de supervivencia de los cultivos.
- Causa una germinación acelerada
- Permite el favorecimiento de un mejor y más rápido desarrollo radicular de la planta.
- Mantiene la floración durante más tiempo.
- Recuperación de vertederos y de minas.

Este producto no es considerado como peligroso por el Ministerio Francés de Agricultura (APV8410030) y por el Departamento de Agricultura de E.U.A. (USDA) FDA 21CFR 173,6.

Experiencia comparativa con uso de el Hidrogel en siembra de brócoli en Irapuato, Gto. En el año 2005, dosis aplicada 25 kg por hectárea.

Experiencia comparativa con uso de el Hidrogel en siembra de brócoli en Irapuato, Gto. En el año 2005, dosis aplicada 25 Kg por hectárea.

Los cultivos en donde se ha utilizado hidrogel muestra diferencias significativas a simple vista así como se observa en la Figura 2, Figura 3 y Figura 4.

Figura 2

*El cultivo sin hidrogel y al frente el cultivo con hidrogel*



*Nota.* Comparación de Cultivos de Espinaca con y sin Hidrogel Agrícola (Concepto Ambiental, 2015)

*Figura 3*

Cultivo sin hidrogel (vista del suelo)



*Nota.* la Figura presenta la comparación de Cultivos de Espinaca con y sin Hidrogel Agrícola (Concepto Ambiental, 2015).

*Figura 4*

*Cultivo con hidrogel (vista del suelo)*



*Nota.* la Figura presenta la comparación de Cultivos de espinaca con y sin hidrogel agrícola (Concepto Ambiental, 2015).

Cabe indicar que absorben agua de lluvia o pozos y duran de siete a diez años, bajo tierra. Asimismo, va liberando el agua, entre los 30 a 60 días, esto está en función de la textura del suelo, temperatura ambiental y cantidad de residuo de la tierra.

El uso extensivo de polímeros hidroabsorbentes mejora la capacidad de retención de humedad en el suelo, como resultado que, desde hace veinte años que se desarrollan ensayos, de tal forma que favorece el crecimiento de las plantas.

## **2.2.4 Método de irrigación: riego por goteo solar**

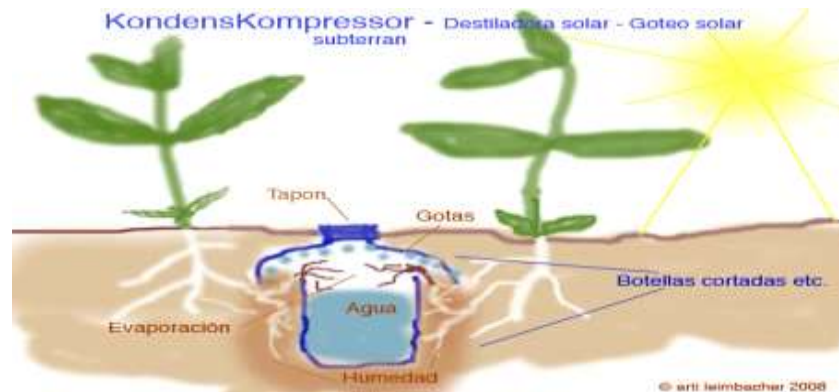
### **2.2.4.1 Definición**

El riego por goteo solar o más conocido como “kondenskompressor” o su nombre comercial konkom es un método de irrigación en el cual se replica el ciclo del agua en un mini sistema de destilación solar en el cual el agua que se evapora se condensa en el mismo sistema y luego cae en forma de gotas recogiendo también cierta cantidad de rocío, el agua producida por este sistema no contiene sales ni nitratos, por lo que también puede ser utilizado con agua de mar o en zonas desérticas costeras, ya que conocemos el gran problema hídrico que hay, este sistema puede ser empleado por muchos pequeños agricultores con escasos recursos para así aumentar la eficiencia de su cultivo. (Del Río, 2018)

El sistema konkom (Figura 5) tiene un cuidado mínimo y básicamente su mantenimiento sería ponerle agua al depósito una vez se acabe y/o reemplazar alguna parte de este si recibe algún tipo de daño por parte fauna del sitio o efecto de la naturaleza y sacar hiervas que puedan crecer dentro del sistema (maleza), teniendo una vida útil de 2 a 5 años porque el plástico expuesto al sol se debilita y pierde estabilidad ya solo quedaría usarlos para reciclaje (Del Río, 2018).

Figura 5

*Figura del kondenskompressor*



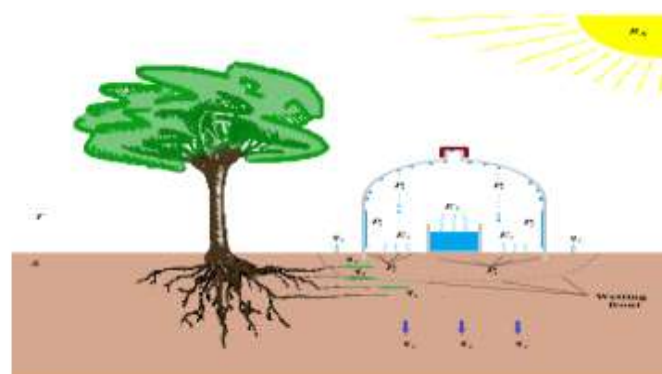
*Nota.* Muestra el Kondenskompressor (Leimbacher, 2008).

De acuerdo a Leimbacher (2008) existen diferentes formas en las cuales se fueron adaptando esta metodología, pero la más sencilla de usar fue el sistema ideado en el cual utilizo dos botellas reutilizables de plástico de distinto tamaño (por ejemplo, una botella de 7 l y una de 2 l)

Teniendo en cuenta que no todos los plásticos se pueden usar recomendable es las botellas de polietileno (PET), como se muestra en la figura 6, lavar las botellas antes de instalarlas porque pueden tener algún tipo de resto de su anterior producto.

Figura 6

*Disposición de las dos botellas del Konkom indicando los parámetros y variables de su funcionamiento.*



*Nota.* Disposición de las dos botellas del Konkom indicando los parámetros y variables de su funcionamiento (Del Río, 2018).

#### 2.2.4.2 Ventajas y posibilidades de uso del riego por goteo solar

A continuación, en la presente tabla 6, se presenta las ventajas y posibilidades de uso del riego por goteo solar:

**Tabla 6**

*Ventajas y posibilidades de uso del riego por goteo solar*

Ventajas	Posibilidades de uso
- Ahorro de agua	- Se puede aplicar en hortalizas
- Recomendable para todo tipo de cultivo	- Macetas con botellas pequeñas
- Ahorro de tiempo	- Plantación de árboles utilizando varios konkom
- Ahorro de dinero	
- Verduras más sanas	
- Destrozo por animales muy difícil	

*Nota.* Del Río (2018).

#### 2.2.5 Cultivo del Maíz

##### 2.2.5.1 Origen del Maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es parte de la familia de las gramíneas, tribu madeas, y suponen que su origen fue en los tripocos de America Latina, especialmente los géneros: *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*.

##### 2.2.5.2 Descripción de la planta

Se desarrolla, a partir de la radícula de la semilla, el sistema radicular del maíz, que se sembró a una correcta profundidad, para que se consiga su buen desarrollo. El crecimiento de las raíces reduce después que la plúmula emerge y; de manera virtual, su crecimiento se detiene en la etapa de tres hojas de la plántula, completamente Lesure (2005).



A partir del primer nudo, inician su desarrollo las primeras raíces adventicias en el extremo del mesocotilo; esto se suscita, generalmente, a una profundidad uniforme, sin relación con la profundidad con la que fue colocada la semilla. A partir de cada nudo sucesivo se desarrolla hasta llegar a los siete o diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo, una agrupación de raíces adventicias se desarrolla. En una red espesa de raíces fibrosas, se desarrolla tales raíces adventicias. Es el fundamental sistema de fijación de la planta el sistema de raíces adventicias y; además, hace la absorción del agua y nutrimentos. Al respecto, Caiced-Campo (2020) encontraron que el sistema de raíces adventicias seminales constituye el 52 % y que el sistema de nudos de las raíces es el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz.

Cabe indicar que es robusto el tallo de la planta, formado por nudos y entrenudos más o menos distantes; su borde es áspero, finamente ciliado y escasamente ondulado; presenta de 15 a 30 hojas alargadas y abrazadoras de 4 a 10 centímetros de ancho por 35 a 50 centímetros de longitud. Es circular la sección del tallo hasta la panícula o inflorescencia masculina que corona la planta desde el punto donde nace el pedúnculo que sostiene la mazorca (Eyherabide, s/f).

### **2.2.5.3 Condiciones del suelo**

Los rendimientos mejores se consiguen en el rango comprendido entre 0 a 900 msnm, y la planta alcanza una altura de 2 a 2,65 metros, en El Salvador, por lo que estos germoplasmas se consideran como tropicales. Como cultivo comercial, crece entre las latitudes 55° N y 40° S (Coronel, 2015).

Cabe referir que se adapta a una amplia variedad de suelos el maíz, donde sí se emplean los cultivares adecuados y técnicas de cultivo apropiadas, se puede producir buenas cosechas, Mayormente, los suelos más aptos o adecuados para que se pueda cultivar maíz son los de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención para el agua (Coronel, 2015).

Crece el maíz mayormente bien en suelos con pH entre 5,5 y 7,8. Fuera de estos límites suele presentarse el aumento y la disminución de la disponibilidad de determinados elementos y se genera toxicidad o carencia. Existe problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, Cuando el pH es inferior a 5,5 a menudo, además de falta de fósforo y magnesio; con un pH

superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos), tiende a presentarse carencia zinc, magnesio y hierro, manganeso. Los síntomas en el campo, de un pH inadecuado, mayormente, se parecen a los problemas de micro nutrientes (Coronel, 2015).

#### **2.2.5.4 Cultivo del maíz y su demanda de agua.**

Es fundamental indicar que es un factor que restringe la producción de maíz en ciertas zonas la escasez del agua en la planta del maíz. Puede causar pérdidas de plantas jóvenes, cuando se suscite estrés hídrico o sequía durante las primeras fases, es decir, de 15 a 30 días, de establecido el cultivo donde se hace la reducción de esta manera la densidad poblacional o estancar su crecimiento. Sin embargo, sin afectar seriamente el rendimiento el cultivo puede que tenga recuperación. Cerca de la floración, desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas, hasta dos semanas después de ésta, al estrés hídrico el maíz es muy sensible, y el rendimiento de grano puede afectado de forma contundente si se genera sequía durante este período (Coronel, 2015).

El maíz necesita, mayormente, por lo menos de 500 a 700 mm de precipitación de forma adecuada que se debe distribuir cuando se desarrolle el ciclo del cultivo. El maíz es muy sensible también al aniego o encharcamiento; o sea, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra, hasta aproximadamente los 15-20 días, si las temperaturas son altas especialmente, debido a que el meristemo está debajo de la superficie del suelo en esos momentos el aniego por más de 24 horas puede hacer daño al cultivo (Coronel, 2015).

Más tarde, el aniego puede, en el ciclo de cultivo, ser tolerado durante períodos de hasta una semana, pero se reduce de forma significativa el rendimiento (Coronel, 2015). En la figura 7 observamos las fases fenológicas del maíz.

Figura 7

## Fases fenomenológicas del maíz



↑ EMERGENCIA	↑ APARICIÓN DE HOJAS	↑ PANOJA	↑ ESPIGA	↑ MADURACIÓN LECHOSA	↑ MADURACIÓN PASTOSA	↑ MADURACIÓN CÓRNEA
Aparición de las plantitas por encima de la superficie del suelo.	Comienza desde que aparecen las dos primeras hojas, debiéndose anotar como fase "dos hojas", y así sucesivamente de acuerdo al número de hojas que vayan saliendo hasta el inicio de la fase panoja.	Se observa salir la panoja de la hoja superior de la planta, sin ninguna operación manual que separen las hojas que la rodean.	Salida de los estigmas (barba o cabello de cholo), se produce a los ocho o diez días después de la aparición de la panoja.	Se ha formado la mazorca; y los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.	Los granos de la parte central de la mazorca adquieren el color típico del grano maduro. Los granos, al ser presionados, presentan una consistencia pastosa.	Los granos de maíz están duros. La mayoría de las hojas se han vuelto amarillas o se han secado.

FASES FENOLÓGICAS DEL MAÍZ  
*Zea mays*

*Nota.* Dato tomado del SENAMHI (Oñate,2016).

## 2.2.6 Distrito de La Yarada-Los Palos

### 2.2.6.1 Aspectos generales

**Tabla 7**

*Aspectos generales*

Aspectos generales	Descripción
Ubicación Geográfica	El Distrito de La Yarada y los Palos forma parte de los sectores productivos del valle de Caplina. Se ubica en la parte más meridional de la cuenca del río Caplina del extremo sur del Perú, entre las coordenadas 15°17´ y 18° 18´ de la latitud sur y 69° 28´ y 71° 23´ de la latitud oeste, en la región costa, en un área total de 52 000 ha. (Ley N° 30358, 2015).
Ubicación Política	Está ubicado en el departamento de Tacna, al Sur de la provincia que lleva el mismo nombre (Ley N° 30358, 2015).
Sectores	El Asentamiento 4 El Asentamiento 5 y 6 Los Olivos Las Palmeras Cooperativa 60 Los palos Asentamiento 28 de Agosto Juan Velasco Alvarado La Esperanza

**Nota.** La tabla presenta los aspectos generales de La Yarada- Los Palos. Elaboración propia (Gobierno Regional de Tacna, 2011)

## 2.2.6.2 El acuífero de La Yarada-Los Palos

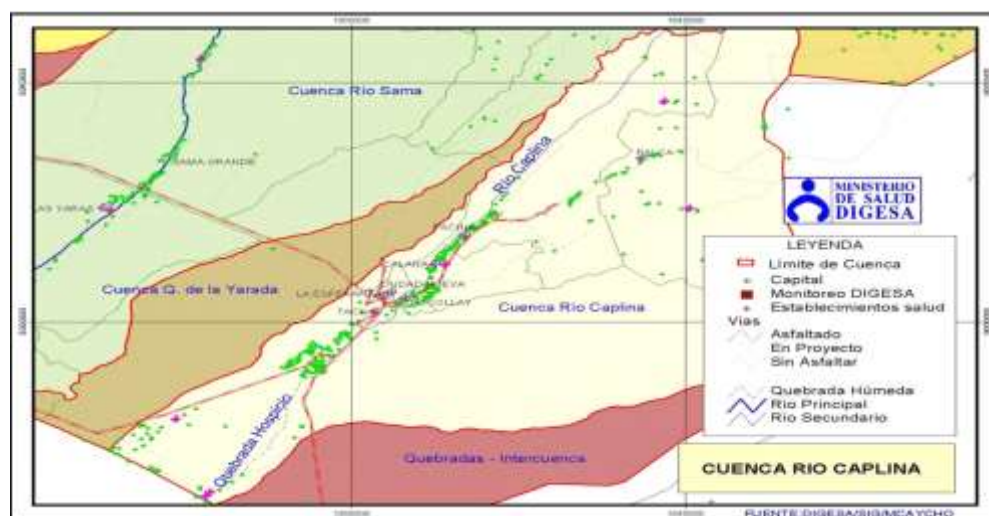
### a) Características

Es fundamentalmente agrícola el distrito de La Yarada- Los Palos. La zona se abastece con agua subterránea, que extraen del acuífero del mismo nombre, este se ubica en la parte inferior de la Cuenca del río Caplina (Figura 8), que forma parte del Sistema Hidrográfico del Océano Pacífico. Está conformado por procesos sedimentarios y tectónicos que incluyen una fosa tectónica de 560 Km<sup>2</sup> aproximadamente de superficie y varios cientos de metros de profundidad, es decir, es parte de un gran reservorio de aguas subterráneas y constituido por multicapas en el cual se definieron dos acuíferos productores, del cual sólo se conocen las características del acuífero superficial. Su fuente de alimentación son las infiltraciones del río Caplina, Vilavilani, quebrada Cauñani, quebradas Viñani y Escritos principalmente.

Según el Estudio Hidrogeológico del Acuífero de 1998 que el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), lo aprobó. Todavía no se ha establecido la Geometría del Acuífero, por consiguiente, tampoco se sabe de las propiedades de las características hidrogeológicas e hidráulicas, por lo que no se puede hacer la determinación del potencial hídrico superficial ni profundo.

Figura 8

*Cuenca del Río Caplina*



*Nota.* La Figura presenta la cuenca del Río Caplina. (DIGESA, 2008)

## **b) Situación actual del Acuífero**

La infraestructura constructiva se halla mayoritariamente en mal estado, en parte porque en su mayoría ya cumplieron su vida útil y aparte fueron afectados por el terremoto del 2001. Estas ineficiencias vuelven a los pozos en una fuente ineficiente y con altos costos operativos.

Para el año 2003, el volumen que se estimó para la explotación anual fue de 65,20 Millones de metros cúbicos (MMC), equivalentes a 2,016 m<sup>3</sup>/s, oscilando los caudales de operación de cada uno de los pozos existentes entre 0.80 l/s (uso poblacional) a 104 l/s (uso agrícola), según la campaña de monitoreo efectuada por la Administración Técnica del Distrito de Riego Tacna. (ATDRTACNA).

Demuestra sus características fisicoquímicas del agua subterránea, que tiene aguas con significativo contenido de sales en la mayoría de pozos, esto supera los valores superan los límites de "salinidad moderada" (hasta 0,75 mmhos/cm) para riego, según la Clasificación del Laboratorio de Salinidad de Riverside de los Estados Unidos.

Se ha ido afectando el agua en cuanto a su calidad debido a la formación de estrato salino de Cloruro de sodio, por el problema de intrusión marina y por el proceso de aplicación de fertilizantes salinos que se concentran en el Acuífero por percolación.

Provocan continuos descensos de la napa acuífera la deficiencia en la ubicación de pozos, especialmente en el sector de La Yarada Antigua y los pozos cercanos al litoral.

### **2.2.6.3 Infraestructura de Riego: La Yarada**

El último inventario oficial de los pozos existentes en el acuífero del valle del Caplina, en el cual se incluye La Yarada fue realizado en 1998 por INRENA, La ATDR- Tacna entre los meses de Octubre y Noviembre del año 2002, realizó su actualización cuyos resultados son:

- 138 Pozos tubulares
- 70 piezómetros de control (luego del sismo del 2001 han colapsado)
- 30 son excavaciones a la Napa

Una precisión sobre el estado legal de estos pozos, nos permite concluir que solo 100 de ellos tienen licencia mediante la Resolución Administrativa correspondiente y de ellos 94 corresponden a La Yarada. En la tabla 8 nos indica el volumen de agua utilizado para cada sector.

**Tabla 8**

*Explotación anual de aguas subterráneas*

Tipo de uso	Volumen (mls de m3)
Agrícola	23,62
Pecuario	1,61
Doméstico	0,42
No especificados	14,03
Total	39,68

*Nota.* Datos tomados de INRENA (2003)

Previene que la disponibilidad del manto subterráneo puede ser utilizada para incluir aproximadamente 7000 has el estudio de la napa acuífera que fue ejecutado por la empresa japonesa MITSUI en la pampa de La Yarada. Sin mayores problemas que tener cuidado en los controles piezométricos para todos los pozos en funcionamiento; no obstante, aún falta el desarrollo de estudios de las napas más profundas (más de 150 m) que se supone existan por filtraciones del lago Titicaca. En la Región Tacna, se cultivan 28 601 hectáreas bajo riego ubicadas en la zona de costa y la zona andina, con un aproximado del 20 % de has (6,000 has con riego tecnificado). Solo se practica en la zona altoandina En lo que se refiere a cultivos de secano, sobre todo en la producción de pastos (praderas naturales) y forrajes (cultivos forrajeros: avena, cebada, alfalfa, raygrass, dactylus y otros), que en total suman aproximadamente 124,538 has.

## 2.3 Definición de términos

### a. Acuífero

Es la agrupación de formaciones geológicas que de manera hidráulica se conectan entre sí por las que circula aguas del subsuelo, que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento (Velasco, 2013).

**b. Acuífero sobreexplotado**

Supera el volumen de carga media la extracción del agua subterránea, de tal forma que la persistencia de esta condición por periodos largos periodos provocan alguno o varios de los impactos ambientales: desaparición de lago, manantiales, lagos, entre otros (Velasco, 2013).

**c. Comités de usuarios**

Organización de usuarios de aguas superficiales, subterráneas o de aguas de filtración que se organización a niveles de canales menores, pozos de agua subterránea o áreas de afloramiento superficial. (Velasco, 2013).

**d. Densidad de siembra de cultivo**

Es el número de plantas que se encuentran sobre un área de cultivo (Bosco, 2012).

**e. Déficit hídrico**

Se presenta durante un periodo determinado la diferencia acumulada entre evapotranspiración potencial y precipitación, donde es la menor de las dos variables la precipitación, Olvera et al. (2014).

**f. Demanda de agua**

Es la cantidad requerida por los usuarios para satisfacer una necesidad poblacional o en actividades económicas productivas, Olvera et al. (2014).

**g. Eficiencia**

Se da cuando para, la producción de servicios y bienes, se utiliza menores recursos, pero hay una buena combinación de los mismos. Cabe indicar que el indicador de eficiencia relaciona dos variables, donde se permite la demostración de los insumos que se han utilizado para que puedan cumplirse las metas que se establecieron. Velasco (2013).



**h. Fenología**

Es la rama de la Agrometeorológica que trata de la influencia del medio ambiente físico sobre los seres vivos. Dicho estudio se realiza a través de las observaciones entre de los fenómenos o manifestaciones de las fases biológicas resultantes de la interacción entre los requerimientos climáticos de la planta y condiciones de tiempo y clima reinantes en su habitud (Velasco, 2013).

**i. Fuerzas de Cohesión**

Son las fuerzas que permiten la atracción y el mantenimiento de la unidad las moléculas. Es la acción de cómo las moléculas se pegan entre sí, Flores-Gallardo et al. (2014).

**j. Fuerzas electrostáticas**

Son la repulsión y atracción de carga dependiendo del signo de la carga Flores-Gallardo et al. (2014).

**k. Hidrogel:**

Es una red tridimensional de cadenas flexibles con propiedades hidrófilas. Flores-Gallardo et al.(2014).

**l. Riego por goteo:**

Es un sistema presurizado donde, por conductos cerrados que necesitan presión el agua se conduce y distribuye. Actualmente, el riego por goteo es un método importante para que se produzca más vegetales para el bienestar de la población (Olvera, 2014).

**m. Riego por gravedad:**

Se presenta cuando avanza el agua sobre la superficie del suelo y se genera de manera simultánea la distribución del agua en la parcela y la infiltración de la misma en el perfil del suelo (Olvera, 2014).

**n. Riego por capilaridad:**

Es un sistema muy eficiente en el ahorro de agua en zonas donde el agua es escasa, ya que mediante potencial mátrico el suelo se mantendrá húmedo por ascenso capilar del agua (Olvera, 2014).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Tipo y nivel de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, tiene por objetivo resolver el problema. Esta investigación se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad. (Carrasco, 2019).

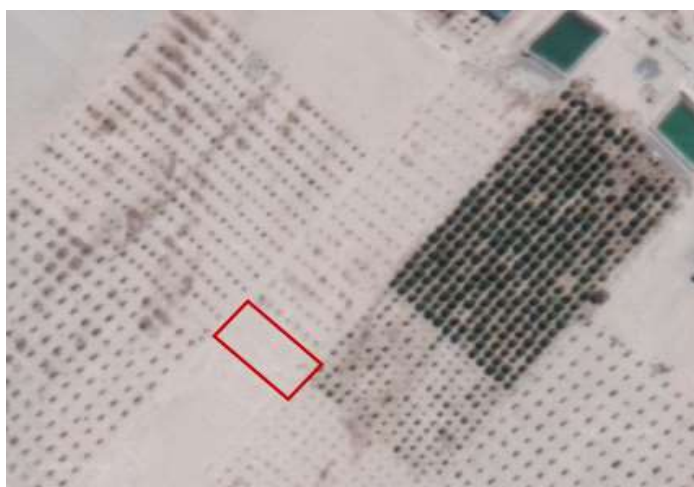
Asimismo, el tipo de investigación es experimental ya que puede definirse como realizar una acción y después observar sus efectos. Se manipulan deliberadamente una o más variables independiente (posibles causas), para el análisis los efectos que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos), dentro de una situación de control para el investigador (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

### 3.2 Ubicación del campo experimental

El área de estudio está ubicada en el distrito de La Yarada-Los Palos, en Las Palmeras 2, así como se observa en la figura 9.

Figura 9

*Ubicación del distrito "La Yarada"- Los Palos*



*Nota.* la Figura presenta la ubicación del distrito "La Yarada- Los Palos", vía satelital Fuente: Google Earth (2021).

### 3.2.1 Ubicación geográfica

Se encuentra a 23 kilómetros de la ciudad de Tacna y las coordenadas son:

Latitud: -18.13605215,

Longitud: -70.337245

### 3.3 Población y/o muestra de estudio

#### 3.3.1 Población

La población del experimento estuvo representada por un área de 600 m<sup>2</sup> referenciada en La Yarada los Palos, en la cual se sembró 640 ejemplares de maíz Pachía.

#### 3.3.2 Muestra

La muestra extraída de la población se estableció en las 16 unidades experimentales (en cada unidad hay 35 plantas de maíz Pachía) donde se llevó a cabo la instalación de los tratamientos o sistemas de riegos en estudio.

Se tomó en cuenta para determinar la población de estudio la fórmula propuesta por Murray y Larry (2005).

$$n = \frac{NZ^2pq}{(N-1)E^2 + Z^2pq} \quad (4)$$

n = es el tamaño de la muestra poblacional a obtener.

N = es el tamaño de la población total (640)

$\sigma = 0.5$

Z = confianza de 95% (1,96) el valor mínimo aceptado para considerar la investigación como confiable.

e = error 5% (0,05)

Los datos de temperatura que se utilizaron están indicados en el Anexo 4.

### 3.4 Operacionalización de variables

**Tabla 9**

*Operacionalización de variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales	El uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales se evaluará a través del sistema de riego no convencionales.	Sistema de riego no convencionales por hidrogel y goteo solar	(%) Humedad del suelo Milímetro x cm <sup>2</sup> Precipitación Evapotranspiración (ml/t) Infiltración (mo) mm/hora Salinidad (ds/m) % Textura del suelo % Ph del suelo % Porosidad del suelo Kg/ha de la Densidad de cultivo Porcentaje de germinación (%) Altura de las plantas x m. Rendimiento total (t/ha)
Uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales	El uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego no convencionales se evaluará a través del sistema de riego convencionales.	Sistema de riego convencionales por goteo y gravedad	(%) Humedad del suelo Milímetro x cm <sup>2</sup> Precipitación Evapotranspiración (ml/t) Infiltración (mo) mm/hora Salinidad (ds/m) % Textura del suelo % Ph del suelo % Porosidad del suelo Kg/ha de la Densidad de cultivo Porcentaje de germinación (%) Altura de las plantas x m. Rendimiento total (t/ha)

*Nota.* la tabla presenta la operacionalización de variables de estudio del experimento.

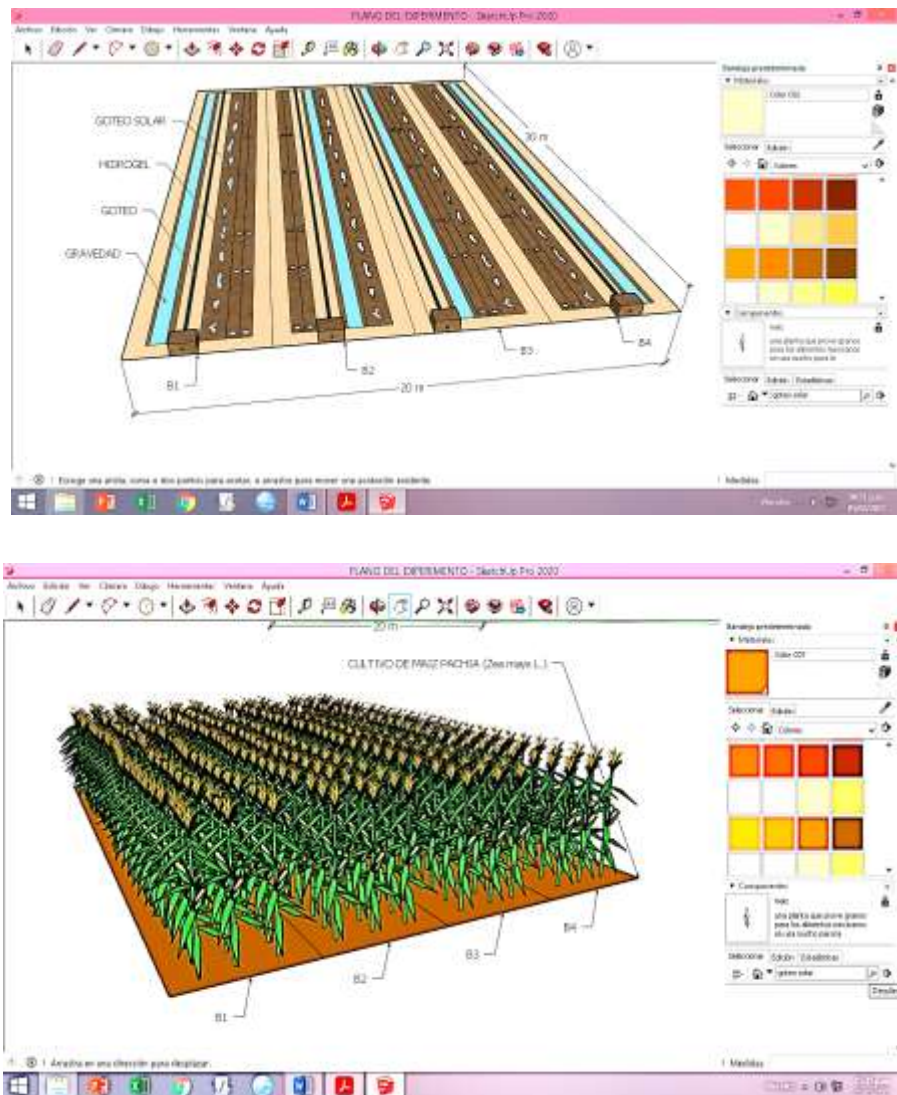
#### 3.4.1 Planteamiento del esquema experimental

Tal como se aprecia en el esquema de las imágenes (Figura 10), la distribución de los tratamientos se efectuará en bloques completamente randomizados. De esta manera, se puede ver la distribución de los tratamientos en toda el área experimental.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla la operacionalización de variables:

Figura 10

*Esquema experimental del experimento*



Nota. La Figura presente la esquema tridimensional del experimento.

### 3.5 Procesamiento y análisis de datos

#### 3.5.1 Materiales

Los materiales utilizados en la siguiente investigación fueron los siguientes:

- 25 kg/ha de Hidrogel Agrícola.
- 24 Botellas de plástico de 7L.
- 100 metros lineales (ml) de Cintas de goteo.
- 200 kg de Abono Orgánico.
- 15 kg de Nitrato de Amonio.
- 10 kg de Fosfato Di amónico.
- 8 kg de Cloruro de Potasio.
- 1 litro de Abono Foliar
- 500 gr de Granolato
- 500 gr de Lannate
- 50 ml de Adherente
- 1 lt de Fungicida
- 2 Rastrillos
- 2 Palas
- 2 Picos
- 50 galones de Combustible
- 16 unidades de Letreros de Madera

### **3.5.2 Instrumentación**

- 1 Higrómetro
- 1 Balanza analítica
- 1 Libreta de campo
- 1 caja de Guantes descartables
- 1 Laptop
- 4 Baldes
- 1 Cámara fotográfica
- 5 kg de Semillas de maíz Pachía

### **3.5.3 Material biológico**

El material biológico está compuesto por las semillas de maíz ecotipo Pachía que presenta las siguientes características:

- Ciclo del cultivo precoz, dura aproximadamente 3 meses.
- Produce de 1 a 2 frutos por planta.
- Tolera la salinidad
- Se adapta a condiciones adversas de suelo o sustrato.
- Su tamaño bordea los 1,5 a 2 metros.
- Los frutos se consumen en harinas y pasteles de choclo.

## **3.6 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

### **3.6.1 Planteamiento del esquema experimental para ejecución**

#### **3.6.1.1 Recolección de datos para esquema experimental**

Para la determinación del esquema experimental, las dimensiones referente al distanciamiento del cultivo, época de siembra, condiciones medioambientales y las características propias de la zona de cultivo, se efectuaron de acuerdo a los datos proporcionados por diversos agricultores de La Yarada quienes a través de su experiencia nos permitieron analizar algunos parámetros antes de poder implantar el cultivo de maíz Pachía en la localidad de la yará los palos, además, los análisis realizados en cuando al seguimiento del cultivo se efectuaron a través de la revisión de varias fuentes bibliográficas.



### **3.6.1.2 Periodicidad del monitoreo**

Una vez establecido el panorama experimental para la siembra del cultivo de maíz Pachía (*Zea mays* L.) de los 3,5 kg, se programó la el monitoreo periódico de las características morfológicas (porcentaje de germinación, altura de planta y rendimiento de maíz), para cada unidad experimental. Se utilizo el formato del Anexo2.

### **3.6.1.3 Control y mantenimiento del sistema de riego**

Después de establecer el monitoreo de las características morfológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), por cada unidad experimental, se procedió a efectivizar el plan de riego de acuerdo cada tratamiento, para ello se realizó un balance hídrico del cultivo de maíz, que de acuerdo al sistema de riego utilizado se estableció las variaciones correspondientes en cuanto al momento de riego. Esta operación se llevó a cabo diariamente hasta la cosecha del cultivo. La frecuencia de riego fue determinada tal como se muestra en el Anexo 5.

## **3.6.2 Caracterización fisicoquímica del suelo y condiciones climatológicas en La Yarada los palos.**

### **3.6.2.1 Selección del área para toma de muerta**

El área seleccionada se efectuó en la propiedad que queda en las palmeras de La Yarada Los Palos adecuado para el cultivo de maíz.

### **3.6.2.2 Toma de muestra para análisis fisicoquímico del suelo**

La recolección de muestras de suelo se efectuó en el área seleccionada para el cultivo de maíz Pachía, la recolección de muestra se realizó por el método del zigzag, con la utilización de un barreno, se tomó muestras aleatorias en zigzag de 30 puntos de diferentes zonas del área experimental, después se juntó todas las muestras y se las mezclo y se realzo el retiro de la mitad del total y el siguiente paso fue seguir mezclando y botar la mitad, de esta manera se siguió con el proceso hasta que quedó alrededor de 1 kg para él envío de la muestra con su debida etiqueta para el laboratorio del instituto de investigación agraria Arequipa - INIA donde se realizó el respectivo análisis fisicoquímico del suelo.

### **3.6.2.3 Análisis fisicoquímico del suelo**

El análisis fisicoquímico del suelo comprende los siguientes parámetros de fertilidad: pH, CE, MO, N-P-K, CO<sub>3</sub>Ca en el suelo, así como los parámetros de textura, el análisis se realizó en el Laboratorio del instituto de investigación agraria de Arequipa – INIA (Anexo 3).

### **3.6.2.4 Prueba de velocidad de infiltración**

Como parte de las pruebas y análisis de suelo in situ, se realizó la prueba de velocidad de infiltración para el suelo del área de trabajo, dicha prueba se realizó con el método de infiltro-metro, con un cilindro exterior de diámetro igual a 30,00 centímetros, un cilindro interior de diámetro igual a 20,00 centímetros y una altura de 24,00 centímetros, según la metodología practica y sencilla de infiltro – metro.

Se tomaron 2 puntos en la prueba (Anexo 6 y 7), para que se cubra el área total de trabajo, lo que nos dio resultados representativos para el análisis completo del suelo, el análisis lo realizo un laboratorio certificado por INACAL (Anexo 8).

### **3.6.2.5 Obtención de datos hidrometeorológicos del SENAMHI**

Para el presente experimento se requirió los registros meteorológicos, para ello se solicitó información meteorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) para los meses de enero febrero, marzo y abril del 2021, de la estación meteorológica “La Pampilla”, de acuerdo al protocolo de solicitud de información para tesis determinada en la Directiva N°003-2016-SENAMHI-SGOPP-UM.

## **3.6.3 Implementación de dos sistemas de riego convencionales (gravedad y goteo) y no convencionales (goteo solar e hidrogel agrícola) en La Yarada los palos**

### **3.6.3.1 Obtención del material biológico**

El material biológico conformado por semillas de maíz Pachía, se obtuvo de la compra directa por agricultores productores de maíz en la localidad de Pachía. Las semillas de maíz Pachía son propias de la localidad de Pachía, adaptado a

ese clima en particular, es un ecotipo, una raza de maíz adaptada para esas condiciones agroclimáticas. Su distribución es muy específica, sin embargo, se han hecho pruebas de cultivo en zonas como La Yarada, obteniéndose resultados atípicos, con desarrollo que difieren en su zona de producción. El rendimiento no ha sido un factor negativo.

### **3.6.3.2 Delimitación del área experimental**

El área del experimento fue de 600 m<sup>2</sup> donde se efectuó una distribución aleatoria de tratamientos (sistemas de riego por goteo, goteo solar, hidrogel y gravedad como testigo), a la vez estos tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente en 16 unidades experimentales, los tratamientos y bloques del diseño experimental estuvo conformado por un área de:

- Área total: 600 m<sup>2</sup>
- Bloques: 150 m<sup>2</sup>
- Unidad experimental: 37,5 m<sup>2</sup>

El área se midió con una wincha métrica de 50 cm, den mismo modo se midió los bloques y las unidades experimentales de acuerdo al diseño experimental de bloques completos al azar empleado en la siguiente investigación.

Los factores de estudio comprenden de la siguiente manera:

**Factor A:** sistemas de riego.

a1.: sistema de riego por gravedad.

a2.: sistema de riego por goteo.

a3.: sistema de riego por hidrogel agrícola

a4.: sistema de riego por goteo solar.

### 3.6.3.3 Distribución de tratamientos

En la tabla 10 podemos ver la manera en que se distribuyeron los tratamientos.

**Tabla 10**

*Distribución de los tratamientos por bloques aleatorizados*

Sistema De Riego	Tratamientos	BLOQUES			
		B1	B2	B3	B4
Gravedad	T1	T1	T4	T2	T4
Goteo	T2	T2	T2	T1	T3
Hidrogel	T3	T3	T1	T4	T2
Goteo Solar	T4	T4	T3	T3	T1

### 3.6.4 Implementación del sistema de riego por goteo en el cultivo de maíz ecotipo Pachía

El sistema de riego por goteo está siendo implementado por los agricultores en los últimos años, debido a su eficacia en el ahorro de agua. El sistema de riego por goteo permite tener mayor control a la hora de realizar una programación de riego, permite mantener el suelo en su capacidad de campo, sin embargo, aún sigue habiendo deficiencias en el uso de este sistema ya que generalmente no se tiene en cuenta un balance hídrico adecuado en los cultivos empleados.

La implementación de este sistema se efectuó con la adecuación de cintas de riego de 120 metros lineales para el tratamiento más sus repeticiones, el tratamiento de riego por goteo para cada bloque requirió 30 ml de cinta de riego. Estas cintas presentan goteros cada 20 cm, conformando un total de 150 goteros en el tratamiento. El caudal de salida por los goteros de la cinta de riego fue calculado por medio de prueba en blanco, donde se colocó recipientes milimetrados a 5 goteros al azar a lo largo de las cintas y se determinó que por los 150 goteros sale aproximadamente 210 ml/s. este valor obtenido permitió efectivizar el riego de acuerdo al balance hídrico establecido para el cultivo de maíz Pachía.

### **3.6.5 Implementación del sistema de uso de hidrogel hidratado para el cultivo de maíz Pachía.**

Para la implementación del tratamiento en las 4 unidades experimentales correspondientes al uso de hidrogel, primero se adquirió 1 kg de hidrogel marca AQUAGEL®, se designó la dosis de 30 g por golpe de plantación, la misma que es propuesta según la ficha técnica del producto, se trabajó con un volumen de riego de 2 litros, esta cantidad se mezcló con la dosis de 30 g de hidrogel en bateas plásticas de 4 litros, para preparar la mezcla según el método húmedo de aplicación.

Con el hidrogel ya hidratado se procedió a colocarlo en los hoyos formando un círculo en los bordes del área radicular de la planta de maíz, esta aplicación se efectuó a 5 plantas por unidad experimental (cada tratamiento cuanta con 4 unidades experimentales), posteriormente se regó las unidades experimentales de este tratamiento una semana después de ser implementado in situ, con el volumen de agua indicado en su mezcla inicial y se realizó esta actividad con una frecuencia semanal a lo largo del periodo de experimentación, (Enero - Abril) teniendo un total de 13 semanas.

### **3.6.6 Implementación del sistema de riego por goteo solar en el cultivo de maíz Pachía.**

La implementación del sistema de riego por goteo solar se realizó según el método de Flores (2016), en donde se seleccionaron 5 plantas por unidad experimental de este tratamiento, estas plantas sirvieron para el armado individual de cada sistema de riego por goteo solar, se necesitó primero 4 botellas plásticas PET de 5 litros. Previamente cortadas a una altura de  $\frac{3}{4}$  de la botella aproximadamente, finalmente se posicionaron las botellas en los dos extremos de cada planta seleccionada a unos 5 cm de distancia. Por otro lado, teniendo como eje central a la planta de maíz Pachía ya sembrado a 4 semillas por golpe de siembra, el mismo procedimiento fue repetido 19 veces más, para implementar el sistema de riego a todas las plantas seleccionadas en cada unidad experimental correspondientes al tratamiento.

Se trabajó con un volumen de 2 litros, al cual, se añadió el volumen agua individualmente para cada sistema armado y se recargó el volumen de agua en las botellas según la metodología, con una frecuencia semanal, a lo largo del periodo de experimentación, (enero - abril) teniendo un total de 13 semanas.

### **3.6.7 Siembra de testigos semillas de maíz Pachía**

Una vez establecidos e incorporados en el diseño del experimento de bloques completos al azar en de los tratamientos se procedió a la siembra del maíz Pachía, los distanciamientos en las líneas de siembra fueron de 30 cm de distancia entre plantas, el número de semillas por golpe de plantación fue de 4, esta operación se efectuó en toda el área experimental.

### **3.6.8 Determinación del efecto de las características morfológicas en el cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales.**

#### **3.6.8.1 Porcentaje de germinación (%)**

El porcentaje de germinación se evaluó al inicio después de la siembra, se realizó un coteo visual de la germinación por cada unidad experimental, las semillas en su mayoría tuvieron una buena respuesta germinativa con alta viabilidad. La germinación se efectuó a los 5 días después de la siembra con un porcentaje mayor al 80%.

El conteo visual se expresó en porcentaje a través de la siguiente ecuación:

Dónde:

- E = Emergencia
- SG = Semillas Germinadas
- SS = Semillas Sembradas

#### **3.6.8.2 Altura de planta (m)**

Se seleccionaron 5 plantas de maíz para efectuar las mediciones de altura, estas mediciones se realizaron con la ayuda de una wincha métrica de 5 m. la medida se efectuó desde la base del tallo hasta el ápice principal de la planta. Esta operación se efectuó en todos los tratamientos a los 50 días después de la siembra.

### **3.6.8.3 Rendimiento total (kg/ha)**

Con una balanza digital de una capacidad de hasta 50 kg, se pesaron cada uno de los tratamientos por separado, los pesos se realizaron pesando cada uno de las unidades experimentales agrupándolos posteriormente a cada tratamiento, para pesarlos de forma conjunta. Una vez obtenido los resultados por medio de una regla de tres simple se obtiene resultados de rendimiento a niveles de kg/hectárea.

## **3.6.9 Determinación del efecto de humedad del suelo del cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales.**

### **3.6.9.1 Humedad del sustrato (%)**

La medición de humedad de suelo para cada tratamiento se realizó con un higrómetro digital marca EUROTECH® modelo PMS 710, se tomaron mediciones una vez por semana durante los meses de febrero y marzo, siendo un total de 8 monitoreos in situ, se introdujo el sensor de humedad a una distancia de 10 centímetros del tallo de la planta de maíz Pachía, según el manual práctico del mismo equipo, también como referencia a la profundidad de la dimensión radicular y los resultados se presentaron en porcentaje (%) de humedad para cada tratamiento de acuerdo al diseño experimental y las muestras seleccionadas para dicho estudio.

## **3.7 Procesamiento estadístico**

Para evaluar los distintos sistemas de riego empleados en la presente investigación se ha utilizado un diseño de bloques completos al azar (DBCA). Se tuvieron 4 bloques con un total de 4 tratamientos por cada bloque dándonos al final un total de 16 unidades experimentales y para el análisis estadístico se ha empleado la técnica del análisis de varianza (ANAVA), con un nivel de confianza del 95 % para la determinación del grado de significación entre los bloques y tratamientos, y para la comparación de medias se utilizó la prueba de significación de Tukey al 0,05 % de error. El procesamiento de los datos se efectuó a través del software infostat.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

En esta sección de la investigación se expondrán los resultados obtenidos del experimento realizado.

### 4.1 Resultado de acuerdo al objetivo específico Nro. 1: Determinar el efecto de las características morfológicas en el cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales.

Las características morfológicas que se presentan son indicadores que permitirán observar el efecto de la humedad retenida por el tipo de sistema de riego utilizado y la frecuencia de su aplicación.

#### 4.1.1. Porcentaje de germinación (%)

En la tabla 11 nos indican los resultados del porcentaje de germinación de nuestro cultivo.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para porcentaje de germinación (%) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía*

	F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloques	3		13,25	4,42	1,43	0,30 ns
Tratamiento	3		8,75	2,92	0,95	0,46 ns
Error		9	27,75	3,08		
Total		15	49,75		Cv=2,07	

*Nota.* La tabla presenta el análisis de varianza para porcentaje de germinación (%) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía.

cv = coeficiente de variación.

ns = no significativo

De acuerdo a la tabla 11, en ANAVA expresa que el efecto del diseño de bloques no tuvo mayor influencia, por lo que los tratamientos presentaron similares índices porcentuales de germinación, esto queda demostrado por el valor probabilístico para bloques que nos da 0,30 siendo mayor a 0,05.



El NAVA demuestra **con un 95 % de confianza que, no se presenta un efecto significativo entre los tratamientos evaluados, esto considerando que el valor probabilístico nos da 0,46**. Por tanto, se infiere que los tratamientos no presentan valores estadísticos diferentes.

El coeficiente de variación muestra un valor de 2,07 %, este valor se define como un experimento realizado con rigurosidad tanto como en la distribución del diseño, así como en la toma de datos para el análisis estadístico.

#### 4.1.2. Altura de planta (cm)

En la tabla 12 nos indican los resultados de la altura de las plantas de nuestro cultivo.

Tabla 12

*Análisis de varianza para altura de planta (cm) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloques	3	586,69	195,56	1,2	0,36 ns
Tratamiento	3	5010,19	1670,06	10,25	0,00ns
Error	9	1466,06	162,9		
Total	15	7062,94			cv=7,51

*Nota.* La tabla presenta el cv = coeficiente de variación. ns = no significativo (\*\*) = altamente significativo.

De acuerdo a la tabla 12, en ANAVA expresa que el efecto del diseño de bloques no tuvo mayor influencia, por lo que los tratamientos presentaron similares tamaños de planta, esto queda demostrado por el valor probabilístico para bloques que nos da 0,36, lo cual queda demostrado que no presenta diferencias estadísticas significativas siendo mayor a 0,05.

El NAVA demuestra con un 95% de confianza que, en los tratamientos se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas con un valor probabilístico de 0,00 menor a 0,05 de error, por tanto, se infiere que, los

distintos sistemas de riego empleados en el experimento tuvieron influencia en el desarrollo de la altura de la planta de maíz Pachía.

El coeficiente de variación muestra un valor de 7,51 %, encontrándose dentro de los parámetros de un experimento bien realizado.

En la tabla 13 podemos observar los resultados de la prueba de significancia Tukey.

Tabla 13

*Prueba de significación de Tukey de altura de planta (cm) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía*

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias (cm)</b>	<b>Significación al 0,05</b>
<b>Hidrogel</b>	196,00	A
<b>Goteo</b>	175,00	A
		B
<b>Goteo Solar</b>	160,00	
		B
Gravedad	148,75	
		B

*Nota.* La tabla presenta la prueba de significación de Tukey de altura de planta (cm) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía.

En la tabla 13 de prueba de significación Tukey con un 95% de confianza, nos muestra que existen tres categorías estadísticas diferentes. La primera categoría está conformada por el tratamiento hidrogel siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos con 196,00 cm, la segunda categoría conformada por el tratamiento goteo, es estadísticamente igual al tratamiento hidrogel con 175,00 cm y como la tercera categoría tenemos a los tratamientos goteo solar y gravedad (que viene a ser el testigo) con valores de 160,00 y 148,75 cm respectivamente que presentaron un desarrollo relativamente inferiores a los tratamientos estadísticamente superiores.

Se evidencia una notable ventaja del uso del hidrogel con relación a los demás tipos de sistemas de riego adoptados en la presente investigación, también observación que el sistema convencional de riego por gravedad es la

que más ineficiente resulta a la hora de racionar el agua. Por tanto, se infiere que, el sistema de riego por hidrogel permite una mayor conservación de humedad lo cual permite al cultivo de maíz potenciar su desarrollo en cuanto a altura de planta a diferencia de sistema de riego por gravedad que existe mayores pérdidas por evaporación.

#### 4.1.3. Rendimiento total (t/ha)

A continuación en la tabla 14 podemos observar los resultados del análisis de varianza.

Tabla 14

*Análisis de varianza para rendimiento total (t/ha) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachia*

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloques	3	1,48	0,49	0,30	0,82
Tratamiento	3	95,67	31,89	19,68	0,00
Error	9	14,58	1,62		
Total	15	111,73		cv=5,42	

cv = coeficiente de variación. ns = no significativo (\*\*) = altamente significativo.

De acuerdo a la tabla 14, en ANAVA expresa que el efecto del diseño de bloques no tuvo mayor influencia, por lo que los tratamientos presentaron similares tamaños de planta, esto queda demostrado por el valor probabilístico para bloques que nos da 0,82, lo cual queda demostrado que no presenta diferencias estadísticas significativas siendo mayor a 0,05.

El NAVA demuestra con un 95% de confianza que, en los tratamientos se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas con un valor probabilístico de 0,00 menor a 0,05 de error; por tanto, se infiere que, los distintos sistemas de riego empleados en el experimento tuvieron influencia en la madurez del fruto y peso de fruto por lo cual se obtuvieron rendimientos del cultivo de maíz Pachía que difieren entre los tratamientos.

El coeficiente de variación muestra un valor de 5,42 %, encontrándose dentro de los parámetros de un experimento bien realizado.

En la tabla 15 podemos observar los resultados de la prueba de significancia de la prueba tukey.

Tabla 15

*Prueba de significación de Tukey de rendimiento total (t/ha) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachia*

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias (Cm)</b>	<b>Significación al 0,05</b>	
Hidrogel	28,11	A	
Goteo	25,59	A	B
Goteo Solar	24,46		B
Gravedad	21,30		C

*Nota.* La tabla presenta la prueba de significación de Tukey de rendimiento total (t/ha) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía.

En la tabla 15, de prueba de significación Tukey con un 95% de confianza, nos muestra que existen cuatro categorías estadísticas diferentes. La primera categoría está conformada por el tratamiento hidrogel siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos con 28,11 t/ha, la segunda categoría conformada por el tratamiento goteo solar , es estadísticamente igual al tratamiento hidrogel con 25,59 t/ha e igual a la tercera categoría conformada por el tratamiento goteo con 24,46 t/ha; la cuarta categoría conformada por el sistema de riego por gravedad (siendo el testigo) presento un rendimiento inferior al resto de los tratamientos experimentados con un rendimiento de 21,30 t/ha.

Se evidencia que el uso de hidrogel permite que el rendimiento se destaque con relación a los otros sistemas de riego empleados, por tanto se infiere que, el sistema de riego por hidrogel ha permitido que el cultivo de maíz Pachía al conservar un área homogénea de humedad en el tiempo ha permitido que el rendimiento no sea afectado o mínimamente con relación a los demás sistemas de riego empleados siendo el sistema de riego por gravedad la que menor rendimiento presento.

## 4.2 Resultado del acuerdo al objetivo específico Nro. 2: Determinar el efecto de humedad del suelo del cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales.

### 4.2.1. Humedad del sustrato (%)

A continuación en la tabla 16 podemos observar los resultados del análisis de varianza.

Tabla 16

Análisis de varianza para humedad del sustrato (%) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Bloques	3	6,4	2,13	18,01	0,00
Tratamiento	3	220,94	73,65	622,01	0,00
Error	9	1,07	0,12		
Total	15	228,4		cv=1,48	

*Nota.* La tabla presenta el cv = coeficiente de variación. (\*\*) = altamente significativo.

De acuerdo a la tabla 20, en ANAVA expresa que el efecto del diseño de bloques presento una diferencia estadística altamente significativa, por lo que se infiere que el diseño empleado para el experimento fue el adecuado dándonos un valor probabilístico de 0,00 siendo inferior a 0,05 de significación por lo cual se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la alterna.

El NAVA demuestra con un 95% de confianza que, en los tratamientos se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas con un valor probabilístico de 0,00 menor a 0,05 de error, por tanto, se infiere que, los distintos sistemas de riego empleados en el experimento tuvieron influencia en la conservación de la humedad en el suelo.

El coeficiente de variación muestra un valor de 1,48 %, encontrándose dentro de los parámetros de un experimento bien realizado.

En la tabla 17 podemos observar los resultados de la prueba de significancia de la prueba tukey.

**Tabla 17**

*Prueba de significación de Tukey de humedad del sustrato (%) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía*

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias (cm)</b>	<b>Significación al 0,05</b>
Hidrogel	29,23	A
Goteo Solar	23,48	B
Goteo	21,27	C
Gravedad	19,30	D

*Nota.* La tabla presenta la prueba de significación de Tukey de humedad del sustrato (%) sometido a distintos sistemas de riego en el cultivo muestra de maíz Pachía.

En la tabla 17, de prueba de significación Tukey con un 95% de confianza, nos muestra que existen cuatro categorías estadísticas diferentes. La primera categoría está conformada por el tratamiento hidrogel siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos con 29,23 %, la segunda categoría conformada por el tratamiento goteo solar con 23,48 %, es inferior al tratamiento hidrogel y superior al tratamiento goteo, y el tratamiento que presento una mayor pérdida de humedad en el sustrato es el testigo (sistema de riego por gravedad), manteniendo un promedio de 19,3 % con relación al resto de los tratamientos.

## CAPITULO V. DISCUSIONES

**5.1. De acuerdo al objetivo específico Nro. 1: Determinar el efecto de las características morfológicas en el cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales, se obtuvo los siguientes resultados.**

### **5.1.1. En cuanto al porcentaje de germinación (%)**

De acuerdo a los datos obtenidos para porcentaje de germinación, se evidencia que no existen diferencias significativas entre tratamientos, esto se deduce debido a que el tiempo que demora en germinar el cultivo de maíz Pachía fue de aproximadamente 3 a 5 días, lo cual se da por manifiesto que durante estos días la humedad en cada uno de los tratamientos era casi igual por lo que evidentemente no se evidencian efectos significativos en los tratamientos empleados ya que el periodo de germinación estuvo circunscrito dentro del periodo de similares condiciones entre los tratamientos en cuanto a humedad del sustrato. Los resultados del estudio guardan relación en parte con lo informado por la Asociación Zabalteka (2013), cuyo estudio tuvo como objetivo del estudio fue la obtención de agua a partir de las nieblas de zonas costeras en el distrito de San Román, Tres casos desarrolló el más un caso testigo, cuyo caso trata de que al Plantín se le incluye de manera directa al suelo, pero en el que se le puso hidrogel a lado de las raíces del plantín. Y se diluyó el hidrogel en 50 gramos en un litro de agua para cada plantín. Se puso el hidrogel se colocó en forma de “corona” en el momento que la superficie fue plana y en forma de “media luna” cuando la superficie estaba en pendiente, en la parte más alta con el hidrogel que la humedad pudiera ser aprovechada por las raíces de la planta. Este caso se utilizó en zonas de sequedad extrema como Chincha y Chanchamayo. En Chanchamayo, los resultados se determinó un promedio, mensual de captación de 20 l; no obstante, los resultados en el escenario de Chincha, en verano, no existían por la extrema insolación, los resultados fueron de equivalente forma de insuficiente en Piura.

### 5.1.2. En cuanto a la Altura de planta (cm)

Para altura de planta se observa que existen diferencias marcadas en relación al sistema de riego utilizado, en este caso el sistema de riego por hidrogel permitió un incremento en la altura de planta debido a la mayor capacidad que posee el hidrogel en relación al resto de sistemas de riego utilizados, lo cual ha permitido conservar la humedad por un tiempo más prolongado, de acuerdo a las investigaciones realizadas por otro lado, también tiene parcial relación con lo informado por Ahkter et al. (2004), quienes manifestaron que un ensayo se desarrolló en el Instituto Nuclear para la agricultura y Biología. Las plantas de las especies *Hordeum vulgare L.*, *Triticum aestivum L.* y *Cicer arietinum L.*, se utilizaron y se determinó que el hidrogel en una concentración de 0,3% es capaz de la mitigación de las consecuencias del estrés hídrico, debido a que retrasó el tiempo de marchitamiento hasta cinco días más con relación al testigo. Es fundamental referir que no tuvo ningún impacto durante la germinación el uso de hidrogel.

Además, el estudio guarda relación en parte con lo aseverado por Dorrajin y Golchi (2010), quienes indicaron que, en el año 2010, que la aplicación de 225 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel en plantas de *Zea mays sp.*, se presentó la reducción de las consecuencias del estrés hídrico, debido a que influía de manera positiva al aumento de biomasa e hizo la optimización del uso del agua en el cultivo en dos tipos de suelo diferente (franco arenoso y limoso). Adicionalmente, indicó que el hidrogel contribuye a la mitigación del estrés salino, entonces sería un valioso aditamento para garantizar el éxito de los programas de riego que se ejecutó en zonas semiáridas y áridas y semiáridas.

También los resultados guardan relación en parte con lo informado por Idrobo, Rodríguez y Díaz (2010), quienes concluyeron que existe un aumento de la retención de humedad del suelo arenoso en cuanto a su eficiencia cuando se incrementa la concentración de hidrogel, mejora la dosificación del fertilizante lo que le da mayor tiempo de que se capte los nutrientes a la planta y de esta manera aprovecharlos. El hidrogel tiene una capacidad alta para la retención de la humedad del suelo, y probablemente, en el sector agrícola, pueda aprovecharse con la finalidad de que tenga un eficiente uso el agua, es también un preponderante complemento para los suelos con niveles de drenaje naturales altos y pobres en nutrientes.



Además, los resultados encontrados guardan relación en parte con lo informado por Del Río (2018), quien investigó la evaluación técnico-económica de los sistemas de micro-riego usados en repoblación forestal, se realizó una meticulosa revisión de los diferentes sistemas de micro-riego forestal que existen, los clasifica de acuerdo a la eficiencia técnica y sus principios hidráulicos, con un modelo matemático con el propósito de conseguir el umbral de marras y; de esta manera, se pueda hacer la determinación que resulte ventajoso el micro-riego desde el punto de vista económico frente a los tradicionales. El modelo referido se informatiza y aplica una agrupación de casos de estudio de repoblación y, de esta manera se pueda realizar el análisis de su utilidad.

En lugares secos, es fundamental el uso de las indicadas tecnologías, donde las marras por estrés hídricos son producto del fracaso de plantaciones, porque en la mayoría de casos estos son con una mortalidad del 40% de la densidad total de la plantación. Sobresalieron en cuanto a los métodos de riego, los catorce heterogéneos sistemas y específicos de micro-riego forestal que pueden tener una clasificarse en cinco grupos, lo que atiende al fundamento de entrega de agua que utilizan: presión, infiltración, hidrostática, capilaridad, diferencia de potencial hídrico, y destilación solar y la clasificación próxima de acuerdo a la eficiencia técnica de cada una continúa siendo mucho más eficiente que los sistemas clásicos de irrigación para los brinzales

### **5.1.3. Rendimiento (t/ha)**

De acuerdo al estudio realizado para el indicador, la variable rendimiento presentó un incremento sustancial de 28,11 t/ha con el sistema de riego hidrogel con relación al resto de sistemas de riego empleados en la investigación; tales resultados guardan relación en parte por lo sostenido por Dorraji, Golchín & Ahmadi (2010), quienes determinaron que a 225 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel en plantas de *Zea mays sp.*, no solo se mitigaba los efectos del estrés hídrico, ya que afectaba positivamente al incremento de biomasa sino que, optimizaba el uso del agua en el cultivo en dos tipos de suelo diferente (franco arenoso y limoso). También se reportó que el hidrogel ayuda a mitigar el estrés salino, por lo que presenta cualidades adecuadas para asegurar el éxito de los programas de riego llevado a cabo en zonas áridas y semiáridas de la región de Tacna.

Además, los resultados obtenidos guardan relación en parte con lo aseverado por Montemayor et al. (2012), quienes el hidrogel, en cualquiera de la dosis aplicada (12,5 y 25 Kg ha<sup>-1</sup>) aumentó de manera significativa la mayor parte de los componentes de crecimiento y desarrollo de la planta del maíz (altura, grosor de tallo, largo y ancho de hoja). También fue alto el contenido de humedad en suelo en las tres profundidades (15, 30 y 60 cm) cuando se hizo la aplicación del hidrogel, respecto a cuándo no se aplicó el producto. El volumen de raíz también fue alto de manera significativa mayor cuando se aplicó hidrogel en cualquiera de las dosis probadas. El crecimiento y desarrollo de la planta no fue afectado, ni en el contenido de humedad por la aplicación de la biocomposta.

De acuerdo a estos análisis se puede indicar que efectivamente el uso de riego por hidrogel permitió el incremento del rendimiento en comparación al resto de sistemas de riego como: goteo solar, goteo y gravedad.

## **5.2. Resultado del acuerdo al objetivo específico Nro. 2: Determinar el efecto de humedad del suelo del cultivo de maíz Pachía con la implementación de riegos convencionales y no convencionales.**

### **5.2.1. En cuanto a la humedad del sustrato (%)**

Este indicador permitió denotar una sobresaliente ventaja que posee el sistema de riego no convencional (hidrogel) con relación al resto de sistemas de riego empleados en la presente investigación (goteo solar, goteo y gravedad), aduciendo de que el hidrogel tiene una mayor capacidad e retención de humedad que el resto de sistemas de riego utilizados. Esto se confirma con las investigaciones realizadas por diversos investigadores.

Por su lado, Idrobo, Rodríguez y. Díaz (2010), quienes concluyeron que a mayor concentración de hidrogel, hay un incremento en la eficiencia de retención de humedad de un suelo arenoso, mejor dosificación del fertilizante dándole mayor tiempo a la planta de captar los nutrientes y de esta manera aprovecharlos. El hidrogel tiene una capacidad alta para retener la humedad del suelo por lo que puede ser aprovechado para hacer un uso más eficiente del agua en el sector agrícola, es también un complemento esencial para los suelos con niveles de drenaje naturales altos y pobres en nutrientes.

También, los resultados guardan relación en parte con lo aseverado por Del Rio (2018), quien realizó una meticulosa revisión de los distintos sistemas de micro-riego forestal existentes, que, los clasifica según sus principios hidráulicos y eficiencia técnica, acompañándolo de un modelo matemático para obtener el umbral de marras y así poder determinar que micro-riego resulta ventajoso desde el punto de vista económico frente a los tradicionales, este modelo se informatiza y aplican un conjunto de casos de estudio de repoblación para así poder analizar su utilidad. El uso de estas tecnologías es especialmente interesante en lugares secos donde las marras por estrés hídricos son causa del fracaso de plantaciones ya que en muchos casos estos son con una mortalidad del 40% de la densidad total de la plantación.

En la revisión de los métodos de riego se destacaron los catorce distintos sistemas y específicos de micro-riego forestal que pueden clasificarse en cinco grupos, atendiendo al fundamento de entrega de agua que utilizan: infiltración, presión hidrostática, diferencia de potencial hídrico, capilaridad y destilación solar y la próxima clasificación de estas según la eficiencia técnica de cada una sigue siendo mucho más eficiente que los sistemas clásicos de irrigación para los brinzales.

Además, también guarda relación en parte con lo aseverado por Flores (2016), quien estableció la idea de reforestación en el país de Bolivia; sin embargo, no hubo una campaña para el cuidado ni mantenimiento de estos y las plantas entraron a un estrés hídrico en las épocas de sequía; entonces, cuatro tratamientos se trazaron con la misma metodología, pero variaciones técnicas. T1(botella de 2.5 l y depósito de 0.5 l), T2(2 botellas de 2.5 l y depósito de 0.5 l), T3(botella de 5 l y depósito de 3 l) y T4(testigo). Los resultados determinaron que se consiguió que T3 tuvo una mayor tasa de evaporación con 85.09ml por semana; adicionalmente, de una resistencia de 1.1867 mega-ohmios y 26.9 % de Hg en 10 cm de profundidad y 1.30 mega-ohmios y 26.58 % de Hg a 15 cm de profundidad; por consiguiente, fue más húmedo que los demás tratamientos.

La Evaluación comparativa de la eficiencia técnica de los sistemas de riego de brinzales, se presentaron en la sociedad española de ciencias forestales, donde las variables de entrada sería el coste unitario de cada sistema y como variable de salida la eficiencia de estas mismas, donde se compara los sistemas de riego del mercado y se consideró los sistemas convencionales.

## CONCLUSIONES

En cuanto al objetivo general: Comparar la evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2020, se ha determinado que existe diferencia significativa entre la evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2020. Al respecto, el NAVA demuestra con un 95% de confianza que, en los tratamientos se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas, según pvalor 0,00 menor a 0,05 de error, por tanto, se infiere que, los distintos sistemas de riego empleados en el experimento tuvieron influencia en el desarrollo de la altura de la planta de maíz Pachía.

En cuanto primer objetivo específico, se ha determinado que la eficiencia de uso de agua de los sistemas de riego no convencionales y convencionales permiten obtener resultados diferentes en el cultivo de maíz Pachía (*Zea mays* L.) en el distrito. El NAVA demuestra con un 95% de confianza que, en los tratamientos se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas con un valor probabilístico de 0,00 menor a 0,05 de error; por tanto, se infiere que, los distintos sistemas de riego empleados en el experimento tuvieron influencia en la madurez del fruto y peso de fruto por lo cual se obtuvieron rendimientos del cultivo de maíz Pachía que difieren entre los tratamientos.

En cuanto al segundo objetivo específico, se ha determinado que existe una relación directa entre el método de riego que se utilice con el desarrollo del cultivo de maíz Pachía (*Zea mays* L.) en el distrito La Yarada - Los Palos Tacna. Al respecto, de acuerdo a la prueba de significación Tukey, muestra que existen cuatro categorías estadísticas diferentes. Por tanto, se infiere que el sistema de riego por hidrogel ha permitido que el cultivo de maíz Pachía al conservar un área homogénea de humedad en el tiempo ha permitido que el rendimiento no sea afectado o mínimamente con relación a los demás sistemas de riego empleados siendo el sistema de riego por gravedad la que menor rendimiento presenta.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que la Dirección Regional de Agricultura desarrolle un programa de capacitación para el uso de hidrogel para cultivos de maíz en La Yarada Los Palos por su alta eficiencia en el aprovechamiento del agua y la conservación de la humedad mitigando el estrés hídrico.

Se recomienda que Los agricultores desarrollen buenas prácticas de sistema de riego no convencional ya que permitirá la ampliación de las áreas de siembra, más aún que La Yarada Los Palos presenta una creciente demanda de agua debido a nuevas áreas destinadas a la agricultura y usar sistemas de riego tradicionales suena insostenible para una zona árida donde predomina suelos secos y arenosos y francos.

Se recomienda que la Dirección Subregional de Agricultura junto con el Gobierno Regional, el Órgano de Evaluación y Fiscalización Ambiental hagan notar a los agricultores de la relevancia de para que no haya proliferación de la agricultura informal, debido a que va en contra de LA NAPA FREÁTICA de La Yarada Los Palos por ese motivo está ganando terreno el agua marina por la presión de agua es menor y el agua subterráneo será más salina

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K., Mardan, A., & Ahmad, M. y. (2004). *Efectos de la enmienda de hidrogel sobre el almacenamiento de agua de suelos franco arenosos y francos y crecimiento de plántulas de cebada*.
- Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible. (2013). *"Captación de agua de niebla para reforestación en Perú y Bolivia"*. Ner Group, Asociación Zabalteka.
- Bosco, A. G. (2012). *Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo para el cultivo del pepino en el área convencional*. Retrieved from <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/23/1/Zambrano%20Due%c3%b1as%20%20%20%20Bosco-Garc%c3%ada%20Zamora%20Francisco.pdf>
- Caicedo-Camposano, O., Cadena-Piedrahita, D., Galarza-Centeno, E., & Solorzano-Galarza, D. (2020). *Revista Científica y Tecnológica*. Retrieved from <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/download/472/425/>
- Concepto Ambiental. (2015). *Concepto Ambiental S.A*. Retrieved from [www.conceptoambiental.com](http://www.conceptoambiental.com)
- Coronel, R. (2015). *Efecto de la Amonificación de la Paja de Maíz, sobre su valor nutricional*. Retrieved from <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6925/RAFAEL%20ALEXIS%20CORONEL%20RIOS.pdf?sequence=1>
- Del Río, J. (2018). *Revisión y evaluación técnico-económica de los sistemas de Micro-riego usados en la repoblación forestal", en la Universidad de Valladolid*". Retrieved from <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/35014/Tesis1470-190313.pdf?sequence=1> HYPERLINK  
["https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/35014/Tesis1470-190313.pdf?sequence=1&isAllowed=y"](https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/35014/Tesis1470-190313.pdf?sequence=1&isAllowed=y) HYPERLINK  
["https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/35014/Te](https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/35014/Te)
- Diario Oficial "El Peruano". (2009, Marzo). Retrieved from <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29338.pdf>
- Díaz, C., & Esteller, M. y.-V. (2005). *Recursos Hídricos. Conceptos básicos y estudio de caso en Iberoamérica*. Piriguazú Ediciones.

- DIGESA. (2008). *Dirección General de Salud Ambiental*. Retrieved from [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/VERT%20Y%20VIG%20WEB/2007/perfil%20peru%20TOTAL%20%20VIGILANCIA%20FINAL.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/VERT%20Y%20VIG%20WEB/2007/perfil%20peru%20TOTAL%20%20VIGILANCIA%20FINAL.pdf)
- Dorraji, S., & Golchin, A. a. (2010). *Los efectos del polímero hidrofílico y la salinidad del suelo en el crecimiento del maíz en suelo arenosos y arcillosos*. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103290383>
- Dorraji, S., & Golchin, A. a. (2010). *Los efectos del polímero hidrofílico y la salinidad del suelo en el crecimiento del maíz en suelo arenosos y arcillosos*. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103290383>
- FAO. (2011). *Maíz*. Editorial Trillas S.A. DE CV.
- Flores, A. (2016). *Estudio del uso de botellas plásticas recicladas (PET) en el riego por goteo solar y su aplicación en la forestación*. Retrieved from Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10328/TD-2313.pdf?sequence=3> HYPERLINK  
["https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10328/TD-2313.pdf?sequence=3&isAllowed=y"](https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10328/TD-2313.pdf?sequence=3&isAllowed=y) & HYPERLINK  
["https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456](https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456)
- Flores-Gallardo, H., Sifuentes-Ibarra, E., Flores-Magdaleno, H., & Ojeda-Bustamante, W. y.-G. (2014). "Técnicas de Conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 241-252. doi: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México
- Gobierno Regional de Tacna. (2011). *regiontacna.gob.pe*. Retrieved from [http://ww2.regiontacna.gob.pe/grt/documentos/2011/personal/PDRC\\_TACNA\\_hacia\\_el\\_2021.pdf](http://ww2.regiontacna.gob.pe/grt/documentos/2011/personal/PDRC_TACNA_hacia_el_2021.pdf)
- Goicochea, J. (2016). *Gestión integrada de los recursos hídricos*. Editorial Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Hargreaves, G. y. (1985). *Evapotranspiration from Temperature. Applied Engineering in Agriculture*. Retrieved from <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=26773>
- Ibrahim. (2021). *Uso de polímeros de hidrogel en la agricultura*. Ediciones nuestro conocimiento.

- Idrobo, H., & Rodríguez, A. y. (2010). *Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*. Retrieved from Universidad del Valle Cali, Colombia: <https://www.redalyc.org/pdf/2311/2311116434004.pdf>
- Leimbacher, A. (2008). *Los riegos de apoyo y de socorro en repoblaciones forestales*. Retrieved from <http://www.oasification.com/archivos/Riegos%20de%20apoyo%20y%20socorro.pdf>
- Lesure, L. (2005). *Manual del cultivo del maíz*. Editorial Trillas Sa De Cv. . Retrieved from Editorial Trillas Sa De Cv.
- Montemayor, A., Lara, J., Woo-Reza, Munguía-López, J., & Rivera-González, M. y.-C. (2012). *Producción de maíz forrajero en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Duango*. Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952012000300006](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000300006)
- Nazaril, Z. D. (2010). *Artículo científico de la revista AcademicPres. Not Sci Biol 2*. Retrieved from 53-58: [https://www.researchgate.net/publication/49591585\\_The\\_Effect\\_of\\_Water\\_Stress\\_and\\_Polymer\\_on\\_Water\\_Use\\_Efficiency\\_Yield\\_and\\_several\\_Morphological\\_Traits\\_of\\_Sunflower\\_under\\_Greenhouse\\_Condition](https://www.researchgate.net/publication/49591585_The_Effect_of_Water_Stress_and_Polymer_on_Water_Use_Efficiency_Yield_and_several_Morphological_Traits_of_Sunflower_under_Greenhouse_Condition)investigaron
- Olvera, M., Bahena, G., & Alpuche, O. y. (2014). *La tecnificación del riego ante la escasez del agua para la generación de alimentos*. Estudio de caso en Chihuahua, México. Retrieved from Estudio de caso en Chihuahua, México.
- Oñate, Z. L. (2016). *"Duración de las Etapas Fenológicas y Profundidad Radicular del Cultivo De Maíz (Zea MAYS) VAR. Blanco Harinoso Criollo, Bajo las Condiciones Climáticas del Cantón Cevallos"* . Retrieved from <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20371.pdf>
- Parihuana, F. (2011). *Tesis "Factores que inciden en el déficit hídrico, para la producción en la Yarada"*. Retrieved from <http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/554/TG0398.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Velasco, E. (2013). *Tesis "Evaluación de uniformidad y eficiencia de riego en tres módulos de riego por aspersion en el cultivo del cacao, en el sector de Maranniyoc- Echara Ti"*. Universidad Nacional de San Antonio Abad - Cusco.

**ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de Consistencia

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (*Zea mays*), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2020”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo es la evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (<i>Zea mays</i>), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2020?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Comparar la evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (<i>Zea mays</i>), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2020.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>Existe diferencia significativa entre la evaluación de la eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales y no convencionales, en cultivos de Maíz Pachía (<i>Zea mays</i>), en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna-2020.</p>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos de riego convencionales</p>	<p><b>Tipo</b></p> <p>Aplicada</p>
	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>a) Comprobar la eficiencia de uso de agua de los sistemas de riego no convencionales y convencionales en el cultivo de maíz (<i>Zea mays</i> L.), en el distrito La Yarada - Los Palos Tacna-2021.</p>	<p><b>Hipótesis específica</b></p> <p>a) La eficiencia de uso de agua del sistema de riego no convencionales y convencionales permiten obtener resultados diferentes en el cultivo de maíz Pachía (<i>Zea mays</i> L.) en el distrito La Yarada - Los Palos Tacna</p> <p>b) Existe una relación directa entre el método de riego que se utilice con el desarrollo del cultivo de</p>	<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Eficiencia del uso del recurso hídrico aplicando métodos no convencionales</p>	<p><b>Ubicación del campo experimental</b></p> <p>El área de estudio está ubicada en el distrito de La Yarada-Los Palos, en Las Palmeras 2.</p> <p><b>Ubicación geográfica</b></p> <p>Se encuentra a 23 kilómetros de la ciudad de Tacna y las coordenadas son:</p> <p>Latitud: -18.13605215,</p> <p>Longitud: -70.337245</p> <p><b>Población</b></p> <p>La población del experimento estuvo representada por un área de 600 m<sup>2</sup> referenciada en La Yarada los Palos, en la cual se sembró 640 ejemplares de maíz Pachía.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>La muestra extraída de la población se estableció en las 16 unidades experimentales (en cada unidad hay 35 plantas de maíz Pachía) donde se llevó a cabo la instalación de los tratamientos o sistemas de riegos en estudio.</p>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>a) ¿Será posible comprobar que los sistemas no convencionales, como en el caso de hidrogel y riego por goteo solar harán un uso de agua más eficiente en comparación a los métodos de riego</p>				

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
convencionales (gravedad y goteo)?  b) ¿Cuál será la relación entre el método de riego y el desarrollo del cultivo de maíz Pachía ( <i>Zea mays</i> L.) en el distrito La Yarada-Los Palos Tacna?	b) Determinar si existe una relación directa entre los métodos de riego con el desarrollo del cultivo de maíz Pachía ( <i>Zea mays</i> L.) en el distrito La Yarada - Los Palos Tacna	maíz Pachía ( <i>Zea mays</i> L.) en el distrito La Yarada - Los Palos Tacna		<p><b>Técnicas e instrumentos para la recolección de datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolección de datos para esquema experimental</li> <li>- Periodicidad del monitoreo</li> </ul> <p>Control y mantenimiento del sistema de riego</p> <p><b>Caracterización fisicoquímica del suelo y condiciones climatológicas en La Yarada los palos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selección del área para toma de muestra</li> <li>- Toma de muestra para análisis fisicoquímico del suelo</li> <li>- Análisis fisicoquímico del suelo</li> <li>- Prueba de velocidad de infiltración</li> <li>- Obtención de datos hidrometeorológicos del SENAMHI</li> </ul>

### Anexo 2: Formato de monitoreo de campo

FICHA DE MONITOREO											
BLOQUE		SISTEMA DE RIEGO			Gr	Go	Hi	Sol	FECHA:		
	H%	T°	ALT	COLOR	FASE FENO		H%	T°	ALT	COLOR	FASE FENO
1						21					
2						22					
3						23					
4						24					
5						25					
6						26					
7						27					
8						28					
9						29					
10						30					
11						31					
12						32					
13						33					
14						34					
15						35					
16						36					
17						37					
18						38					
19						39					
20						40					

H% (Humedad del suelo), T° (Temperatura), ALT(Altura del tallo), FASE FENO (Fase fenologica), Gr (Riego por gravedad), Sol (Riego por goteo solar), Hi(Hidrogel)Go(Riego por goteo)

### Anexo 3: Análisis de suelos

En la tabla 18 se muestran los resultados del análisis de suelo.

Tabla 18

*Análisis del suelo del área experimental, Yarada los Palos ubicación las palmeras*

Análisis Físicos	Resultados
Arena	85,00%
Arcilla	2,00%
Limo	13,00%
Clase Textual	Franco Arenoso
Análisis Químico	Resultados
Co3ca	0,00
Ph	6,25
C.E.	0,23 Mmhos/Cm
Materia Orgánica	0,85
Nitrógeno	0,03
Fosforo	18,3 Ppm
Potasio	526,04 Ppm

*Nota.* laboratorio del instituto de investigación agraria INIA (2021).

Según la tabla 18, los resultados del análisis físico y químico del suelo se trata de un suelo de textura arena franca, el pH fue 6,25 siendo el cultivo de maíz uno de los cereales que se adaptan a diferentes tipos de suelos, en este caso se incorporó materia orgánica por encontrarse según el análisis bajo.

#### Anexo 4: Temperaturas registradas

En la tabla 19 nos indica las temperaturas máximas, mínimas, la humedad relativa y precipitación de la estación meteorológica de la Yarada.

Tabla 19

*Temperaturas registradas en la Estación Meteorológica de La Yarada 2021*

Meses	Temperatura (°C)		Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/día) Total
	Max	Min		
Enero	26,81	16,96	86,32	0,00
Febrero	26,79	16,94	86,28	0,00
Marzo	26,83	16,97	86,23	0,00
Abril	24,53	16,61	87,36	0,00

*Nota.* SENAMHI/DRD-Tacna (2021)

De acuerdo a las características climatológicas brindadas por la estación meteorología SENAMHI, nos muestra que tanto las temperaturas registradas dentro de los 4 meses del presente años 2021 se encuentran dentro de los parámetros aceptables para que el cultivo de maíz presente un desarrollo óptimo. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8° C y a partir de los 30° C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua.

### Anexo 5: Frecuencia de aplicación

En la tabla 20 se indica la frecuencia de riego para los cultivos de la investigación.

*Tabla 20*

*Frecuencia de aplicación de riego del experimento para sistemas de riego convencional y no convencional*

RIEGO (mm)	BALANCE (mm)	RIEGO/MES L/M2	RIEGO/600m2	M3/600m2	RIEGO/SEM./M3
3,94	29,77	110,42	66 253,28	66,25	16,56
6,09	29,53	170,65	10 239,43	102,39	25,60
5,50	30,04	170,65	10 239,43	102,39	25,60
2,15	29,19	30,12	18 069,08	18,7	9,03

Tal como detalla la tabla 20, los riegos se efectuaron día por medio presentando como equivalente semanal las cantidades 16,56; 25,60; 25,60 y 9,03 m3/ semana/ 600 m2 y la frecuencia se evaluó de acuerdo a la capacidad de infiltración del suelo tal como se detalla más adelante.



### **Anexo 6: Resultados de análisis**

En la tabla 21 nos indican los resultados de la prueba de infiltración que se realizó en el área de estudio.

Tabla 21

*Resultados del análisis de infiltración realizada en la ubicación I*

Velocidad de infiltración promedio	Unidad (mm/hora)
Primera hora (mm)	199,51
Segunda hora (mm)	150,83
Tercera hora (mm)	139,72

*Nota.* la tabla presenta los resultados del análisis de infiltración realizada en la ubicación

En la tabla 21, se muestra que en la primera hora de transcurrido el tiempo con respecto a la segunda hora, existe una diferencia de 48,68 mm de descenso en velocidad de infiltración, y en relación a la segunda hora y la tercera existe una diferencia de 11,11 mm. Esta disminución en la velocidad de infiltración se debe a que el suelo está llegando a su punto de saturación.

**Anexo 7: Resultados de análisis de infiltración**

En la tabla 22 indica los resultados de la prueba de infiltración en el área de estudio.

Tabla 22

*Resultados del análisis de infiltración realizada en la ubicación II*

Velocidad de infiltración promedio	Unidad (mm/hora)
Primera hora (mm)	117,40
Segunda hora (mm)	68,74
Tercera hora (mm)	57,93

*Nota.* La tabla presenta los Resultados del análisis de infiltración realizada en la ubicación II

**Anexo 8: Norma Técnica Peruana**

---

NORMA TÉCNICA	NTP-ISO/IEC 17025
PERUANA	2017

---

Dirección de Normalización - INACAL  
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

## Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración

General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

(EQV. ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories)