



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**T E S I S**

**EFFECTO DEL POLIACRILATO DE POTASIO EN LA  
EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL OLIVO (*Olea europaea* L.)  
EN EL DISTRITO DE SAMA - TACNA 2020**

**PRESENTADA POR**

**BACHILLER WALTER ELVIS AYALA QUISPE**

**ASESOR:**

**ING. ALEJANDRO FUENTES HUAMÁN**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MOQUEGUA - PERÚ**

**2023**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
Página de jurado.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
CONTENIDO DE TABLAS.....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xii
CONTENIDO DE APÉNDICES.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2. Definición del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. Económica.....	3
1.4.2. Social.....	4
1.4.3. Ambiental.....	4

1.5 Alcances y limitaciones.....	4
1.5.1. Alcances. ....	4
1.5.2. Limitaciones. ....	4
1.6. Variables .....	4
1.6.1. Variables independientes (X).....	4
1.6.2. Variables dependientes (Y).....	5
1.6.3. Operacionalización de variables. ....	5
1.6.4. Definición conceptual de las variables.....	5
1.7. Hipótesis de la investigación.....	9
1.7.1 Hipótesis general. ....	9
1.7.2 Hipótesis específicas. ....	9

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de investigación .....	10
2.1.1. Antecedentes internacionales. ....	10
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	12
2.2. Marco teórico .....	13
2.2.1. El cultivo del olivo. ....	13
2.2.2. Botánica y morfología.....	14
2.2.3. Retenedores de agua en la producción agrícola. ....	20
2.2.4. Riego del cultivo de olivo. ....	21
2.3. Definición de términos .....	22
2.3.1. Poliacrilato de potasio. ....	22
2.3.2. Lámina de riego de los cultivos .....	23

## CAPÍTULO III

### MÉTODO

3.1. Tipo de investigación .....	24
3.2. Diseño de la Investigación .....	24
3.2.1. Factores en estudio.....	25
3.3. Población y muestra .....	26
3.3.1. Población.....	26
3.3.2. Muestra.....	27
3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos .....	27
3.4.1. Técnicas de recolección de datos. ....	27
3.4.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos. ....	29
3.4.3. Hipótesis Estadística. ....	29
3.5. Características del campo experimental.....	30
3.5.1. Área total.....	30
3.5.2. Área del bloque. ....	30
3.5.3. Área de la unidad experimental.....	30
3.5.4. Lugar de ejecución. ....	31
3.6. Manejo del experimento.....	31
3.6.1. Preparación de plantas.....	31
3.6.2. Determinación de las necesidades totales de riego. ....	32
3.6.3. Preparación y aplicación de poliacrilato de potasio.....	36
3.6.4. Labores culturales en el cultivo.....	37
3.6.5. Manejo y evaluación de tratamientos.....	38

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados .....	39
4.1.1. Longitud de brotes mixtos.....	39
4.1.2. Área foliar de brotes mixtos.....	42
4.1.3. Porcentaje de cuajado.....	42
4.1.4. Rendimiento de cosecha.....	46
4.1.5. Peso de fruto.....	50
4.1.6. Tamaño de fruto .....	54
4.1.7. Relación pulpa semilla .....	58
4.2. Contrastación de hipótesis .....	61
4.2.1. Incremento de longitud de brotes mixtos.....	61
4.2.2. Incremento de área foliar. ....	61
4.2.3. Porcentaje de cuajado.....	61
4.2.4. Rendimiento. ....	62
4.2.5. Peso de fruto.....	63
4.2.6. Tamaño de fruto. ....	63
4.2.7. Relación pulpa semilla. ....	63
4.3. Discusión de resultados.....	64
4.3.1. Incremento de longitud de brotes mixtos.....	64
4.3.2. Incremento de área foliar. ....	64
4.3.3. Porcentaje de cuajado.....	65
4.3.4. Rendimiento. ....	65
4.3.5. Peso de fruto.....	66

4.3.6. Tamaño de fruto.....	67
4.3.7. Relación pulpa semilla.....	67

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones.....	69
5.2. Recomendaciones.....	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
APÉNDICES.....	78
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	92
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	93

## CONTENIDO DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Operacionalización de variables .....	5
Tabla 2 Eficiencia de aplicación para diversos métodos de riego .....	19
Tabla 3 Combinación de factores.....	26
Tabla 4 Esquema del análisis de varianza.....	29
Tabla 5 Evapotranspiración potencial (ETP) .....	34
Tabla 6 Coeficiente de cultivo, norte de Chile.....	34
Tabla 7 Planilla de cálculo de riego .....	35
Tabla 8 Planilla de cálculo de riego (continuación).....	36
Tabla 9 Análisis de varianza para la variable longitud de brotes mixtos.....	39
Tabla 10 Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor restitución de la ETC en la variable longitud de brotes mixtos.....	40
Tabla 11 Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor poliacrilato de potasio en la variable longitud de brotes mixtos .....	41
Tabla 12 Análisis de varianza para la variable área foliar de brotes mixtos.....	42
Tabla 13 Análisis de varianza para la variable porcentaje de cuajado.....	43
Tabla 14 Análisis de efectos simples en la variable porcentaje de cuajado.....	43
Tabla 15 Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto al nivel B <sub>2</sub> del factor poliacrilato de potasio en la variable porcentaje de cuajado .....	44

Tabla 16	Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a cada nivel del factor restitución de la ETC en la variable porcentaje de cuajado .....	45
Tabla 17	Análisis de varianza para la variable rendimiento de cosecha.....	46
Tabla 18	Análisis de efectos simples en la variable rendimiento de cosecha.....	47
Tabla 19	Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto al nivel B <sub>2</sub> del factor poliacrilato de potasio en la variable rendimiento de cosecha .....	48
Tabla 20	Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a cada nivel del factor restitución de la ETC en la variable rendimiento de cosecha .....	49
Tabla 21	Análisis de varianza para la variable peso de fruto.....	51
Tabla 22	Análisis de efectos simples en la variable peso de fruto.....	51
Tabla 23	Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto al nivel B <sub>2</sub> del factor poliacrilato de potasio en la variable peso de fruto .....	52
Tabla 24	Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a cada nivel del factor restitución de la ETC en la variable peso de fruto .....	53
Tabla 25	Análisis de varianza para la variable tamaño de fruto .....	55
Tabla 26	Análisis de efectos simples en la variable tamaño de fruto .....	55

Tabla 27 Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto al nivel B <sub>2</sub> del factor poliacrilato de potasio en la variable tamaño de fruto.....	56
Tabla 28 Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a cada nivel del factor restitución de la ETC en la variable tamaño de fruto.....	57
Tabla 29 Análisis de varianza para la variable relación pulpa/semilla.....	59
Tabla 30 Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor restitución de la ETC en la variable relación pulpa semilla .....	59
Tabla 31 Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor poliacrilato de potasio en la variable relación pulpa semilla.....	60

## CONTENIDO DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Distribución de los tratamientos en campo.....	26
<i>Figura 2.</i> Ubicación georeferenciada del trabajo de investigación.....	31
Figura 3. Promedios de los efectos principales del factor restitución de la ETC en la variable longitud de brotes mixtos.....	40
Figura 4. Promedios de los efectos principales del factor poliacrilato de potasio en la variable longitud de brotes mixtos.....	41
Figura 5 . Promedios de los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto a los niveles del factor poliacrilato de potasio en la variable porcentaje de cuajado. ....	44
Figura 6. Promedios de los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a los niveles del factor restitución de la ETC en la variable porcentaje de cuajado. ....	46
Figura 7. Promedios de los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto a los niveles del factor poliacrilato de potasio en la variable rendimiento de cosecha. ....	48
Figura 8. Promedios de los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a los niveles del factor restitución de la ETC en la variable rendimiento de cosecha. ....	50

Figura 9. Promedios de los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto a los niveles del factor poliacrilato de potasio en la variable peso de fruto. ....	52
Figura 10. Promedios de los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a los niveles del factor restitución de la ETC en la variable peso de fruto. ....	54
Figura 11. Promedios de los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto a los niveles del factor poliacrilato de potasio en la variable tamaño de fruto. ....	56
Figura 12. Promedios de los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a los niveles del factor restitución de la ETC en la variable tamaño de fruto. ....	58
Figura 13. Promedios de los efectos principales del factor restitución de la ETC en la variable relación pulpa semilla. ....	59
Figura 14. Promedios de los efectos principales del factor poliacrilato de potasio en la variable relación pulpa semilla. ....	60

## CONTENIDO DE APÉNDICES

	<b>Pág.</b>
<b>Apéndice A: Tablas</b>	
Tabla A 1 Medias de la variable longitud de brotes mixtos (cm) .....	78
Tabla A 2 Medias de la variable área foliar de brotes mixtos (cm <sup>2</sup> ) .....	78
Tabla A3 Medias de la variable porcentaje de cuajado (%).....	79
Tabla A4 Medias de la variable rendimiento de cosecha (kg/ha) .....	79
Tabla A 5 Medias de la variable peso de fruto (g).....	80
Tabla A 6 Medias de la variable tamaño de fruto (mm) .....	80
Tabla A 7 Medias de la variable relación pulpa semilla (%) .....	81
<b>Apéndice B: Figuras</b>	
Figura B 1. Análisis de agua .....	82
Figura B 2. Análisis de suelos.....	83
Figura B 3. Determinación de evapotranspiración potencial (FAO - CROPWAT versión 8).....	84
<b>Apéndice C: Fotografía</b>	
Fotografía C 1. Instalación trabajo de investigación fundo los Chañales, distrito de Sama las Yaras .....	85
Fotografía C 2. Construcción del vaso regulador.....	85

Fotografía C 3. Aplicación de materia orgánica .....	86
Fotografía C 4.. Instalación del sistema de riego por goteo.....	86
Fotografía C 5. Poda del olivo .....	87
Fotografía C 6. Aplicación del Poliacrilato de Potasio .....	87
Fotografía C 7 . Aplicación del riego según los tratamientos propuestos.....	88
Fotografía C 8. Aplicaciones fitosanitarias .....	88
Fotografía C 9. Evaluación conteo de flores .....	89
Fotografía C 10. Evaluación porcentaje de cuajado.....	89
Fotografía C 11. Recolección de hojas para el índice de área foliar .....	90
Fotografía C 12. Análisis de índice de área foliar en laboratorio .....	90
Fotografía C 13. Evaluación inicio de envero de la aceituna.....	91
Fotografía C 14. Evaluación relación pulpa semilla .....	91

## RESUMEN

El presente experimento tuvo como objetivo el *Determinar el efecto del poliacrilato de potasio y la restitución diferenciada de la evapotranspiración en el cultivo del olivo (Olea europaea L.) en el distrito de Sama – Tacna*. Para ello se aplicó el modelo DCBA, con arreglo factorial de 2 x 3; Factor A: Restitución de la ETC (A1: 100 % de la ETC y A2: 80 % de la ETC) y Factor B: Poliacrilato de potasio\_(B1: 00, B2: 35, B3:70 y B4: 105 g planta<sup>-1</sup>). Los resultados mostraron un efecto significativo sobre las medias entre las medias de los factores y sobre las medias en la mayoría de las interacciones de variables. En incremento de longitud de brotes mixtos se alcanzó 2,03 cm. En b4 se alcanzó 2,13 cm versus 2,05 de B3, muy superior al testigo con 1,86 cm. En área foliar no se encontraron diferencias. En porcentaje de cuajado en A1B2 se alcanzó 31,68 %. En rendimiento A1B4 logró 12 573 kg ha<sup>-1</sup>, y A2B4 11 275,68 kg ha<sup>-1</sup>. En peso de fruto B2A1 alcanzó 10,18 g. En tamaño de fruto A1B4 alcanzó 250,78 mm. En relación pulpa semilla en A1 se alcanzó 16,57; B4 alcanzó 17,71 y B3 17,19. Concluyendo que utilizando el poliacrilato de potasio se puede reducir la demanda hídrica (ETc) en un 20 %, dado que se utilizó el 80 % de la ETC calculada.

**Palabras Clave:** Evapotranspiración del cultivo, poliacrilato de potasio, olivo

## ABSTRACT

The objective of this experiment was to determine the effect of potassium polyacrylate and the differentiated restitution of evapotranspiration in the cultivation of olive trees (*Olea europaea* L.) in the district of Sama - Tacna. For this, the DCBA model was applied, with a 2 x 3 factorial arrangement; Factor A: Restitution of ETC (A1: 100% of ETC and A2: 80% of ETC) and Factor B: Potassium polyacrylate (B1: 00, B2: 35, B3:70 and B4: 105 g plant<sup>-1</sup>). The results showed a significant effect on the means between the means of the factors and on the means in most of the variable interactions. In the increase in length of mixed shoots, 2.03 cm was reached. In b4, 2.13 cm was reached versus 2.05 in B3, much higher than the control with 1.86 cm. No differences were found in leaf area. In percentage of fruit set in A1B2, 31.68 % was reached. In yield A1B4 achieved 12,573 kg ha<sup>-1</sup>, and A2B4 11,275.68 kg ha<sup>-1</sup>. In fruit weight B2A1 reached 10.18 g. In A1B4 fruit size it reached 250.78 mm. In relation to seed pulp in A1, 16.57 was reached; B4 reached 17.71 and B3 17.19. Concluding that using potassium polyacrylate, water demand (ETc) can be reduced by 20%, since 80% of the calculated ETC was used.

**Keywords:** Crop evapotranspiration, potassium polyacrylate, olive tree

## INTRODUCCIÓN

Tacna, región del extremo sur del Perú, ubicada en cabecera del desierto de Atacama; cuenta con cerca de 23 000 hectáreas de cultivo de olivos, constituyendo una importante actividad económica que genera fuentes de trabajo directo e indirecto para 12 000 personas (ANDINA, 2019).

Al igual que toda la costa sur peruana, adolece de abundancia de recursos hídricos, limitante para el desarrollo de la agricultura en general; y en particular del olivo que, si bien tolera condiciones de estrés hídrico, no significa que pueda satisfacer económicamente, cuando las deficiencias hídricas son extremas, como es el caso de Sama – Tacna.

En tal sentido, la tecnología de riego ha desarrollado diversas estrategias para optimizar el recurso hídrico, y su importancia consiste en adoptarlas para lograr el desarrollo de los cultivos; para ello se han propuesto estrategias de determinación de la demanda como la Evapotranspiración del cultivo o ETC que considera el efecto del clima y las condiciones propias del cultivo, suelo y manejo además de la utilización de recursos y enmiendas para optimizar la utilización del agua. En tal sentido el alcance del presente trabajo desarrollado, en la zona de Sama – Tacna, es optimizar el uso del recurso hídrico referente al cultivo del olivo, con la utilización del Poliacrilato de potasio, y que el agua sobrante pueda utilizarse en otras zonas cultivadas que adolecen de dicho recurso hídrico. (Martínez & Tapia, 2002).

Uno de los elementos asociados a la tecnología de riegos es la llamada lluvia sólida, constituida por hidrogeles de poliacrilato de potasio, cuya capacidad de absorber agua alcanza hasta 500 veces su volumen, permitiendo retener el agua por un tiempo superior a la del suelo solo, permitiendo restituir la humedad a las raíces de forma sostenida, superando momentos de estrés que afectan directamente la producción.

El presente trabajo tiene el propósito de evaluar la respuesta del cultivo de olivo a la aplicación diferenciada (controlada) de dos niveles de la ETC (100 y 80 %), utilizando poliacrilato de potasio como retenedor de agua en el suelo.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción de la realidad del problema

La agricultura en la costa sur de Perú, adolece y siempre ha adolecido de recursos hídricos suficientes para el desarrollo sostenido de la producción. Así Kuroiwa (2012) manifiesta que “La costa peruana es una región muy seca, con zonas extremadamente secas en las costas sur y central. La precipitación es prácticamente cero al nivel del mar, pero alrededor de 900 mm por año cerca del fondo de la cuenca. Las precipitaciones más intensas se producen desde mediados de noviembre hasta mediados de abril. Tacna, es una de las regiones con mayor superficie cultivada de olivo en estas condiciones.

Así, la producción agrícola en general, y en particular el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.) enfrenta serios problemas de desarrollo, tanto en la extensión del cultivo como en su productividad; que si bien, el olivo es considerado un cultivo resistente a las sequías; Del Carpio (2009) manifiesta que se necesitan volúmenes mayores a  $10\,000\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$  en la irrigación Magollo – Tacna, en riego por gravedad, para conseguir una producción aceptable (p.24).

El olivo en la región Tacna (Magollo, La Yarada, Sama) es afectado por la deficiencia del recurso hídrico y al margen del sistema de riego, se considera una urgencia buscar estrategias técnicas que reduzcan los volúmenes de riego; o hagan más eficiente su utilización, por lo complicado que se representa en mantener en capacidad de campo a los cultivos instalados en estas zonas mencionadas.

## **1.2. Definición del problema**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cuál será el efecto del poliacrilato de potasio y la restitución diferenciada de la evapotranspiración en el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.) en el distrito de Sama - Tacna?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

¿Cómo influirá el poliacrilato de potasio, en el comportamiento agronómico del cultivo de olivo en condiciones del distrito de Sama - Tacna?

¿Cuál será la respuesta agronómica del cultivo de olivo a la restitución diferenciada de la evapotranspiración en el distrito de Sama - Tacna?

¿Cómo influirá la interacción del poliacrilato de potasio y la restitución diferenciada de la evapotranspiración, en el comportamiento agronómico del cultivo de olivo en el distrito de Sama - Tacna?

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Determinar el efecto del poliacrilato de potasio y la restitución diferenciada de la evapotranspiración en el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.) en el distrito de Sama – Tacna.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

Diferenciar la influencia del poliacrilato de potasio, en el comportamiento agronómico del cultivo de olivo en condiciones del distrito de Sama – Tacna.

Determinar la respuesta agronómica del cultivo de olivo a la restitución diferenciada de la evapotranspiración en el distrito de Sama – Tacna.

Determinar el efecto de la interacción del poliacrilato de potasio y la restitución diferenciada de la evapotranspiración, en el comportamiento agronómico del cultivo de olivo en el distrito de Sama – Tacna.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Económica.**

En lo económico se justifica, porque propone una tecnología que busca reducir los volúmenes de agua optimizando su uso, que en condiciones del sector tiene un costo significativo que afecta la economía del agricultor.

### **1.4.2. Social.**

Un mejor aprovechamiento del agua generaría excedentes hídricos para otros usos como el consumo humano, ampliación agrícola, solucionando problemas sociales.

### **1.4.3. Ambiental.**

En lo ambiental se justifica ya que el uso de una tecnología que reduce el consumo hídrico favorece condiciones ambientales generadas por la disponibilidad de recursos hídricos para otros sectores de producción.

## **1.5 Alcances y limitaciones**

### **1.5.1. Alcances.**

Los resultados del trabajo se aplicarán en forma directa por los productores de olivo de la irrigación Sama: distrito de Sama de la provincia de Tana; cuyas limitaciones productivas es la restringida disponibilidad del agua.

### **1.5.2. Limitaciones.**

Reducida disposición de información de tecnologías de riego que se utilizan en otros centros de producción de cultivos del país, hacia los productores olivícolas.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variables independientes (X).**

Evapotranspiración del cultivo (ETC)

Poliacrilato de potasio

### 1.6.2. Variables dependientes (Y).

1. Longitud de brotes mixtos (cm)
2. Área foliar de brotes mixtos (mm<sup>2</sup>)
3. Porcentaje de cuajado (%)
4. Rendimiento de cosecha (kg ha<sup>-1</sup>)
5. Peso frutos (g)
6. Tamaño de frutos (mm)
7. Relación pulpa semilla (Ratio)

### 1.6.3. Operacionalización de variables.

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

Variable	Dimensión	Indicadores	U medida	Instrumentos
<b>Independiente:</b>				
Evapotranspiración	Meteorolo	Necesidad hídrica	mm	CROPWAT
Poliacrilato de potasio	Enmienda	g planta <sup>-1</sup>	g	Balanza
<b>Dependientes:</b>				
Longitud brotes mixtos	Biométrico	Largo	cm	Flexómetro
Área foliar brotes mixt	Biométrico	Diámetro	cm <sup>3</sup>	Balanza
Porcentaje de cuajado	Biométrico	Porcentaje	%	Conteo
Rendimiento de cosecha	Biométrico	Ratio	Kg/ha	Balanza
Peso frutos	Biométrico	Gramos	g	Balanza
Tamaño de frutos	Biométrico	Calibre	mm	Vernier
Relación pulpa semilla	Biométrico	Ratio	Unidad	Determinación

### 1.6.4. Definición conceptual de las variables.

#### 1.6.2.1. Variables independientes.

a. *Evapotranspiración.*

La evapotranspiración del cultivo (ETC), corresponde a las necesidades de agua de los cultivos y están representadas por la suma de la evaporación directa de agua desde el suelo más la transpiración de las plantas (Fernández, 2009). Se considera como variable independiente puesto que será una de las variables que se manipularan (80 y 100 %)

Se considera la ETC como factor “Restitución de la ETC” ya que constituye el resultado de determinar, mediante información meteorológica, la evapotranspiración: Evaporación (Emisión de agua hacia la atmósfera, desde el suelo y de la superficie de las hojas) y Transpiración (Absorción de agua a través de las raíces, utilizarla en actividades fisiológicas y emitirla a través de las estomas hacia la atmósfera) (Calvache, 2002). Que en términos prácticos denominamos restitución hídrica o volumen de riego demandado.

#### *b. Poliacrilato de potasio.*

El poliacrilato de potasio es definido por Vélez (2016) como un compuesto insoluble en agua que tiene la capacidad de absorber alrededor de 350 veces su peso en agua destilada, aumentando de tamaño. Su capacidad de absorción de agua permite limitar su pérdida tanto por evaporación como por infiltración, significando un mayor tiempo de disponibilidad.

### **1.6.1.2. Variables dependientes.**

#### *a. Longitud de brotes mixtos.*

La longitud del brote mixto es el resultado del desarrollo longitudinal durante el ciclo anual del cultivo, depende del estado vegetativo del cultivo y tiene relación

directa con la satisfacción hídrica. Se considera una respuesta positiva ya que, si bien el olivar es tolerante al estrés hídrico, la deficiencia hídrica en general, provoca una reducción en el crecimiento de los brotes en los diversos estados fenológicos (Osorio, 2006).

*b. Área foliar en el brote mixto.*

Corresponde al área foliar lograda en las hojas de cada brote mixto; extrayendo para ello un área conocida relacionándolo con el peso total de hojas. Debe indicarse que el olivo en su proceso de adaptación al estrés hídrico, genera la reducción del tamaño de hojas.

*c. Porcentaje de cuajado.*

Relación entre el total de frutos logrados y el total de flores en los brotes evaluados, depende directamente de la satisfacción hídrica. Considerando que el estrés hídrico podría afectar negativamente al desarrollo de yemas, floración, cuajado, etc, (Hidalgo, Leyva, Pérez & Vega, 2017).

*d. Inicio de envero.*

Momento en el cual las aceitunas inician el pigmentado de la epidermis cambiando la tonalidad a verde amarillento, indicando que se inició el proceso de maduración cambiando finalmente al color rojizo a violáceo (AOVE, 2021).

*e. Rendimiento de cosecha.*

El rendimiento de cosecha es el resultado de multiplicar el número de frutos por su peso, se deduce que la clave para explicar ese alto porcentaje se encuentra en el

peso o tamaño del fruto, dependiendo directamente de la satisfacción hídrica. Es importante destacar, que el olivo puede adaptarse a los déficits hídrico; sin embargo, cualquier mejora sus condiciones de producción cuando dispone de agua adicional mediante el riego (Antúnez, Cajías & Román, 2014).

*f. Peso de frutos.*

Corresponde al peso logrado por los frutos del olivo (Drupa) al momento de la cosecha. Hidalgo et al. (2017) afectará la tasa fotosintética por lo tanto el crecimiento vegetativo y calidad de la cosecha, además de la cosecha del año siguiente

*g. Tamaño de frutos.*

Corresponde al volumen promedio logrado por los frutos del olivo al momento de la cosecha.

*h. Relación pulpa semilla.*

Expresa la relación existente entre el peso promedio de la pulpa y el peso promedio de la semilla del fruto. Considerando que, durante el desarrollo del fruto, la planta manifiesta una sensible respuesta al suministro de agua por riego (Rosetti, 2016).

## **1.7. Hipótesis de la investigación**

### **1.7.1 Hipótesis general.**

El uso de poliacrilato de potasio y la restitución diferenciada de la evapotranspiración favorece el desarrollo del cultivo del olivo en el distrito de Sama – Tacna.

### **1.7.2 Hipótesis específicas.**

La utilización del poliacrilato de potasio influye positivamente en el comportamiento agronómico del cultivo de olivo en condiciones del distrito de Sama – Tacna.

La restitución diferenciada de la evapotranspiración tiene efectos positivos en el comportamiento agronómico del cultivo del olivo, en el distrito de Sama – Tacna.

La interacción del poliacrilato de potasio y la restitución diferenciada de la evapotranspiración tienen efectos positivos en el comportamiento agronómico del cultivo de olivo en el distrito de Sama – Tacna.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales.**

Macías et al. (2019) en su investigación denominado “*Déficit de riego y aplicación de hidrogel en la productividad de olivo en regiones desérticas, en el Campo Aguilar de la Sociedad de Producción Rural, en la región olivarera de la costa de Caborca, Sonora-México*”, con el objetivo de evaluar el efecto de un déficit de riego 50% (DR50%) e hidrogel (H) sobre el rendimiento y calidad del cultivo de olivo variedad Manzanilla de Sevilla. Los tratamientos en estudio fueron T1: DR 50 %, T2: DR 50 % + H, T3: R 100 % + H y T4: R 100 % (testigo), utilizando 50 g de hidrogel por árbol. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; pero para el contenido de humedad del suelo utilizaron un arreglo en factorial 2 x 4 considerando como factor A: 2 profundidades de suelo (40 cm y 80 cm) y el factor B los cuatro tratamientos de riego. Los resultados obtenidos les permitieron concluir en lo siguiente: 1) el contenido de humedad del suelo entre el DR 50 % se redujo en un 22,7 % ( $2\ 880\ m^3\ h^{-1}$ ) respecto al testigo, sin afectar ni el rendimiento ni la calidad de la cosecha. 2) La adición de hidrogel no manifestó diferencias estadísticas respecto al testigo en ninguna de las variables

y 3) Las variables de rendimiento y calidad de la cosecha no presentaron diferencias estadísticas significativas respecto al testigo, ni entre tratamientos.

Guzmán y Gómez (2017) en su trabajo de investigación denominada “Viabilidad técnica, ambiental, social y financiera, en la utilización del hidrogel, en un cultivo de uchuva (*Physalis peruviana*) del municipio de Buenavista – Boyacá (Colombia)”, realizó un análisis de experiencias, estudio de viabilidad y ensayo obteniendo las siguientes conclusiones: Es viable ambientalmente la utilización del hidrogel, en un cultivo de uchuva (*Physalis peruviana*) porque: Con la elaboración de la matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales establecieron que el cultivo con hidrogel comparado con el cultivo sin hidrogel, genera un mayor impacto positivo en el recurso hídrico, suelo y flora; para el riego del cultivo de la prueba piloto, se logró demostrar que las plantas sujetas a investigación con ayuda del hidrogel (acrilato de potasio) con una cantidad de agua de 2,160 litros de agua con 20 % más de frutos frente a la utilizada convencionalmente de 4,320 litros,; analizando diferentes fichas técnicas del Acrilato de potasio concluyen que no es un producto toxico, es demasiado voluminoso para ser absorbido en los tejidos y células de plantas, por tanto, su potencial de bioacumulación es nula, aprobado por el Ministerio de Agricultura de Francia y Departamento de Agricultura de Estados Unidos. Socialmente es viable porque, al aplicar hidrogel a los cultivos, la afectación que siente la población por el clima en los cultivos se vea disminuida, así como acorde a los resultados de la prueba piloto realizada, disminuir la perdida en producción agrícola y las pérdidas económicas de los agricultores. Financieramente es viable ya que al invertir aproximadamente 880,000 pesos/ha., tienen incrementos de 37 %, consumo de agua de 50 % ingresos por ventas de 80,97

% mayores al convencional, rentabilidad de un 12,47 %; con una relación costo beneficio de 0,61.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Galecio y Adanaque (2011) en su trabajo de investigación denominado “El riego con polímeros hidrosorb como alternativa en el riego de plantaciones de limonero (*Citrus aurantifolia* Swingle) en el valle Cieneguillo Sur en Piura”, con el objetivo de evaluar el comportamiento en la producción del cultivo de limonero con el uso de polímeros hidrosorb; utilizando el diseño experimental BCA con parcelas divididas, los tratamientos fueron distribuidos en bloques, estudiándose en parcelas el factor dosis de mezclas fertilizante (M1: 110, N; 50, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 120, K<sub>2</sub>O; y 25, CaO), (M2: 240, N; 110, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 220 K<sub>2</sub>O; 60, CaO) y (M3: 280, N; 115, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 280, K<sub>2</sub>O y 80, CaO) y el factor dosis de polímeros (80 y 100 gr/planta/) en sub parcelas con 7 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados que obtuvieron fueron para fruta de “Primera” el tratamiento M<sub>2</sub>P<sub>1</sub> con valores de 72,40 kg/tratamiento seguido de M<sub>3</sub>P<sub>1</sub> con 65,12 superiores al testigo T<sub>0</sub> con 46,54 kg/tratamiento; y respecto a rendimientos, el tratamiento M<sub>1</sub>P<sub>2</sub> obtuvo un rendimiento de 36 428,08 kg. ha<sup>-1</sup>; seguido de los tratamientos M<sub>2</sub>P<sub>1</sub>, M<sub>3</sub>P<sub>2</sub>; M<sub>3</sub>P<sub>1</sub> con 29 377,40 y 28 657,00 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente; respecto al testigo con 19 614,40 kg.ha<sup>-1</sup>.

Orbegoso (2017) en su tesis denominada “Efecto del polímero (lluvia solida) y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo (mega híbrido), bajo condiciones de cambio climático, fundo La Pampa, C. U. Mórrope, Lambayeque”; con los objetivos de: determinar la mejor respuesta del cultivo de maíz Amarillo duro (*Zea mays* L.) mega híbrido, a cuatro dosis de poliacrilato de

potasio (40, 60, 80 Y 100 Kg/ha.); determinar el requerimiento hídrico del cultivo de maíz amarillo duro mega híbrido, en función a las frecuencias de riego por gravedad aplicadas; y determinar los costos del uso de poliacrilato de potasio (“lluvia sólida”). Para el análisis estadístico utilizó el diseño DBCA con arreglo factorial 4 x 4; los factores fueron niveles de Poliacrilato de Potasio (40, 60, 80 y 100 kg/ha, y frecuencias de riego (25, 30, 35 y 40 días). Los resultados expresan diferencia significativa entre las frecuencias de riego y no en el nivel de dosis del polímero y la mejor respuesta resulta el tratamiento T<sub>2</sub> (60 kg/ha), para la frecuencia de riego de 30 días; la demanda hídrica del cultivo ha sido de: 6 847; 6 622,80; 4 478,00 y 2 239, y los rendimientos fueron 8 824., 10 506., 12 240 y 12 708 kg/ha., para las frecuencias de riego de 25, 30, 35 y 40 días, respectivamente.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. El cultivo del olivo.**

El olivo es uno de los cultivos frutales más antiguos, cuyas evidencias de domesticación datan desde unos 5 500 años atrás. Es originario de Oriente medio que en los primeros siglos A.C., de allí se diseminó al resto del mediterráneo mediante los fenicios. Con la conquista romana y árabe se expandió por la península Ibérica (Fontanet, 2005) al Perú llegó en 1 559, desde Sevilla – España y se adaptó rápidamente a las condiciones ambientales, especialmente en valles costeros del sur, desde Pisco a Tacna (Pro Olivo, 2019).

Inicialmente su uso se restringió como combustible, ungüento corporal, fruto conservable en sal, forraje y madera; luego se orientó su utilización como

aceite alimenticio (Fontanet, 2005) por otra parte, Pro Olivo (2019) afirma que: en el Perú, actualmente se cultivan unas 30 000 ha., de olivo, de las cuales 20 000 ha., se encuentran en producción con un rendimiento promedio de 6 000 kg/ha., y que el 80 % de la producción es para aceituna de mesa y el 20 % para aceite de oliva.

## **2.2.2. Botánica y morfología**

### **2.2.2.1 Botánica.**

El olivo, pertenece a la familia Oleaceae, representando especies de plantas distribuidas en todas las regiones tropicales y templadas del mundo. Las plantas de esta familia son mayormente árboles y arbustos. Existen 35 especies en el género *Olea*. Incluida la especie *Olea europea* L. considerándose única de la familia Oleaceae con fruto comestible (Barranco et al., 2008, citado por García, 2012).

Taxonómicamente, Sánchez-Monge (1991) citado por Picornell y Melero (2013) indica el siguiente encuadramiento taxonómico para el olivo:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Oleales

Familia: Oleaceae (Hoffm. & Link)

Género: *Olea*

Especie: *Olea europaea* L.

Actualmente existen unas 35 especies del género *Olea*, incluida *Olea europea* L., se incluyen todos los olivos cultivados y también los olivos silvestres o acebuches.

Es común que se considere que los olivos cultivados pertenecen a la variedad *sativa* (Hoffm. & Link) Lehr y los olivos silvestres (acebuches) a la variedad *sylvestris* (Mill.) Lehr. *Olea 15uropea* L., el olivo, es la única especie de la familia Oleaceae cuyo fruto es comestible (Picornell & Melero, 2013).

#### **2.2.2.2 Morfología.**

García (2012) nos menciona que el olivo es una especie siempre verde, arbórea que puede alcanzar hasta quince metros de altura, con un tronco cuyo radio llega a medidas superiores a los cien cm., dependiendo de la edad, que puede ser de más de cien años encontrándose reportes de plantas con cerca de 900 años en el sur de Italia y España; también distingue en el sistema radicular del olivo: raíz principal, conductora (20 % que aseguran el anclaje y la continuidad vascular con el tallo) y de transición y absorción (el 80 % restante) constituido por la porción más fina entre ellos los pelos absorbentes. Así mismo nos menciona acerca de las otras partes del árbol del olivo de la siguiente manera:

- El tallo principal es recto, proveniente del meristemo, pudiendo luego desarrollarse varios tallos que nacen de la base del tronco; la corteza es de color gris verdosa cuando joven y gris a la madurez; presenta crecimiento irregular con protuberancias en el leño por su hábito de permanente actividad de crecimiento lateral; las ramas pueden ser de primero, segundo y tercer orden siendo que las ramas secundarias de menor diámetro las que soportan las ramas terciarias donde está la fructificación.

- Las hojas son simples, que pueden permanecer adheridas al árbol hasta por tres años; tienen consistencia coriácea, margen entero, de forma elíptica o lanceolada, color verde oscuro brillante (gris opaco en el haz y blanco plata el envés) el cual esta recubierto por tricomas que le sirven para controlar las pérdidas de agua. El limbo es plano, de 30 y 80 mm de largo, con un área foliar entre 2 – 3 cm<sup>2</sup> y 7 – 10 cm<sup>2</sup> como máximo.

- La inflorescencia en una panícula es de color verde al principio de su nacimiento, tornándose de color blanco cuando se extienden los pétalos, con varias flores de 10 a 70 mm y entre 10 y 40 flores/panícula, aunque las flores de los extremos de la panícula son más pequeñas. Las flores son de color blanco amarillento; cáliz con cuatro sépalos persistentes; gineceo con ovario súpero bicarpelar y bilocular con estilo corto y estigma bifido, estigma variable en cada cultivar; el androceo presenta dos estambres cortos y opuestos que sostienen dos anteras amarillas.

- El fruto representa una drupa elipsoidal – globosa, con una longitud de 1 a 4 cm y 0,6 a 2 cm de diámetro. Durante el inicio de la maduración es de color verde, para luego cambiar a un color negro violáceo o rojizo, presentando una sola semilla.

- La semilla procede del desarrollo del óvulo del ovario, formada de un tegumento externo del endospermo, que deriva de la unión del segundo núcleo del polen con el núcleo polar del saco embrionario que se desarrolla del cigoto.

De acuerdo a Colbrant y Fabre (1975) citados por Matías, Toro & Montalván (2010) la fenología del olivo se comporta del siguiente modo: 3 a 4 meses de brotación a floración; floración a recolección de frutos: 6 a 7 meses: yema

de invierno (Estado A), yema de pedúnculo corto y completamente cerrado; brotación (Estado B); formación del racimo floral (Estado C); hinchamiento del botón floral (Estado D); diferenciación de la corola (Estado E); visualización de los estambres; inicio de la floración (Estado F); plena floración (Estado F1); caída de pétalos (Estado G); fruto cuajado (Estado H); endurecimiento del carozo (Estado J); envero; maduración del fruto.

### ***2.2.2.3 Agronomía del cultivo de olivo.***

La vecería es un fenómeno frecuente en el olivo, donde luego de a una campaña con abundante cosecha es seguida de una pequeña o nula producción; y dado que no se conoce claramente los factores y mecanismos que lo controlan, no se cuenta con una estrategia para manejarla (Molina et al. 2010, p. 16).

#### *a. Propagación del Olivo.*

El olivo se propaga de forma vegetativa, fundamentalmente dado su facilidad, existiendo evidencia de ello desde tiempos remotos. Indudablemente esto se evidencia en la antigüedad de las variedades. La propagación por medio de semillas se restringe a la forestación, para injertar de variedades de bajo enraizamiento y mejoramiento genético (Vidoy, 2014, p.8).

La propagación por semilla sobre la que se injerta la variedad que uno elige libremente, tiene la ventaja de otorgar a los olivos una buena conformación de raíces; facilitando el desarrollo de la raíz principal (pivotante), permitiendo el crecimiento de raíces laterales propiciando un buen anclaje. El inconveniente de este método de propagación, es que las plantas obtenidas son tardías en relación a

su ingreso a la producción, además de presentar variabilidad entre plantas y su acidad productiva, por la segregación genética (Chávez & Arata, 2008).

#### *b. Plantación.*

Para la plantación se considera dos factores fundamentales respecto al espaciamiento: accesos para maniobras y, adecuada iluminación que favorezca el proceso fisiológico. Bajo secano los árboles se plantaban a baja densidad de 100 plantas/ha (10 x 10). En una agricultura más avanzada se manejan mayores densidades que respondan a las exigencias de rentabilidad; además de otros avances tecnológicos como: aumento de plantas por hectárea, el desarrollo de nuevas variedades, la aplicación de sistemas de riego y fertirrigación avanzados y la cosecha mecánica (Naan Dan Jain, 2014).

#### *c. Labores culturales.*

*Manejo de suelos:* Los olivos pueden crecer en suelos pobres en nutrientes siempre que estén bien drenados (Chávez & Arata, 2008, p.11); al igual que otros frutales, el olivo prefiere: Suelos francos a franco arenosos, buen contenido de materia orgánica (2 %), buena profundidad (> 80 cm., mejorados con camellones de ser menos profundos); napa freática profunda (> 3 m) por ser muy susceptibles al encharcamiento, pH de 5,5 a 8,5 y salinidad menor a 4 dS/m preferentemente (Tapia et al, 2003, p.29)

*Preparación del suelo:* Considerarse el subsolado cruzado en verano para facilitar el drenaje (80 – 100 cm), luego debe pasarse arado profundo despedrado, trazado. De contar con suelos cuyos horizontes sean muy pedregosos y de mala calidad

deberá evitarse el desfonde y buscar otra alternativa (Molina et al. 2010, p. 23). Otra labor importante es la poda, donde se somete a la planta al corte de ramas con la finalidad de formar la estructura de la planta, lograr el equilibrio en la proporción entre las hojas y los frutos, mejorando iluminación y ventilación. Como efecto adicional, nos permite reducir la incidencia de plagas y enfermedades como son las queresas y las fumaginas (García, 2012).

*Riego:* Para lograr una alta producción, el olivo puede requerir hasta 8 000 m<sup>3</sup> de recurso hídrico, comprobado en la variedad manzanillo, por Goldhamer et al. (1994) citados por Tapia et al. (2003) en San Joaquín – California (p.29). El riego para el olivo puede ser por gravedad o presurizado (goteo y microaspersión) con una mayor eficiencia en el segundo caso la tabla 2, muestra los niveles de eficiencia de cada sistema de riego (Tapia et al. 2003, p. 60).

**Tabla 2**

*Eficiencia de aplicación para diversos métodos de riego*

<b>Método de riego</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
Tendido	30
Surcos	45
Bordes rectos	50
Bordes en contorno	60
Pretilos ( <i>Surcos</i> )	60
Tazas ( <i>pozas</i> )	65
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Goteo	90

*Nota:* Tapia et al. (2003)

Osorio y Tapia (2017) afirman de la disminución de la tasa de riego de un 50 % en el periodo fenológico de endurecimiento del carozo a inicios de la madurez, no

afecta la carga frutal, ni tamaño de frutos, ni el valor comercial de la producción. Permitiendo ello, ahorrar un estimado del 30 a 35 % del recurso hídrico (p. 65).

Naan Dan Jain (2014) recomienda regar durante los primeros tres años cada 3 a 7 días; incrementando la frecuencia de riego y las cantidades de agua a medida que aumenten las temperaturas y que se acelere la transpiración, disminuyendo la frecuencia de riego al iniciar el invierno. En el primer año: 5 – 10 l/árbol/día; el segundo año: 7 – 20 l/ árbol/día y el tercer año: 15 – 40 l/árbol/día. En los métodos de riego por gravedad o de superficie, el agua fluye en el sentido de la pendiente hasta llegar a los árboles; pudiendo utilizar la técnica de riego entre las hileras, en forma de tendido, en surcos, bordes y tazas. Siendo que el riego por pozas (tazas) la que manifiesta la mejor eficiencia de aplicación (65 %) (p. 7).

### **2.2.3. Retenedores de agua en la producción agrícola.**

Ahmed (2015) citado por Vélez (2016) sostiene que “los retenedores de agua conformados por cadenas poliméricas y se encuentran normalmente en forma de geles coloidales, los mismos que tienen la capacidad de absorber agua e hincharse, reteniendo una fracción significativa de agua no disuelta dentro de su estructura (p. 24).

Los hidrogeles, utilizados como retenedores de agua, según Quinn (1990), Wallace y Colette (1984) citados por Estrada (2013) “son polímeros que poseen una alta capacidad de absorción de agua y mezclados con suelos agrícolas y sustratos ofrecen mayor retención de humedad de los mismos” (p. 13).

Erazo (2011) citado por Pincay (2016) manifiesta que el hidrogel “es un polímero súper absorbente de gran calidad que, debido a su estructura reticulada tridimensional y a la capacidad de hidratación de sus grupos carboxílicos, incrementa la capacidad del suelo para mantener la humedad útil para las plantas” (p. 34).

#### ***2.2.3.1 Características físico químicas de los hidrogeles.***

Los hidrogeles son compuestos de poliacrilato, que tiene fuerte capacidad de absorción de agua, conformado por la unión de varias moléculas de monómeros (molécula simple) de acrilato que son polielectrolitos, derivados de la polimerización de ésteres de ácido acrílico y sales (PortalFrutícola, 2018).

Echeverria y Mijangos (2008) citados por Pincay (2016) manifiestan, que los hidrogeles o microgeles son macromoléculas intramolecularmente entrecruzadas de aspecto coloidal. Funcionalmente se pueden hinchar o deshinchar con el agua según respuesta a factores externos como: Temperatura, pH, fuerzas iónicas y campos eléctricos (p. 36)

#### **2.2.4. Riego del cultivo de olivo.**

Si bien el riego presurizado es el más recomendado, en la provincia de Caravelí, y otros sectores del Perú, el riego mayormente practicado es el de gravedad (en pozas), cuidando de aporcar las plantas a altura de 30 cm., en la cual formamos una plataforma plana, de forma que evite el mojado del tronco, que acarrearía problemas sanitarios bióticos (pudriciones por hongos y bacterias) y quemaduras de cuello por la acumulación de sales (Chávez, Arata, & Farfán, 2008).

Osorio (2006) proponen volúmenes de riego de entre 6 000 a 8 000 m<sup>3</sup>, para las condiciones de las regiones del norte de Chile (Atacama y Coquimbo), con niveles de evapotranspiración potencial de 1 300 a 1 600 mm/año.

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Poliacrilato de potasio.**

El hidróxido de potasio al unirse al polímero neutro de poliacrilato crea grupos de carga positiva y negativa a lo largo del polímero, que tiene la capacidad de atraer moléculas de agua (molécula polar) que se une a la cadena del polímero (200 – 350 veces su peso en agua), reserva que es entregada en un 95 % a las raíces mediante ósmosis que puede ocurrir por muchos años (PortalFrutícola, 2018).

El gel de poliacrilato de potasio [(C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>)<sub>n</sub>.(C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>KO<sub>2</sub>)<sub>m</sub>] contiene unidades tanto ácido como monómeros salinos, que tienden a disociarse en agua, el gel de PAK tiene un uso hortícola, como aditivo de suelos como “reserva de agua” en las regiones áridas y desérticas, al regarse el suelo el agua no absorbida por las raíces, se almacena en el hidrogel para luego liberarlo paulatinamente, permite un elevado ahorro de los recursos hídricos (Pariguana & Gonzales, 2020).

El poliacrilato de potasio 93 %. GR (93 % PAK; 6,93 % de humedad) con densidad aparente 700 g/l., es indicado para mezclar con suelos o sustratos destinados a diversos usos; para las plantaciones de frutales y olivo se aconseja dosificar a razón de 100 g/planta, se hidratan los 100 g correspondientes a una planta, se mezclan con la tierra o sustrato que se incorpore al hoyo, se sitúa el plantón, se incorpora el sustrato y se riega (Terralia, 2020).

Ensayos realizados por HIDROSORB®, en el fundo: Emagrín, en la localidad de Huando en Huaral-Lima, en el 2007 (Pleno fenómeno del niño) en el cultivo de Palto (*Persea americana* L.) demostraron que con 35 g/planta, el campo soportó el stress hídrico a pesar de la sequía tan prolongada, con una altura de planta de 1.40 m en promedio, y cero mortandades (HIDROSORB®, 2020).

### **2.3.2. Lámina de riego de los cultivos**

La lámina de riego o lámina de reposición representa la cantidad de agua a reponer mediante el riego, que restituye el agua agotada en el periodo. Su estimación se realiza a partir de la información histórica de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), información del suelo y del cultivo (Liotta & Sarasua, 2010).

Antúnez et al. (2014) expresan que el método más utilizado para determinar la ET<sub>c</sub> del cultivo de olivo es mediante la multiplicación de ET<sub>o</sub> por un coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>), corregidos por un coeficiente reductor (K<sub>r</sub>).

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_r$$

El riego deficitario es una técnica que consiste en adicionar el riego, en volumen por debajo del requerimiento hídrico del cultivo, asociado a una mayor frecuencia (Sánchez y Torrecillas 1995, citados por Cárdenas, 2020). Para el caso de olivos, el riego deficitario controlado (RDC), es una alternativa cuando existen limitaciones de recursos hídricos, consistente en reducir la cantidad de la lámina de riego durante ciertos periodos fenológicos, sin afectar rendimiento y calidad. (Antúnez et al. 2014)

## CAPÍTULO III

### MÉTODO

#### 3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de campo propuesto, corresponde a una investigación de tipo cuantitativa explicativa que están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales y como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). Y experimental porque que, según Arias (2012) es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

#### 3.2. Diseño de la Investigación

Se utilizó el diseño de bloques completos aleatorio (DBCA) con arreglo factorial 2 x 4, con ocho tratamientos y 3 repeticiones, con el modelo aditivo lineal siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \rho_i + \alpha_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1 \dots r; \quad j = 1 \dots a; \quad k = 1, \dots, b$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es el valor de la variable respuesta observada con el  $j$ -ésimo nivel del factor  $A$ ,  $k$ -ésimo del factor  $B$ ,  $i$ -ésima repetición.

$\mu$  = Es el efecto de la media general

$\rho_i$  = Verdadero efecto de la  $i$ -ésima repetición (bloque)

$\alpha_j$  = Es el efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor  $A$

Para el análisis estadístico se empleó la técnica del análisis de varianza a una probabilidad  $\alpha = 0,05$ : 0,01. La comparación de medias entre tratamientos se realizará mediante la prueba de significación de Tukey a una probabilidad  $\alpha = 0,05$ .

### **3.2.1. Factores en estudio.**

#### **3.2.1.1 Factor A: Restitución de la ETC.**

A1: 100 % de la ETC (Toda la demanda hídrica calculada)

A2: 80 % de la ETC (80 % de la demanda hídrica calculada)

#### **3.2.1.2. Factor B: Poliacrilato de potasio (Poliacrilato de potasio).**

B1: 00 g/planta

B2: 35 g/planta

B3: 70 g/planta

B4: 105 g/planta

### 3.2.1.3 Combinación de factores.

Las combinaciones resultantes de los factores se presentan en la tabla número 3

**Tabla 3**

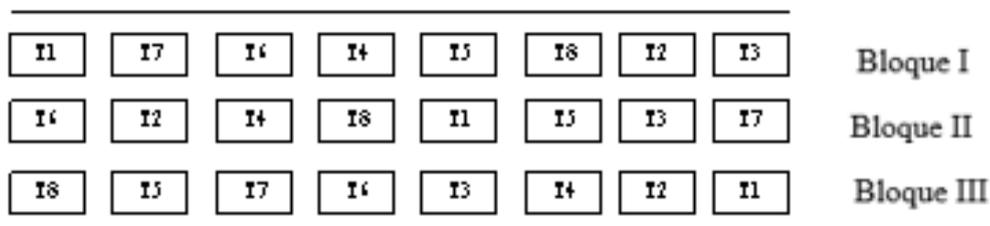
*Combinación de factores*

Variables		Combinación	Tratamiento
ETC	Hidrosorb		
A1	B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>
	B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>
	B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>
	B <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>
A2	B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>
	B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	T <sub>6</sub>
	B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	T <sub>7</sub>
	B <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	T <sub>8</sub>

### 3.2.1.4 Distribución de tratamientos.

**Figura 1**

*Distribución de los tratamientos en campo*



## 3.3. Población y muestra

### 3.3.1. Población.

La población estuvo constituida por 24 (veinticuatro) unidades experimentales, correspondiente a los 8 tratamientos de cada bloque, con tres repeticiones, con una (01) planta por Unidad Experimental, previamente seleccionada de acuerdo a grado de desarrollo.

### **3.3.2. Muestra.**

La muestra se tomó considerando la variable a evaluar; así, se consideraron 10 ramos mixtos en cada unidad experimental, para las variables crecimiento de brotes, porcentaje de cuajado. Veinte bayas para las variables tamaño, peso de frutos, relación pulpa semilla. Y toda la cosecha en la variable rendimiento.

## **3.4. Descripción de instrumentos para recolección de datos**

### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos.**

#### ***3.4.1.1. Observación directa.***

Se denomina así, a todas las observaciones de campo que se realizaron según las variables propuestas; mediante las siguientes técnicas:

##### *a. Longitud de brotes mixtos.*

Longitud alcanzada por el brote del año, durante el periodo de estudio, se expresa en términos de incremento, para ello se marcaron los brotes mixtos, midiendo al inicio y al finalizar el experimento.

##### *b. Área foliar en el brote mixto.*

Se expresa en términos de incremento, procediendo a determinar el área foliar, antes y al finalizar el experimento, para ello utilizará el método gravimétrico, propuesto por (Ballesteros, 2011). Tomar la muestra de hojas, al azar que sean (representativas). Dibujar el contorno, en una cartulina y cortar; luego determinar el peso promedio de diez representaciones (peso promedio de hoja); determinar el peso de una cuadrícula de la misma cartulina (100 cm<sup>2</sup>); obtener área foliar

promedio, mediante relación de tres simple, entre el peso de cada hoja y el peso del área conocida. Finalmente se multiplica el área foliar promedio de la hoja por el número total de hojas de la planta

*c. Porcentaje de cuajado.*

Se procedió al conteo de flores de racimos marcados; luego, después del cuajado se cuenta y procedió a determinar el porcentaje de cuajado.

*d. Rendimiento de cosecha.*

El rendimiento de se determinó al momento de la cosecha, procediendo a pesar todas las aceitunas recogidas por cada unidad experimental.

*e. Peso de frutos.*

Para ello, se procedió a pesar una muestra de 20 frutos de cada unidad experimental.

*f. Tamaño de frutos.*

Se llevó a cabo la medición de las longitudes de cada fruto de una muestra de 20 frutos de cada unidad experimental.

*g. Relación pulpa semilla.*

Despulsar los frutos de la muestra de 20 unidades, de cada unidad experimental, pesando la pulpa y semillas aparte, procediendo a determinar la relación respectiva.

**3.4.1.2. Observación indirecta.**

Esta técnica se emplea para el caso donde se tenga que realizar observaciones haciendo uso de laboratorio, para nuestro plan de investigación se utilizó en el análisis de suelos, análisis de agua, determinación de relación pulpa semilla.

### 3.4.2. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para procesar la información de los datos obtenidos de las variables evaluadas se utilizó según corresponda programas de SPSS y Microsoft Excel.

- *Análisis de varianza y prueba de significación.*

El análisis de datos obtenidos de las variables en estudio se sometió a un análisis de variancia (ANVA), usando la prueba F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01 para la comparación múltiples de medias se utilizará la prueba de significación de Tukey a una probabilidad  $\alpha = 0,05$ .

**Tabla 4**

*Esquema del análisis de varianza*

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada
Factor A (a-1)	1	SC A	SC A/GI A	CM A/CM error
Factor B (b-1)	3	SC B	SC B/GI B	CM B/CM error
A x B (a-1) (b-1)	3	SC A x B	SC AB/GI AB	CM AB/CM error
Bloques (Bloques – 1)	2	SC Bloq	SC Bloq/GLBloq	CM Bloq/CM Error
Error (a.b-1) (n – 1)	14	SC error	SC error	
Total (a.b) (n) – 1	23	SC total		

*Nota: Gutierrez (2008)*

### 3.4.3. Hipótesis Estadística.

*a. Para los factores.*

H0: No existen diferencias significativas entre los promedios de los factores.

H1: Si existen diferencias significativas entre los promedios de los factores.

***b. Para la interacción.***

H0: No existe interacción entre factores.

H1: Si existe interacción entre factores.

- **Nivel de significación:**  $\alpha = 0,05$  y  $0,01$

- **Regla de decisión:**

$F_c \leq F_{0,05}$  no se rechaza la HO

$0,05 < F_c < F_{0,01}$  se rechaza la HO, representándola por: \*

$F_c > F_{0,01}$  se rechaza la HO representándola por: \*\*

**3.5. Características del campo experimental**

**3.5.1. Área total.**

Largo : 30 m

Ancho : 21 m

Área : 630 m<sup>2</sup>

**3.5.2. Área del bloque.**

Largo : 30 m

Ancho : 7 m

Área : 210 m<sup>2</sup>

**3.5.3. Área de la unidad experimental.**

Largo : 5 m

Ancho : 7 m

Área : 35 m<sup>2</sup>

### 3.5.4 Lugar de ejecución.

El trabajo se ejecutó en el fundo “Los Chañales” del Sr. Honorio Mamani Machaca del distrito Sama – Las Yaras, provincia Tacna y departamento Tacna; altitud de 367 msnm, cuya ubicación en coordenadas UTM es:

**Figura 2**

*Ubicación georeferenciada del trabajo de investigación*



*Nota:* GOOGLE (2019). Imagen 2019.CNES/Airbus

## 3.6. Manejo del experimento

### 3.6.1. Preparación de plantas.

Las plantas previamente seleccionadas por su vigor y edad fueron podadas considerando, los principios elementales de poda y formación, en este caso plantas de cuatro años con fines de complementar la estructura del árbol y producir frutos. La variedad de olivo en estudio corresponde a la variedad sevillana, conocida también con los sinónimos de: Criolla, Tacneña, Ilo o Yauca. Es originaria de España, cultivada en un 85 % de la extensión de cultivo en el Perú y destinada al

consumo en mesa. Se expresa en una planta vigorosa, de producción media, vecera, es tolerante a la humedad y susceptible a la sequía, necesita variedades polinizantes, es de maduración semi tardía y la fruta puede utilizarse para su procesado en verde y maduras negras; se cosecha entre los meses de abril a julio, con frutos grandes de buena calidad, relación pulpa semilla alta (Casilla & Huatuco, 2001).

### **3.6.2. Determinación de las necesidades totales de riego.**

Siendo el sistema de riego que se utilizó el riego por gravedad (Pozas) se determinó las necesidades totales de riego (NR) en dos etapas: determinación de la lámina neta ( $L_n$ ) y Necesidades netas acumuladas de riego (NN)

#### **a. Determinación de la lámina neta:**

$$L_n = L_d \times pa$$

Donde:

$L_n$ : Lámina neta (mm)

$L_d$ : Lámina disponible (mm)

$pa$ : Porcentaje de agotamiento (%). Fracción promedio de agua del total disponible en el suelo (ADT) que se puede agotar en la zona radicular de la planta antes de presentarse estrés hídrico, comúnmente 0,5 (Allen, Pereira, & Smith, 2006).

Luego:

$$L_d = (CC - PMP) \times da \times 10 \times pr$$

Donde:

$L_d$  : Lámina de reposición

$CC$  : Capacidad de campo del suelo (%)

*PMP* : Punto de marchitez permanente (%)

*Da* : Densidad aparente del suelo (1,4 g cc<sup>-1</sup>)

*Pr* : Profundidad de raíces (0,8 m)

- La capacidad de campo se determinó en base a la fórmula de Peele (Citado por Kuroiwa, 2012); donde en base a la textura del suelo, es:  $CC = 0.48 A + 0.162 L + 0.023 Ar + 2.62$  Donde: A es arcilla, L es limo y Ar, arena; expresada en H° gravimétrica. Para el caso, se utilizó el análisis de suelo (Textura franco arenosa: 11 % de arcilla, 32 % de limo y 57 de arena) resulta en:  $CC = 0.48 (11) + 0.162 (32) + 0.023 (57) + 2.62 = 14,395 \%$
- Luego, el punto de marchitez permanente se determinó en base a la fórmula de Briggs (Citado kuroiwa 2012)  $PMP = 0.302 A + 0.102 L + 0.0147 Ar$ . Para el caso resulta en  $PMP = 0.302 (11) + 0.102 (32) + 0.0147 (57) = 7,42 \%$
- La lámina de reposición lo determinamos en base a la fórmula empírica:  $Ld = (14,395 - 7,42) \times 1,4 \text{ g cc}^{-1} \times 10 \times 0,8 = 78,12 \text{ m}^3$ . Que asumiendo un 50 % de suelo mojado, resulta en:  $39,06 \text{ m}^3$ .
- Finalmente, lámina de riego neta es:  $Ln = 39,06 \times 0,35 = 13,67 \text{ m}^3$ . Para obtener la frecuencia de riego, determinaremos las necesidades netas acumuladas de riego (NN). Para ello necesitamos disponer la evapotranspiración del cultivo (ETC), que la realizaremos del siguiente modo:

$$ETC = ET_o \times K_c$$

Donde:

*ETo* : Evapotranspiración potencial (mm/día)

*Kc* : Coeficiente de cultivo

La evapotranspiración de referencia (Potencial) se calculó mediante el método de Penman - Monteith, utilizando el programa informático de la FAO, CROPWAT versión 8 (Apéndice B3. determinación de evapotranspiración potencial) para ello se utilizó información meteorológica del estudio de evaluación de recursos hídricos, de las cuencas que conforman los ríos de Locumba y Sama (MINAGRI, 2020).

**Tabla 5**

*Evapotranspiración potencial (ETP)*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Eto (mm)	4.76	4.92	4.54	3.61	3.11	2.49	2.38	2.57	2.99	3.74	4.41	4.71

*Nota:* MINAGRI (2020)

Para el coeficiente de cultivo (*Kc*) se utilizó lo recomendado por Osorio y Tapia (2017) para el norte de Chile, cultivo del olivo, representado en la tabla 7.

**Tabla 6**

*Coeficiente de cultivo, norte de Chile*

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<i>Kc</i>	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65

*Nota:* Osorio & Tapia (2017)

Considerando las reservas del suelo (capacidad de retención) se determinó el volumen de riego; luego, en una planilla, con la eficiencia y precipitación del sistema de riego se procedió a calcular las necesidades reales (NR), y considerando la demanda del cultivo se determinó el periodo, tiempo y volumen de riego.

**Tabla 7**

*Planilla de cálculo de riego*

Fecha	Eto	Kc	Necesidades netas (mm)		Oportunidad riego	N reales (mm)	m <sup>3</sup> /ha.	TR (h)
			Parcial	Acumuladas				
			06/01/22	4.8				
13/01/22	4.8	0.7	3.1	21.7	Regar	27.1	270.7	6.8
20/01/22	4.8	0.7	3.1	21.7	Regar	27.1	270.7	6.8
27/01/22	4.8	0.7	3.1	21.7	Regar	27.1	270.7	6.8
03/02/22	4.9	0.6	3.0	21.2	Regar	26.5	265.4	6.6
10/02/22	4.9	0.6	3.0	20.7	Regar	25.8	258.3	6.5
17/02/22	4.9	0.6	3.0	20.7	Regar	25.8	258.3	6.5
24/02/22	4.9	0.6	3.0	20.7	Regar	25.8	258.3	6.5
03/03/22	4.5	0.6	2.5	19.3	Regar	24.1	241.2	6.0
10/03/22	4.5	0.6	2.5	17.5	Regar	21.8	218.5	5.5
17/03/22	4.5	0.6	2.5	17.5	Regar	21.8	218.5	5.5
24/03/22	4.5	0.6	2.5	17.5	Regar	21.8	218.5	5.5
31/03/22	4.5	0.6	2.5	17.5	Regar	21.8	218.5	5.5
07/04/22	3.6	0.5	1.8	12.6	Regar	15.8	157.9	3.9
14/04/22	3.6	0.5	1.8	12.6	Regar	15.8	157.9	3.9
21/04/22	3.6	0.5	1.8	12.6	Regar	15.8	157.9	3.9
28/04/22	3.6	0.5	1.8	12.6	Regar	15.8	157.9	3.9
05/05/22	3.1	0.5	1.4	10.6	Regar	13.3	132.6	3.3
12/05/22	3.1	0.5	1.4	9.8	Regar	12.2	122.5	3.1
19/05/22	3.1	0.5	1.4	9.8	Regar	12.2	122.5	3.1
26/05/22	3.1	0.5	1.4	9.8	Regar	12.2	122.5	3.1
02/06/22	2.5	0.5	1.1	9.2	Regar	11.5	115.5	2.9
09/06/22	2.5	0.5	1.1	7.8	Regar	9.8	98.0	2.5
16/06/22	2.5	0.5	1.1	7.8	Regar	9.8	98.0	2.5
23/06/22	2.5	0.5	1.1	7.8	Regar	9.8	98.0	2.5
30/06/22	2.5	0.5	1.1	7.8	Regar	9.8	98.0	2.5
08/07/21	2.4	0.5	1.1	7.5	Regar	9.4	93.7	2.3
15/07/21	2.4	0.5	1.1	7.5	Regar	9.4	93.7	2.3
22/07/21	2.4	0.5	1.1	7.5	Regar	9.4	93.7	2.3
29/07/21	2.4	0.5	1.1	7.5	Regar	9.4	93.7	2.3
05/08/21	2.6	0.5	1.3	8.6	Regar	10.7	107.1	2.7
12/08/21	2.6	0.5	1.3	9.0	Regar	11.2	112.4	2.8
19/08/21	2.6	0.5	1.3	9.0	Regar	11.2	112.4	2.8
26/08/21	2.6	0.5	1.3	9.0	Regar	11.2	112.4	2.8
02/09/21	3.0	0.5	1.5	9.4	Regar	11.8	117.7	2.9
09/09/21	3.0	0.5	1.5	10.5	Regar	13.1	130.8	3.3
16/09/21	3.0	0.5	1.5	10.5	Regar	13.1	130.8	3.3
23/09/21	3.0	0.5	1.5	10.5	Regar	13.1	130.8	3.3
30/09/21	3.0	0.5	1.5	10.5	Regar	13.1	130.8	3.3
07/10/21	3.7	0.6	2.1	14.4	Regar	18.0	180.0	4.5
14/10/21	3.7	0.6	2.1	14.4	Regar	18.0	180.0	4.5
21/10/21	3.7	0.6	2.1	14.4	Regar	18.0	180.0	4.5
28/10/21	3.7	0.6	2.1	14.4	Regar	18.0	180.0	4.5
04/11/21	4.4	0.6	2.6	16.8	Regar	20.9	209.4	5.2
11/11/21	4.4	0.6	2.6	18.5	Regar	23.2	231.5	5.8

**Tabla 8***Planilla de cálculo de riego (continuación)*

Fecha	Eto	Kc	Necesidades netas (mm)		Oportunidad de riego	Necesidades reales (mm)	m <sup>3</sup> /ha.	TR (h)
			Parcial	Acumuladas				
18/11/21	4.4	0.6	2.6	18.5	Regar	23.2	231.5	5.8
25/11/21	4.4	0.6	2.6	18.5	Regar	23.2	231.5	5.8
02/12/21	4.7	0.7	3.1	19.4	Regar	24.2	241.9	6.0
09/12/21	4.7	0.7	3.1	21.4	Regar	26.8	267.9	6.7
16/12/21	4.7	0.7	3.1	21.4	Regar	26.8	267.9	6.7
23/12/21	4.7	0.7	3.1	21.4	Regar	26.8	267.9	6.7
30/12/21	4.7	0.7	3.1	21.4	Regar	26.8	267.9	6.7

*Nota: Osorio & Tapia (2017)*

Para determinar el riego propiamente, se utilizó la fracción de ETC utilizada, en los niveles de factor A, del experimento:

**a1** (100 % de la ETC): Donde se regó por un tiempo total, que representó la demanda del cultivo, para ese periodo; por ejemplo el día 30 de diciembre se regó 6,7 h para satisfacer las pérdidas del cultivo (ETC) entre el 23 y 30 de diciembre que sumaron 267,9 m<sup>3</sup> .ha<sup>-1</sup>.

**a2** (80 % del ETC) donde se regó por un tiempo total, que representó el 80 % de la demanda del cultivo, para ese periodo; por ejemplo el día 30 de diciembre se regó 6,7 h para satisfacer las pérdidas del cultivo (ETC) entre el 23 y 30 de diciembre que sumaron 214,72 m<sup>3</sup> .ha<sup>-1</sup> (Para ello se colocaron emisores con menor caudal)

Finalmente, con riegos semanales (52 riegos al año) se utilizó un volumen total de 9 274,9 m<sup>3</sup>.

### **3.6.3. Preparación y aplicación de poliacrilato de potasio.**

Para la aplicación del poliacrilato de potasio; el producto seco, fue hidratado en agua en una proporción de 1/80 (una parte por cada 80 partes de agua) se agitó para

evitar la generación de grumos. Una vez iniciado el proceso de hinchado (30 minutos para la completa hidratación del producto), se mezcló con la materia orgánica y aplicó en la dosis correspondiente en la zona radicular del árbol.

#### **3.6.4. Labores culturales en el cultivo.**

Las principales labores de cultivo se realizarán conforme a los lineamientos técnicos generales:

- *Riego*: Iniciando con un riego pesado antes de la poda, luego se realizaron riegos semanales, utilizando los volúmenes correspondientes a cada tratamiento conforme a la evapotranspiración del cultivo estimado.
- *Abonamiento y fertilización*: El abonamiento consistió en la aplicación de 20 kg de estiércol por árbol; y la fertilización se basó en la fórmula de 100 – 60 – 150 – 20 – 30, con tres aplicaciones por campaña.

El análisis de suelo nos muestra un aporte del suelo de 11,34-UF de N; 26,2 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 442,8 de K<sub>2</sub>O; luego el balance de bases muestra una relación de 2,35 en Ca/Mg (bajo respecto al adecuado de 5), 1,76 en Mg/K (bajo respecto al adecuado de 3); 5,91 en Ca+Mg/K (muy bajo respecto al adecuado de 21) y 4,15 en Ca/K (bajo respecto al adecuado de 18). Además, el suelo como el agua presentan problemas de salinidad (CE del suelo: 5,46; CE del agua: 4,98 dS/m) el pH es ligeramente alcalino.

Basado en estos resultados se determinó la fertilización con 90 unidades de nitrógeno, 40 unidades de fósforo. Luego, considerando el alto contenido de potasio se excluye en la fórmula de fertilización; sin embargo, para revertir el balance

negativo del potasio sobre el calcio y magnesio se realizará la fertilización con calcio (30 UF) y magnesio (20 UF). En todos los casos se utilizó fuentes sulfatadas y de reacción ácida como: urea, fosfato diamónico (Ambos con reacción alcalina inicial, pero que aportan acidez al final), sulfato de magnesio, sulfato de calcio (Yeso agrícola).

- *Sanidad: Se mantendrá un constante monitoreo del cultivo para identificar las afecciones de plagas y o enfermedades; considerando como plagas clave a: Margaronia, Barrenillo y Queresas.*

### **3.6.5. Manejo y evaluación de tratamientos.**

Las evaluaciones se realizaron al inicio del experimento y luego al momento de la cosecha, registrando la información correspondiente a cada variable respuesta.

Para la determinación de la lámina de riego se utilizó el análisis del suelo, considerando la textura del suelo para la determinación de la capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Los parámetros de suelo (CC, PMP, Da y H°), del análisis fueron utilizados para definir la capacidad de retención hídrica, utilizada en la programación del riego.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados

##### 4.1.1. Longitud de brotes mixtos.

En la tabla 8, del análisis de varianza para la variable longitud de brotes mixtos, se observa que no hay interacción entre los factores A (restitución de la ETC) y B (poliacrilato de potasio). Pero, en los efectos principales de los factores A y B, se hallaron diferencias significativas y altamente significativas, respectivamente.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para la variable longitud de brotes mixtos*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A	1	0,016	0,016	8,314	4,600	8,860	*
B	3	0,223	0,074	39,868	3,340	5,560	**
A x B	3	0,005	0,002	0,854	3,340	5,560	ns
Bloque	2	0,007	0,004	1,973	3,740	6,510	ns
E. E.	14	0,026	0,002				
Total	23	0,277					

*Nota:* C.V. = 2,157 %; ns = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo

El coeficiente de variabilidad fue de 2,157%, considerado confiable para el experimento desarrollado en campo (Díaz & Rosado, 2019).

**Tabla 10**

*Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor restitución de la ETC en la variable longitud de brotes mixtos*

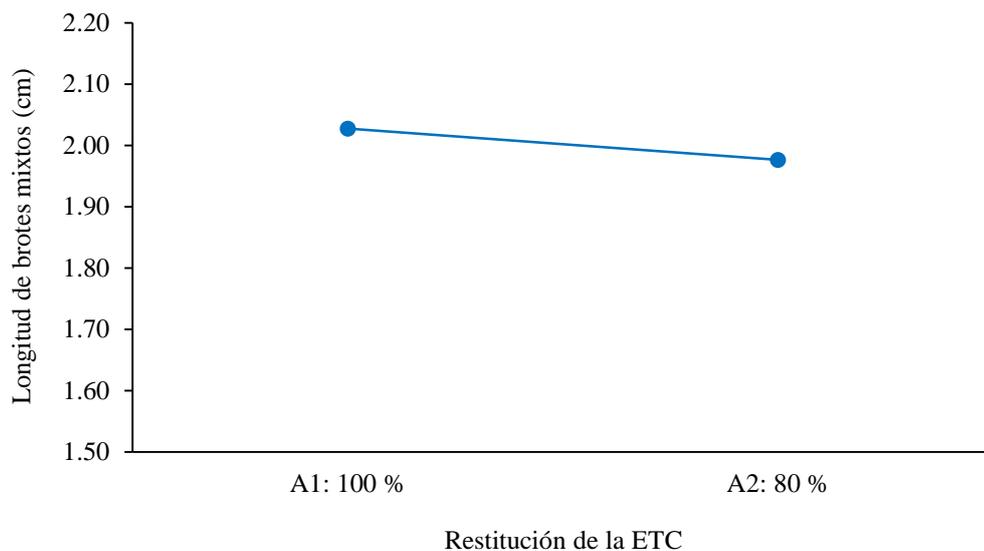
Nº	Restitución de la ETC	Longitud de brotes mixtos (cm)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A <sub>1</sub> : 100 %	2,03	a	1º
2	A <sub>2</sub> : 80 %	1,98	b	2º

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

En la tabla 9, de la prueba de significación de Tukey, se puede apreciar que para el factor restitución de la ETC, la mayor longitud de brotes mixtos se obtuvo con el nivel A<sub>1</sub> (100 %), con un promedio de 2,03 cm, diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %), que alcanzó un promedio de 1,98 cm.

**Figura 3**

*Promedios de los efectos principales del factor restitución de la ETC en la variable longitud de brotes mixtos.*



**Tabla 11**

*Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor poliacrilato de potasio en la variable longitud de brotes mixtos*

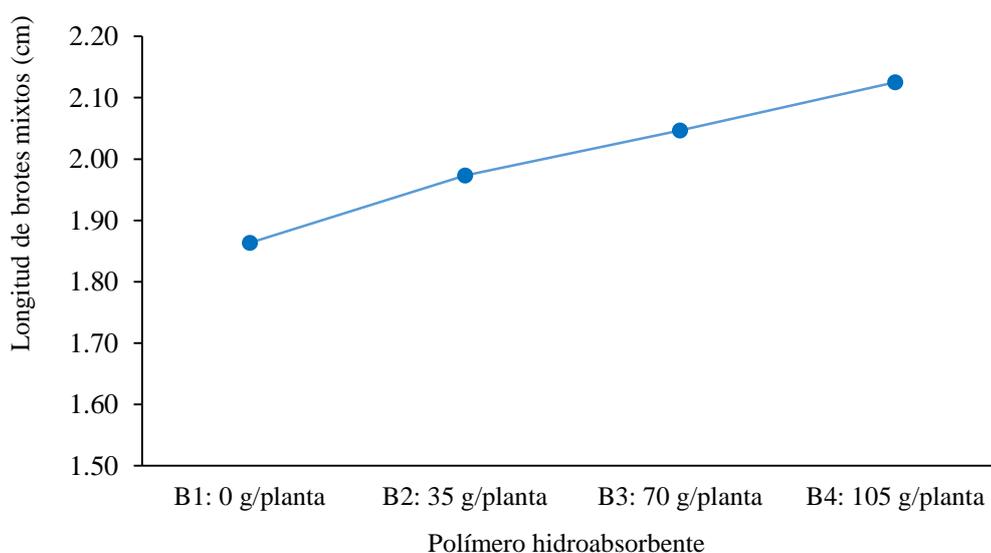
N°	Poliacrilato de potasio	Longitud de brotes mixtos (cm)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	2,13	a	1°
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	2,05	b	2°
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	1,97	c	3°
3	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	1,86	d	4°

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

En la tabla 10, de la prueba de significación de Tukey, observamos que para el factor poliacrilato de potasio, la mayor longitud de brotes mixtos se alcanzó con el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta), con un promedio de 2,13 cm, diferenciándose estadísticamente de los niveles B<sub>3</sub> (70 g/planta), B<sub>2</sub> (35 g/planta) y B<sub>1</sub> (0 g/planta) que lograron promedios de 2,05, 1,97 y 1,86 cm, respectivamente.

**Figura 4**

*Promedios de los efectos principales del factor poliacrilato de potasio en la variable longitud de brotes mixtos.*



#### 4.1.2. Área foliar de brotes mixtos.

En la tabla 11, del análisis de varianza para la variable área foliar de brotes mixtos, podemos observar que no existe interacción entre los factores A (restitución de la ETC) y B (poliacrilato de potasio). Asimismo, para los efectos principales de los factores A y B, no se encontraron diferencias significativas.

El coeficiente de variabilidad fue de 3,146 %, nos muestra que los datos son confiables para el experimento desarrollado en campo (Díaz & Rosado, 2019).

**Tabla 12**

*Análisis de varianza para la variable área foliar de brotes mixtos*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A	1	0,101	0,101	0,734	4,600	8,860	ns
B	3	0,149	0,050	0,360	3,340	5,560	ns
A x B	3	0,222	0,074	0,536	3,340	5,560	ns
Bloque	2	0,173	0,086	0,625	3,740	6,510	ns
E. E.	14	1,935	0,138				
Total	23	2,581					

*Nota:* C.V. = 3,146 %; ns = No significativo

#### 4.1.3. Porcentaje de cuajado.

La tabla 12, del análisis de varianza para la variable porcentaje de cuajado, nos muestra que existen diferencias altamente significativas en la interacción entre los factores A (restitución de la ETC) y B (poliacrilato de potasio). Asimismo, se encontraron diferencias altamente significativas para los efectos principales de los factores A y B.

El coeficiente de variabilidad hallado fue de 4,966 %, confiable para el experimento desarrollado en campo (Díaz & Rosado, 2019).

**Tabla 13**

*Análisis de varianza para la variable porcentaje de cuajado*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A	1	44,944	44,944	21,040	4,600	8,860	**
B	3	3276,654	1092,218	511,304	3,340	5,560	**
A x B	3	145,091	48,364	22,641	3,340	5,560	**
Bloque	2	14,720	7,360	3,446	3,740	6,510	ns
E. E.	14	29,906	2,136				
Total	23	3511,314					

*Nota:* C.V. = 4,966 %; ns = No significativo; \*\* = Altamente significativo

**Tabla 14**

*Análisis de efectos simples en la variable porcentaje de cuajado*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A en B <sub>1</sub>	1	1,553	1,553	0,727	4,600	8,860	ns
A en B <sub>2</sub>	1	183,924	183,924	86,101	4,600	8,860	**
A en B <sub>3</sub>	1	3,816	3,816	1,786	4,600	8,860	ns
A en B <sub>4</sub>	1	0,741	0,741	0,347	4,600	8,860	ns
B en A <sub>1</sub>	3	1673,521	557,840	261,144	3,340	5,560	**
B en A <sub>2</sub>	3	1748,223	582,741	272,800	3,340	5,560	**
E. E.	14	29,906	2,136				

*Nota:* ns = No significativo; \*\* = Altamente significativo

En la tabla 13, del análisis de efectos simples, para la variable porcentaje de cuajado, se observa para el factor A con respecto a los niveles B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub> y B<sub>4</sub> del factor B, que no existen diferencias significativas, sin embargo, para el nivel B<sub>2</sub> se encontraron diferencias altamente significativas. En el caso del factor B para cada

nivel del factor A, encontramos diferencias altamente significativas para ambos niveles A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.

**Tabla 15**

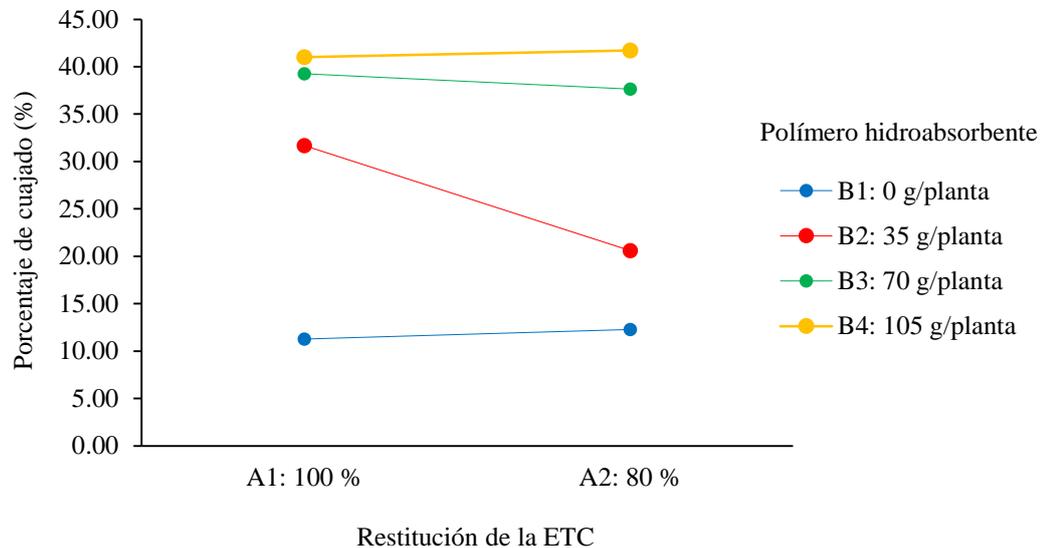
*Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto al nivel B<sub>2</sub> del factor poliacrilato de potasio en la variable porcentaje de cuajado*

N°	Restitución de la ETC	Poliacrilato de potasio	Porcentaje de cuajado (%)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A <sub>1</sub> : 100 %	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	31,68	a	1°
2	A <sub>2</sub> : 80 %	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	20,60	b	2°

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Figura 5**

*Promedios de los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto a los niveles del factor poliacrilato de potasio en la variable porcentaje de cuajado.*



En la tabla 15, de la prueba de significación de Tukey, observamos que para el nivel B<sub>2</sub> (35 g/planta del factor poliacrilato de potasio) hubo mayor porcentaje de cuajado se alcanzó con el nivel A<sub>1</sub> (100 % de la ETC), con un promedio de 31,68 %,

diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %) que logró un promedio de 20,60 %.

**Tabla 16**

*Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a cada nivel del factor restitución de la ETC en la variable porcentaje de cuajado*

N°	Poliacrilato de potasio	Restitución de la ETC	Porcentaje de cuajado (%)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	41,00	a	1°
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	39,24	a	1°
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	31,68	b	2°
4	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	11,26	c	3°
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	41,71	a	1°
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	37,65	b	2°
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	20,60	c	3°
4	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	12,28	d	4°

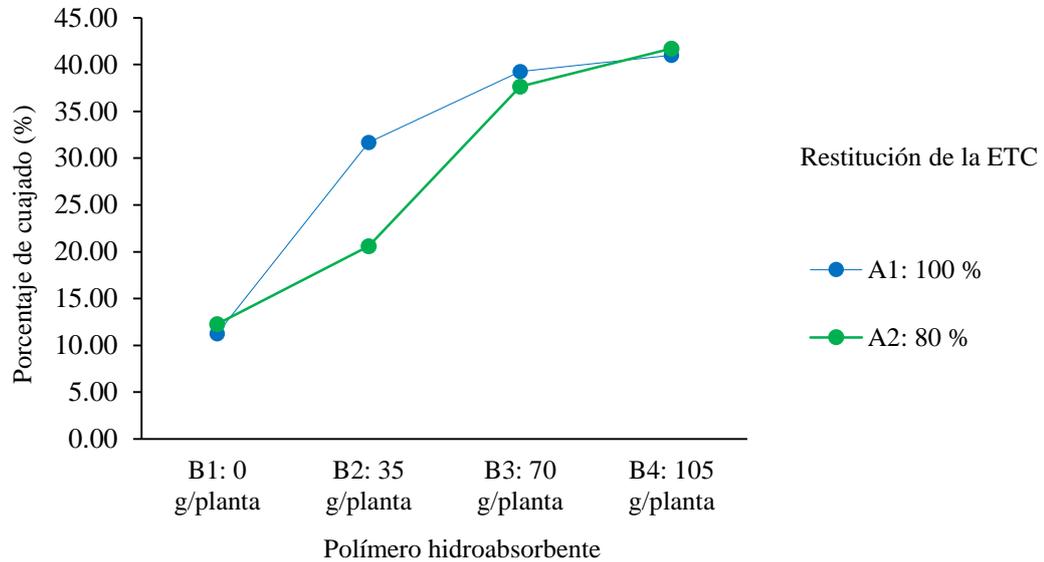
*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

En la tabla 15, de la prueba de significación de Tukey, se puede ver que para el nivel A<sub>1</sub> (100 %) del factor restitución de la ETC, el mayor porcentaje de cuajado se alcanzó con los niveles B<sub>4</sub> (105 g/planta) y B<sub>3</sub> (70 g/planta), con promedios de 41,00 y 39,24 %, respectivamente, diferenciándose estadísticamente de los niveles B<sub>2</sub> (35 g/planta) B<sub>1</sub> (0 g/planta), que lograron el 20,60 y 12,28 %, de porcentaje de cuajado, respectivamente.

Por otra parte, para el nivel A<sub>2</sub> (80 %) del factor restitución de la ETC, podemos observar que el mayor porcentaje de cuajado se obtuvo con el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta), con un promedio de 41,71 %, diferenciándose estadísticamente de los niveles B<sub>3</sub> (70 g/planta) B<sub>2</sub> (35g/planta) y B<sub>1</sub> (0 g/planta) que alcanzaron promedios de 37,65, 20,60 y 12,28 %, respectivamente.

**Figura 6**

*Promedios de los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a los niveles del factor restitución de la ETC en la variable porcentaje de cuajado.*



#### 4.1.4. Rendimiento de cosecha

**Tabla 17**

*Análisis de varianza para la variable rendimiento de cosecha*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A	1	2059438,507	2059438,507	28,507	4,600	8,860	**
B	3	119941416,826	39980472,275	553,410	3,340	5,560	**
A x B	3	1269357,468	423119,156	5,857	3,340	5,560	**
Bloque	2	255110,660	127555,330	1,766	3,740	6,510	ns
E. E.	14	1011413,556	72243,825				
Total	23	124536737,017					

*Nota:* C.V. = 3,190 %; ns = No significativo; \*\* = Altamente significativo

La tabla 16, del análisis de varianza para la variable rendimiento de cosecha, nos indica que existen diferencias altamente significativas para la interacción entre los

factores A (restitución de la ETC) y B (poliacrilato de potasio). Asimismo, se encontraron diferencias altamente significativas para los efectos principales de los factores A y B.

El coeficiente de variabilidad hallado fue de 3,190 %, confiable para el experimento desarrollado en campo (Díaz & Rosado, 2019).

**Tabla 18**

*Análisis de efectos simples en la variable rendimiento de cosecha*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A en B <sub>1</sub>	1	7799,057	7799,057	0,108	4,600	8,860	ns
A en B <sub>2</sub>	1	153574,401	153574,401	2,126	4,600	8,860	ns
A en B <sub>3</sub>	1	640528,027	640528,027	8,866	4,600	8,860	**
A en B <sub>4</sub>	1	2526894,490	2526894,490	34,977	4,600	8,860	**
B en A <sub>1</sub>	3	72912938,965	24304312,988	336,421	3,340	5,560	**
B en A <sub>2</sub>	3	48297835,329	16099278,443	222,846	3,340	5,560	**
E. E.	14	1011413,556	72243,825				

*Nota:* ns = No significativo; \*\* = Altamente significativo

En la tabla 17, del análisis de efectos simples, para la variable rendimiento de cosecha, observamos para el factor A con respecto a los niveles B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> del factor B, que no existen diferencias significativas, no obstante, para los niveles B<sub>3</sub> y B<sub>4</sub> se hallaron diferencias altamente significativas. En cuanto al factor B para cada nivel del factor A, encontramos diferencias altamente significativas para ambos niveles A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.

**Tabla 19**

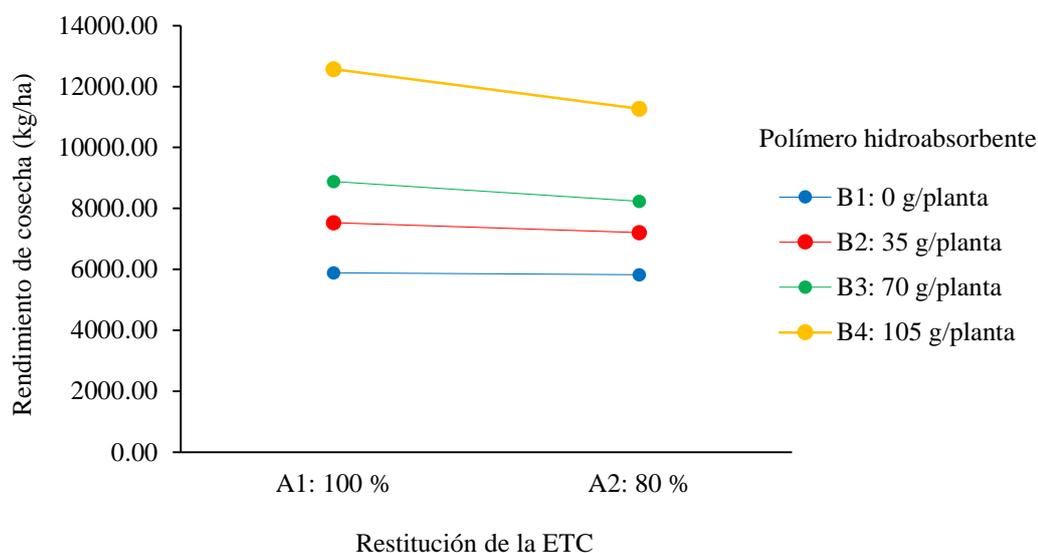
*Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto al nivel B<sub>2</sub> del factor poliacrilato de potasio en la variable rendimiento de cosecha*

N°	Restitución de la ETC	Poliacrilato de potasio	Rendimiento de cosecha (kg/ha)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A <sub>1</sub> : 100 %	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	8882,64	a	1°
2	A <sub>2</sub> : 80 %	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	8229,17	b	2°
1	A <sub>1</sub> : 100 %	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	12573,60	a	1°
2	A <sub>2</sub> : 80 %	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	11275,68	b	2°

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Figura 7**

*Promedios de los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto a los niveles del factor poliacrilato de potasio en la variable rendimiento de cosecha.*



En la tabla 18, de la prueba de significación de Tukey, observamos que para el nivel B<sub>3</sub> (70 g/planta) del factor poliacrilato de potasio, el mayor rendimiento de cosecha se obtuvo con el nivel A<sub>1</sub> (100 %), con un promedio de 8882,64 kg/ha, diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %) que logró un promedio de 8229,17 kg/ha.

De igual manera, se puede apreciar que para el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta) del factor poliacrilato de potasio, el mayor rendimiento de cosecha se logró con el nivel A<sub>1</sub> (100 %), con un promedio de 12573,60 kg/ha, diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %) que logró un promedio de 11275,68 kg/ha.

**Tabla 20**

*Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a cada nivel del factor restitución de la ETC en la variable rendimiento de cosecha*

Nº	Poliacrilato de potasio	Restitución de la ETC	Rendimiento de cosecha (kg/ha)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	12573,60	a	1º
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	8882,64	a	1º
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	7528,39	b	2º
4	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	5890,21	c	3º
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	11275,68	a	1º
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	8229,17	b	2º
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	7208,41	c	3º
4	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	5818,11	d	4º

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

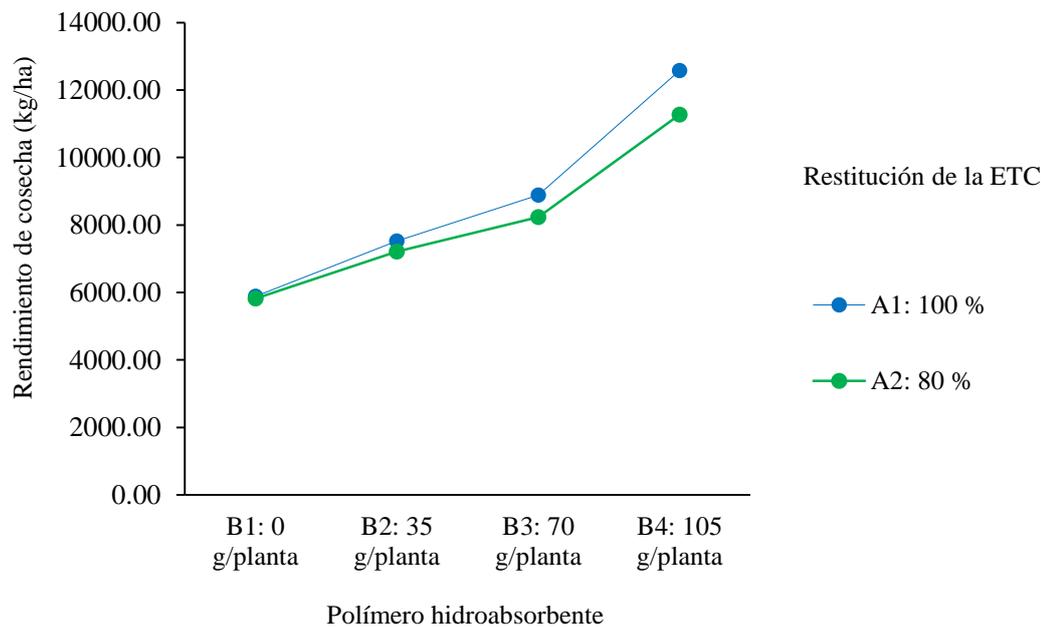
En la tabla 19, de la prueba de significación de Tukey, observamos que para el nivel A<sub>1</sub> (100 %) del factor restitución de la ETC, el rendimiento de cosecha más alto se obtuvo con los niveles B<sub>4</sub> (105 g/planta) y B<sub>3</sub> (70 g/planta), con promedios de 12573,60 y 8882,64 kg/ha, respectivamente, diferenciándose estadísticamente de los niveles B<sub>2</sub> (35 g/planta) B<sub>1</sub> (0 g/planta), que lograron 7528,39 y 5890,21 kg/ha, de porcentaje de cuajado, respectivamente.

Por otro lado, para el nivel A<sub>2</sub> (80 %) del factor restitución de la ETC, podemos observar que el rendimiento de cosecha más elevado se obtuvo con el

nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta), con un promedio de 11275,68 kg/ha, diferenciándose estadísticamente de los niveles B<sub>3</sub> (70 g/planta) B<sub>2</sub> (35g/planta) y B<sub>3</sub> (70 g/planta) que, alcanzaron promedios de 8229,17, 7208,41 y 5818,11 kg/ha, respectivamente.

**Figura 8**

*Promedios de los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a los niveles del factor restitución de la ETC en la variable rendimiento de cosecha.*



#### 4.1.5. Peso de fruto

La tabla 20, del análisis de varianza para la variable peso de fruto, nos muestra que existen diferencias altamente significativas en la interacción entre los factores A (restitución de la ETC) y B (poliacrilato de potasio). De la misma manera, se encontraron diferencias altamente significativas para los efectos principales de los factores A y B.

El coeficiente de variabilidad hallado fue de 3,238 %, el cual es considerado confiable para el experimento desarrollado en campo (Díaz & Rosado, 2019).

**Tabla 21***Análisis de varianza para la variable peso de fruto*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A	1	1,306	1,306	26,513	4,600	8,860	**
B	3	77,383	25,794	523,525	3,340	5,560	**
A x B	3	0,825	0,275	5,579	3,340	5,560	**
Bloque	2	0,154	0,077	1,567	3,740	6,510	ns
E. E.	14	0,690	0,049				
Total	23	80,358					

*Nota:* C.V. = 3,238 %; ns = No significativo; \*\* = Altamente significativo

**Tabla 22***Análisis de efectos simples en la variable peso de fruto*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A en B <sub>1</sub>	1	0,003	0,003	0,069	4,600	8,860	ns
A en B <sub>2</sub>	1	0,098	0,098	1,999	4,600	8,860	ns
A en B <sub>3</sub>	1	0,413	0,413	8,374	4,600	8,860	*
A en B <sub>4</sub>	1	1,616	1,616	32,806	4,600	8,860	**
B en A <sub>1</sub>	3	47,072	15,691	318,461	3,340	5,560	**
B en A <sub>2</sub>	3	31,135	10,378	210,643	3,340	5,560	**
E. E.	14	0,690	0,049				

*Nota:* ns = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo

En la tabla 21, del análisis de efectos simples, para la variable peso de fruto, podemos observar para el factor A con respecto a los niveles B<sub>1</sub>, y B<sub>2</sub> del factor B, que no hay diferencias significativas. Sin embargo, para el nivel B<sub>3</sub> se encontraron diferencias significativas y para el nivel B<sub>4</sub>, diferencias altamente significativas. En el caso del factor B para cada nivel del factor A, encontramos diferencias altamente significativas para ambos niveles A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.

**Tabla 23**

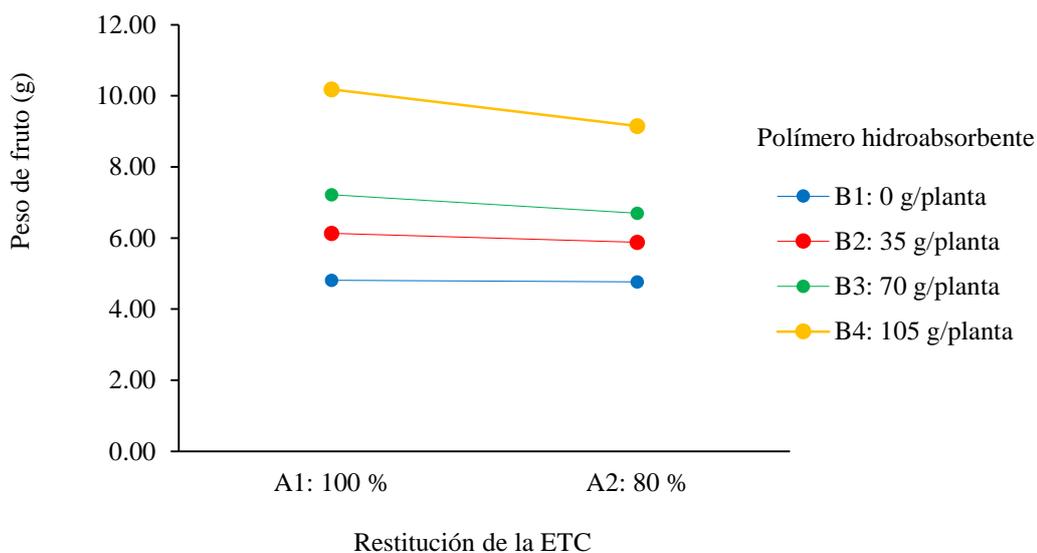
*Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto al nivel B2 del factor poliacrilato de potasio en la variable peso de fruto*

N°	Restitución de la ETC	Poliacrilato de potasio	Peso de fruto (g)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A <sub>1</sub> : 100 %	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	7,22	a	1°
2	A <sub>2</sub> : 80 %	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	6,70	b	2°
1	A <sub>1</sub> : 100 %	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	10,18	a	1°
2	A <sub>2</sub> : 80 %	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	9,15	b	2°

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Figura 9**

*Promedios de los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto a los niveles del factor poliacrilato de potasio en la variable peso de fruto.*



En la tabla 22, de la prueba de significación de Tukey, observamos que para el nivel B<sub>3</sub> (70 g/planta) del factor poliacrilato de potasio, el mayor peso de fruto se obtuvo con el nivel A<sub>1</sub> (100 %), con un promedio de 7,22 g, diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %) que logró un promedio de 6,70 g. De manera similar, se puede apreciar que para el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta) del factor poliacrilato de potasio, el peso de fruto más alto se logró con el nivel A<sub>1</sub> (100 %), con un

promedio de 10,18 g, diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %) que logró un promedio de 9,15 g.

**Tabla 24**

*Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a cada nivel del factor restitución de la ETC en la variable peso de fruto*

N°	Poliacrilato de potasio	Restitución de la ETC	Peso de fruto (g)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	10,18	a	1°
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	7,22	b	2°
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	6,14	c	3°
4	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	4,81	d	4°
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	9,15	a	1°
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	6,70	b	2°
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	5,88	c	3°
4	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	4,76	d	4°

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

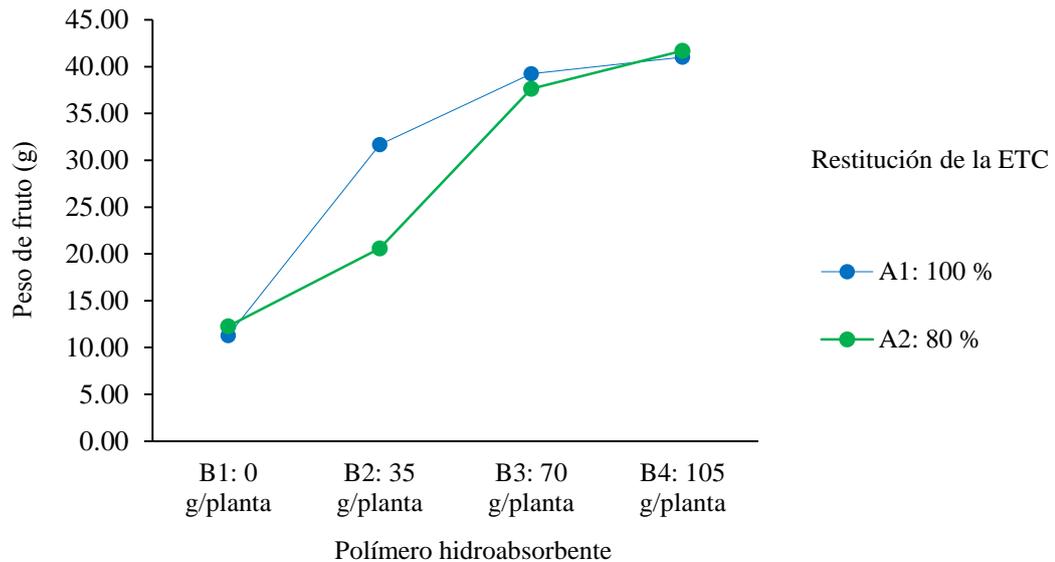
En la tabla 23, de la prueba de significación de Tukey, se puede ver que para el nivel A<sub>1</sub> (100 %) del factor restitución de la ETC, el mayor peso de fruto se alcanzó con el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta), con un promedio de 10,18 g, diferenciándose estadísticamente de los niveles B<sub>3</sub> (70 g/planta) B<sub>2</sub> (35g/planta) y B<sub>1</sub> (0 g/planta) que alcanzaron promedios de peso de fruto de 7,22, 6,14 y 4,81 g, respectivamente.

Por otra parte, para el nivel A<sub>2</sub> (80 %) del factor restitución de la ETC, podemos observar que el mayor peso de fruto se obtuvo con el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta), con un promedio de 9,15 g, diferenciándose estadísticamente de los

niveles B<sub>3</sub> (70 g/planta) B<sub>2</sub> (35g/planta) y B<sub>1</sub> (0 g/planta) que alcanzaron promedios de 6,70, 5,88 y 4,76 g, respectivamente.

**Figura 10**

*Promedios de los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a los niveles del factor restitución de la ETC en la variable peso de fruto.*



#### 4.1.6. Tamaño de fruto

En la tabla 24, del análisis de varianza para la variable tamaño de fruto, podemos observar que hay diferencias altamente significativas en la interacción entre los factores A (restitución de la ETC) y B (poliacrilato de potasio). De la misma manera, se hallaron diferencias altamente significativas para los efectos principales de los factores A y B.

El coeficiente de variabilidad hallado fue de 3,259 %, considerado confiable para el experimento desarrollado en campo (Díaz & Rosado, 2019).

**Tabla 25***Análisis de varianza para la variable tamaño de fruto*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A	1	815,116	815,116	27,169	4,600	8,860	**
B	3	47719,981	15906,660	530,183	3,340	5,560	**
A x B	3	501,884	167,295	5,576	3,340	5,560	**
Bloque	2	0,154	0,077	0,003	3,740	6,510	ns
E. E.	14	420,031	30,002				
Total	23	49457,166					

*Nota:* C.V. = 3,259 %; ns = No significativo; \*\* = Altamente significativo

**Tabla 26***Análisis de efectos simples en la variable tamaño de fruto*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A en B <sub>1</sub>	1	3,034	3,034	0,101	4,600	8,860	ns
A en B <sub>2</sub>	1	60,830	60,830	2,028	4,600	8,860	ns
A en B <sub>3</sub>	1	254,820	254,820	8,493	4,600	8,860	*
A en B <sub>4</sub>	1	998,316	998,316	33,275	4,600	8,860	**
B en A <sub>1</sub>	3	28991,949	9663,983	322,109	3,340	5,560	**
B en A <sub>2</sub>	3	19229,916	6409,972	213,650	3,340	5,560	**
E. E.	14	420,031	30,002				

*Nota:* ns = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo

En la tabla 25, del análisis de efectos simples, para la variable tamaño de fruto, observamos que para el factor A con respecto a los niveles B<sub>1</sub>, y B<sub>2</sub> del factor B, no hay diferencias significativas. Sin embargo, para el nivel B<sub>3</sub> se encontraron diferencias significativas y diferencias altamente significativas para el nivel B<sub>4</sub>. En el caso del factor B para cada nivel del factor A, encontramos diferencias altamente significativas para ambos niveles A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>.

**Tabla 27**

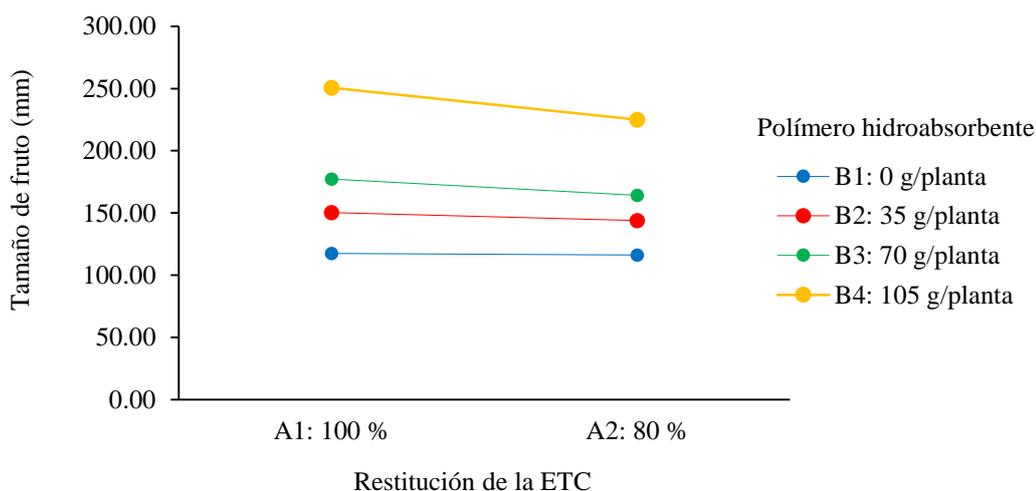
*Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto al nivel B<sub>2</sub> del factor poliacrilato de potasio en la variable tamaño de fruto*

N°	Restitución de la ETC	Poliacrilato de potasio	Tamaño de fruto (mm)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A <sub>1</sub> : 100 %	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	177,21	a	1°
2	A <sub>2</sub> : 80 %	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	164,18	b	2°
1	A <sub>1</sub> : 100 %	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	250,78	a	1°
2	A <sub>2</sub> : 80 %	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	224,98	b	2°

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Figura 11**

*Promedios de los efectos simples del factor restitución de la ETC con respecto a los niveles del factor poliacrilato de potasio en la variable tamaño de fruto.*



En la tabla 26, de la prueba de significación de Tukey, se puede apreciar que para el nivel B<sub>3</sub> (70 g/planta) del factor poliacrilato de potasio, el mayor tamaño de fruto se obtuvo con el nivel A<sub>1</sub> (100 %), con un promedio de 250,78 mm, diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %) que logró un promedio de 224,98 mm.

Asimismo, observamos que para el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta) del factor poliacrilato de potasio, el tamaño de fruto más alto se consiguió con el nivel A<sub>1</sub>

(100 %), con un promedio de 250,78 mm, diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %) que logró un promedio de 164,18 mm.

**Tabla 28**

*Prueba de significación de Tukey para los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a cada nivel del factor restitución de la ETC en la variable tamaño de fruto*

Nº	Poliacrilato de potasio	Restitución de la ETC	Tamaño de fruto (mm)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	250,78	a	1º
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	177,21	b	2º
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	150,20	c	3º
4	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	A <sub>1</sub> : 100 %	117,50	d	4º
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	224,98	a	1º
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	164,18	b	2º
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	143,83	c	3º
4	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	A <sub>2</sub> : 80 %	116,08	d	4º

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

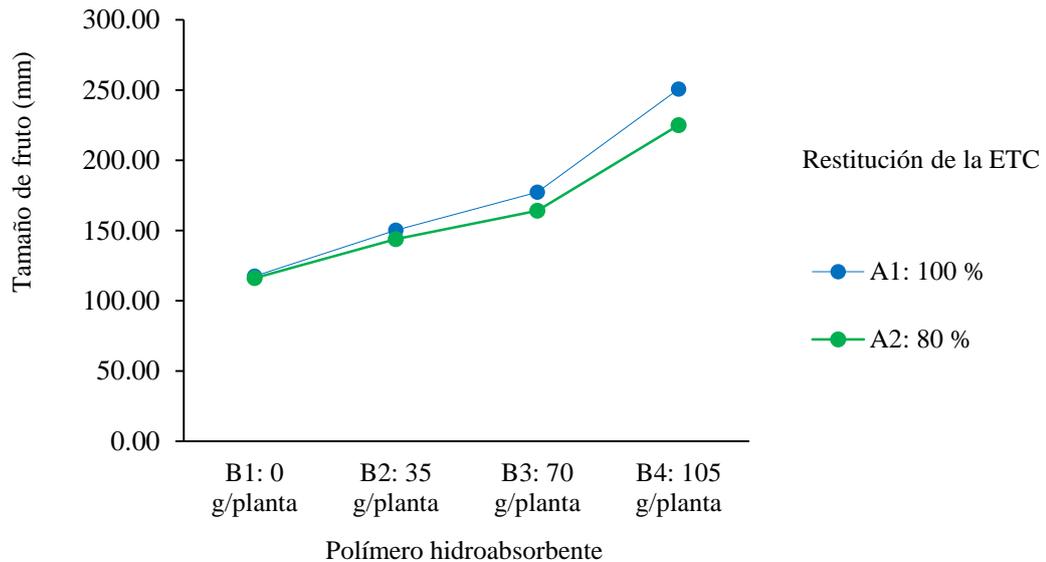
En la tabla 27, de la prueba de significación de Tukey, se puede ver que para el nivel A<sub>1</sub> (100 %) del factor restitución de la ETC, el mayor tamaño de fruto se alcanzó con el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta), con un promedio de 250,78 mm, diferenciándose estadísticamente de los niveles B<sub>3</sub> (70 g/planta) B<sub>2</sub> (35g/planta) y B<sub>1</sub> (0 g/planta) que alcanzaron promedios de peso de fruto de 177,21, 150,20 y 117,50 mm, respectivamente.

Por otro lado, para el nivel A<sub>2</sub> (80 %) del factor restitución de la ETC, podemos observar que el mayor tamaño de fruto se obtuvo con el nivel B<sub>4</sub> (105 g/planta), con un promedio de 224,98 mm, diferenciándose

estadísticamente de los niveles B<sub>3</sub> (70 g/planta) B<sub>2</sub> (35g/planta) y B<sub>1</sub> (0 g/planta) que alcanzaron promedios de 164,18, 143,83 116,08 mm, respectivamente.

**Figura 12**

*Promedios de los efectos simples del factor poliacrilato de potasio con respecto a los niveles del factor restitución de la ETC en la variable tamaño de fruto.*



#### 4.1.7. Relación pulpa semilla

En la tabla 28, del análisis de varianza para la variable relación pulpa semilla, se observa que no existe interacción entre los factores A (restitución de la ETC) y B (poliacrilato de potasio). Sin embargo, en los efectos principales de los factores A y B, se hallaron diferencias significativas y altamente significativas, respectivamente.

El coeficiente de variabilidad fue de 2,080 %, considerado confiable para el experimento desarrollado en campo (Díaz y Rosado, 2019).

**Tabla 29***Análisis de varianza para la variable relación pulpa/semilla*

FV	GL	SC	CM	FC	F t		Sig.
					0,05	0,01	
A	1	0,889	0,889	7,663	4,600	8,860	*
B	3	29,866	9,955	85,777	3,340	5,560	**
A x B	3	0,603	0,201	1,733	3,340	5,560	ns
Bloque	2	0,367	0,183	1,580	3,740	6,510	ns
E. E.	14	1,625	0,116				
Total	23	33,351					

*Nota:* C.V. = 2,080 %; ns = No significativo; \* = Significativo; \*\* = Altamente significativo

**Tabla 30**

*Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor restitución de la ETC en la variable relación pulpa semilla*

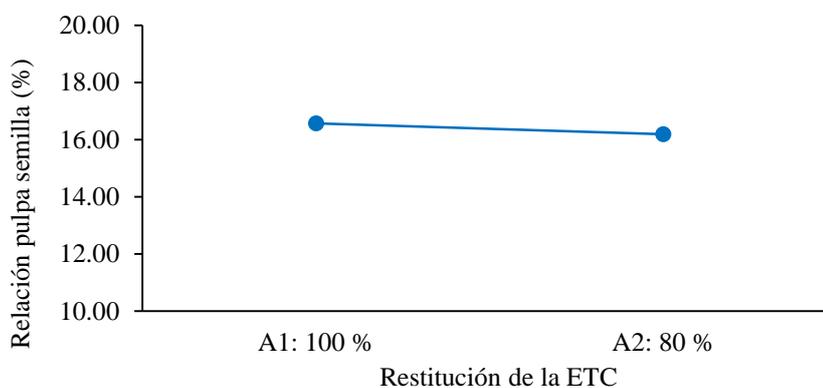
Nº	Restitución de la ETC	Relación pulpa semilla (%)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	A <sub>1</sub> : 100 %	16,57	a	1º
2	A <sub>2</sub> : 80 %	16,18	b	2º

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

En la tabla 30, de la prueba de significación de Tukey, se puede apreciar que para el factor restitución de la ETC, la mayor relación pulpa semilla se obtuvo con el nivel A<sub>1</sub> (100 %), con un promedio de 16,57 %, diferenciándose estadísticamente del nivel A<sub>2</sub> (80 %), que alcanzo un promedio de 16,18 %.

**Figura 13**

*Promedios de los efectos principales del factor restitución de la ETC en la variable relación pulpa semilla.*



**Tabla 31**

*Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor poliacrilato de potasio en la variable relación pulpa semilla*

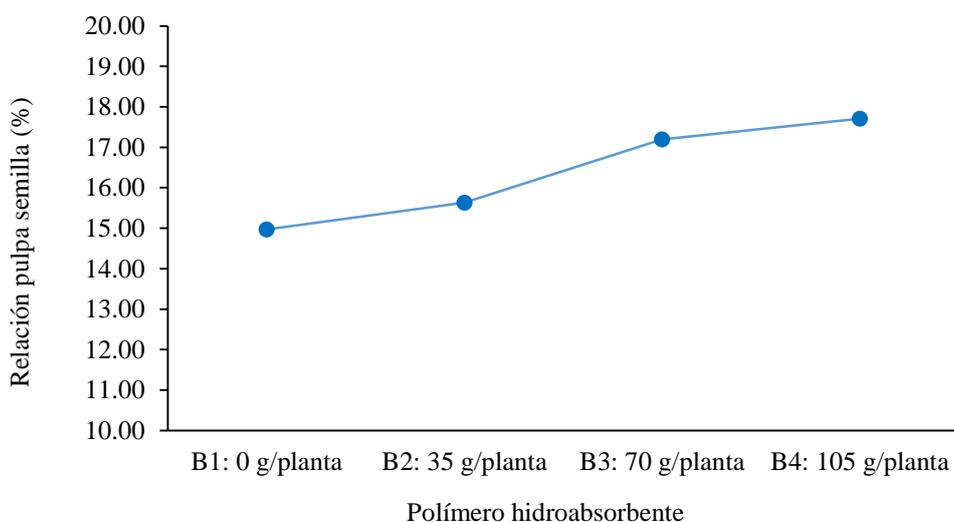
N°	Poliacrilato de potasio	Relación pulpa semilla (%)	Sig. $\alpha = 0,05$	Orden de mérito
1	B <sub>4</sub> : 105 g/planta	17,71	a	1°
2	B <sub>3</sub> : 70 g/planta	17,19	a	1°
3	B <sub>2</sub> : 35 g/planta	15,63	b	2°
3	B <sub>1</sub> : 0 g/planta	14,97	c	3°

*Nota:* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

En la tabla 30, de la prueba de significación de Tukey, observamos que para el factor poliacrilato de potasio, la mayor relación pulpa semilla se alcanzó con los niveles B<sub>4</sub> (105 g/planta) y B<sub>3</sub> (70 g/planta), con un promedio de 17,71 y 17,19 cm, diferenciándose estadísticamente de los niveles B<sub>2</sub> (35 g/planta) y B<sub>1</sub> (0 g/planta), que lograron promedios de 15,63 y 14,97 %, respectivamente.

**Figura 14**

*Promedios de los efectos principales del factor poliacrilato de potasio en la variable relación pulpa semilla.*



## **4.2. Contrastación de hipótesis**

### **4.2.1. Incremento de longitud de brotes mixtos.**

A nivel de la variable de longitud de brotes mixtos, en el análisis de varianza encontramos para el factor A donde se encuentra diferencias significativas entre los niveles con  $F_c$  con 8,314 es superior a  $F_t$  (0,05) cuyo valor es 4,6., por lo cual se considera necesario el rechazo de la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, que si existe diferencias significativas entre los niveles del factor. Igualmente ocurre en el factor B donde se alcanza un  $F_c$  igual a 39,87 muy superior a  $F_t$  (0,01) lo que demuestra diferencias altamente significativas, por lo cual corresponde el rechazo de la  $H_0$ , aceptando que existen diferencias entre los niveles del factor. No ocurre lo mismo en la interacción de factores donde el valor de  $F_c$  (0,85) es inferior a  $F_t$  (0,05) cuyo valor es de 3,34 por lo que corresponde aceptar la hipótesis nula.

### **4.2.2. Incremento de área foliar.**

En incremento de área foliar encontramos que no se dieron diferencias significativas ni en los factores ni en su interacción ya que el análisis estadístico  $F_c$  para los tres indicadores resultaron inferiores a  $F_t$  (0,05) por lo cual se acepta la hipótesis en los tres casos, aceptando que no existen diferencias entre los promedios de los factores, ni en la interacción.

### **4.2.3. Porcentaje de cuajado.**

En la variable de porcentaje de cuajado encontramos diferencias altamente significativas a nivel de los promedios del factor A (Restitución hídrica) con una  $F_c$  de 21,04 muy superior  $F_t$  (0,01) cuyo valor es de 8,86. Igualmente en el factor

B (g de poliacrilato por planta) encontramos alta significación en las diferencias de los promedios con un valor  $F_c$  de 511,3 respecto a  $F_t$  (0,01) con 5,56. Lo mismo ocurre en la interacción de factores, donde  $F_c$  alcanza un valor de 22,64 muy superior a  $F_t$  (0,01) que resulta en un valor de 5,56. Por lo cual corresponde rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) en los tres casos si existen diferencias significativas entre los promedios de ambos factores así como que si existe interacción entre los factores. En el análisis de efectos simples, existen diferencias altamente significativas en el efecto del factor A (% de restitución hídrica) sobre el nivel B2 (Poliacrilato 35 g planta<sup>-1</sup>) del factor B, de igual modo encontramos efectos simples altamente significativos del factor A sobre los niveles 1 (100 %) y 2 (80%) del factor A.

#### **4.2.4. Rendimiento.**

En esta variable encontramos diferencias altamente significativas en los promedios de los factores A y B con valores  $F_c$  de 28,5 y 553,4 frente a  $F_t$  (0,05) cuyos valores son de 8,86 y 5,56 respectivamente; ocurriendo lo mismo en la interacción de los factores donde  $F_c$  igual a 5,86 es superior a  $F_c$  (0,01) con un valor de 5,56. Correspondiendo en los tres casos, rechazar la hipótesis nula y aceptando que si hay diferencias entre los promedios de ellos factores y en la interacción de los mismos.

En los efectos simples de factor A (ETC) respecto a los niveles del del factor B (Poliacrilato de potasio), encontramos efectos significativos de A en B3 (70 g de polímero) y B4 /105 g polímero); así como el efecto de B (polímero) en A1 (100 % ETC) y A2 (80 % ETC).

#### **4.2.5. Peso de fruto.**

El análisis de varianza demuestra que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de los factores A (Reposición ETC) y B (G de polímero) con  $F_c$  de 26,51 y 523,52 muy superior a  $F_t$ . Igualmente se encuentran diferencias altamente significativas en la interacción de factores. Basado en lo anterior se procede a rechazar la hipótesis nula para los dos factores y su interacción. En el análisis de efectos simples encontramos el efecto del factor A en el nivel B3 y B4; así mismo encontramos efecto de del factor B en el los niveles A1 y A2.

#### **4.2.6. Tamaño de fruto.**

El análisis de varianza para la variable tamaño de fruto, arroja diferencias altamente para los promedios del factor A ( $F_c = 27,17$ ,  $F_t(0,01) = 8,86$ ) y factor B ( $F_c = 530,18$ ,  $F_t(0,01) = 5,56$ ), así como para la interacción entre factores ( $F_c = 55,58$ ,  $F_t(0,01) = 5,56$ ), por lo cual se procede a rechazar la hipótesis nula tanto para los promedios de los factores como para la interacción de los factores. Con efectos de A (Restitución de ETc) en B3 (70 g hidrogel) y en B4 (105 g Hidrogel). Así mismo B (Polímero hidrosoluble) sobre A1 (100 % ETC) y en A2 (80 % ETc). Dado, estas condiciones, corresponde rechazar la hipótesis para los promedios de los factores en estudio y para interacción entre factores.

#### **4.2.7. Relación pulpa semilla.**

Respecto a esta variable, el análisis de varianza demuestra que existen diferencias significativas entre los promedios del factor A (Restitución ETc) con un valor  $F_c$  de 7,66 mayor que  $F_t(0,05)$  4,6, pero menor a  $F_t(0,05)$  cuyo valor es de 8,86; y

diferencias altamente significativas entre los promedios del Facto B (Polímero hidrosoluble) donde  $F_c$  alcanzó un valor de 85,78 superior al valor de  $F_t(0,01)$  5,56; por lo que procede rechazar la hipótesis nula, para ambos casos. Además, no existiendo diferencias estadísticas en la interacción de los factores, se procede a aceptar la hipótesis nula para este caso.

### **4.3. Discusión de resultados**

#### **4.3.1. Incremento de longitud de brotes mixtos.**

Encontramos que cuando se satisface la demanda hídrica con el 100 % de la ETC (Según planilla de riego) se logra el mayor incremento de longitud de brotes mixtos (2,03 cm) superior al riego con el 80 % de ETC (1,98 cm). Por otra parte; a pesar que no hubo interacción entre factores, apreciamos que el mayor incremento de crecimiento de brotes, se logra cuando se utiliza 105 g de poliacrilato de potasio con 2,13 cm, aunque con los tres niveles (70 y 35 g) se logra resultados, estadísticamente superiores (2,05 y 1,97) cm respecto al testigo no aplicado (1,86 cm); lo que demuestra su efecto positivo en el aprovechamiento hídrico como, también

#### **4.3.2. Incremento de área foliar.**

Se encontró que los dos niveles del factor A (restitución hídrica: 100 y 80 % de la ETC, según planilla de riego) fueron estadísticamente iguales; resultado similar a los obtenidos por Vera (2019) que encontró una reducción de hasta 50 % de la restitución de la demanda hídrica utilizando “lluvia sólida”. Y para el caso de los niveles de hidrogel, que no se encontraron diferencias significativas, estaría

relacionado con la reducción de la capacidad de hidratación del hidrogel cuando se utilizan aguas con contenido salino, como fue demostrado por López et al. (2016, p. 166), dado que en nuestro caso utilizamos aguas salinas con  $4,98 \text{ dS m}^{-1}$  de conductividad eléctrica.

#### **4.3.3. Porcentaje de cuajado.**

Con el nivel a1 (100 % ETC) y b2 (35 g planta<sup>-1</sup>) se alcanzó un porcentaje de cuajado de 31,68 %, superior al efecto de A2 (80 % ETC) que sólo alcanzó el 20,6 %. Por otra parte, al analizar el efecto del factor B sobre A, encontramos que el primer lugar lo ocupan b4 (105 g planta<sup>-1</sup>) y b3 (70 g planta<sup>-1</sup>) sobre a1 (100 % ETC) con 41 y 39,24 %. Con lo que se aprecia que, ya desde 35 g de poliacrilato de potasio se encuentran mejoras en la capacidad de cuajado, cuando se aplica el 100 % de la ETC respecto al testigo; pero a la vez, encontramos que utilizando 105 y 70 g de poliacrilato de potasio con el 100 % de ETC se ve muy favorecido el porcentaje de cuajado, alcanzando 41 a 39,24 %. Sin embargo, encontramos que utilizando 105 g planta<sup>-1</sup>, de poliacrilato se puede utilizar el 80% del ETC alcanzando el mejor porcentaje de cuaja que alcanza el 41,71 %. Esto ocurriría por capacidad gelatinizante del poliacrilato que formando parte del sustrato, permite disminuir la cantidad de agua entre un 30 y 40% en función de la especie y condiciones ambientales (Bustamante et al., 2013, citado por Vélez, 2016)

#### **4.3.4. Rendimiento.**

En la variable rendimiento, con la prueba de comparación de Tukey, destaca el efecto de A1 (100 % ETC) sobre B3 (105 g planta<sup>-1</sup> polímero hidro absorbente) con

12 573 kg ha<sup>-1</sup>, estadísticamente igual al alcanzado por A2 (80 % ETC) sobre B3, que alcanzó 11 275, 68 kg ha<sup>-1</sup>, condición que demostraría la posibilidad de ahorro del recurso hídrico. Los resultados coinciden con Galecio y Adanaque (2011) encontraron diferencias significativas en el rendimiento de limón, cuando ensayaron 100 y 80 gr de Hidrogel planta<sup>-1</sup> con promedios de 567,28 y 511,32 kg UE<sup>-1</sup> estadísticamente iguales. Efectos similares encontró Romero (2022) que demostró que el rendimiento del cultivo de pimiento, no se vio afectado por las láminas ni dosis de enmienda para ninguno de los tratamientos; lo que demuestra que el hidrogel permite reducir los volúmenes de agua en el proceso de cultivo.

#### **4.3.5. Peso de fruto.**

Los efectos simples del factor restitución de la ETC (A) con respecto al nivel B2 del factor B (poliacrilato de potasio) en la variable peso de fruto encontramos el nivel A1 (100 % ETC) alcanza un valor superior de 10,18 g cuando se utilizan 105 g de hidrogel, seguido por el nivel A2 (80 % ETC) con 105 g cuando los frutos alcanzan 9,15 g; superior ambos, cuando se utiliza 70 g de hidrogel con los dos niveles del factor A. Por otra parte los efectos simples del factor B (poliacrilato de potasio) sobre el nivel (A1) del factor restitución del ETC (Factor A) vemos que cuando se utilizan 105 g de hidrogel con 100 % de restitución del ETC los frutos alcanzaron el mayor peso (10,18 g) alcanzando 9,15 g cuando se utiliza el 80 % de restitución hídrica, superior al alcanzado por el testigo con 0 gr de hidrogel que en el mejor de los casos alcanzó 4,81 g con el 100 % de restitución y 4,76 g con el 80 %. Vemos entonces un efecto positivo del polímero, lo que coincide Macías et al. (2019) quienes encontraron que inclusive reduciendo el 50 % de la demanda de

riego, no afecto el rendimiento y calidad en el cultivo del olivo, con un ahorro de hasta 288 mm de la lámina de riego.

#### **4.3.6. Tamaño de fruto.**

En la prueba de significación de los efectos simples del factor A sobre el factor B, encontramos que con A1 (100 % ETC) con 100 g de hidrogel (B4) se logra un tamaño de 250,78 mm, seguido de A2 (80 % ETC) sobre B4 con 224,98, ambos por encima del nivel B3 (70 g hidrogel) que alcanzó 250,78 mm (100 % ETC) y 164,18 mm. Por otra parte, los efectos simples del factor B (poliacrilato de potasio) sobre el nivel (A1) del factor restitución del ETC (Factor A) vemos que cuando se utilizan 105 g de hidrogel con 100 % de restitución del ETC los frutos alcanzaron el mayor peso (250,78), alcanzando 224,48 mm cuando se utiliza el 80 % de restitución hídrica, superior al alcanzado por el testigo con 0 gr de hidrogel que en el mejor de los casos alcanzó 117,50 g con el 100 % de restitución y 116,08 g con el 80 %; con lo cual se demuestra el efecto positivo del hidrogel (polímero hidrosoluble) en la mejora de las condiciones productivas pudiendo reducir, además, los volúmenes de recurso hídrico. Coincide el resultado con Pozo (2021) que encontraron que utilizando hidrogel a 10 kg/ha en olivos, pudo reducir hasta el 50 % de la dosis de riego sin encontrar diferencias en rendimiento y calidad respecto a un testigo donde aplicó el 100 % de la demanda hídrica.

#### **4.3.7. Relación pulpa semilla.**

Prueba de significación de Tukey para los efectos principales del factor A (Restitución de la ETC) en la variable relación pulpa semilla encontramos que con

el nivel 1 (A1: 100 ETC) se alcanzó una relación de 16,57 seguido de 16,18 obtenido con A2 (80 % de ETC) estadísticamente diferente. Por otra parte, vemos los efectos principales de los promedios del factor B (Poliacrilato de potasio) donde el nivel 4 (B4: 105 g hidrogel) y el nivel 3 (B3: 70 g) alcanzaron valores de 17,71 y 17,19, estadísticamente iguales, y que son superiores al obtenido con B2 (15,63) y B1 (14,97). Sin embargo, a nivel de la interacción de factores no se dieron diferencias significativas, pudiendo haber ocurrido efectos secundarios, que como afirma López et al. (2016) que si bien el polímero hidrófilo resulta una herramienta que ayuda a mejorar la eficiencia en el uso del agua dada la capacidad de absorción de agua, considera también, que dicho efecto depende de la calidad del poliacrilato de potasio, además es afectada por el contenido de sales. Sin embargo Duarte, et al, (2019) citado por Pozo (2021) encontró que utilizando hidrogel a 10 kg/ha en olivos, pudo reducir hasta el 50 % de la dosis de riego sin encontrar diferencias en rendimiento y calidad respecto a un testigo donde aplicó el 100 % de la demanda hídrica., además Guzmán (2016) encontró, en la propagación de mandarina W. Murcot., que utilizando polímeros súper absorbentes los signos de estrés hídrico fueron nulos, aun utilizando el 50 % de la demanda hídrica.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

**Primera:** Se logró determinar el efecto del poliacrilato de potasio y la restitución diferenciada de la evapotranspiración en el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.) en el distrito de Sama – Tacna.

**Segunda:** El poliacrilato de potasio manifestó efectos positivos en todas las variables agronómicas estudiadas en el cultivo de olivo, excepto en área foliar, especialmente en los niveles de 70 y 105 g por planta, demostrando, además, que podría reducirse hasta un 20 % de agua de riego.

**Tercera:** La restitución incompleta del elemento hídrico, de por sí, afecta la producción, sin embargo, encontramos que, utilizando 70 y 105 gr de polímero hidrosoluble por árbol, no se muestran diferencias significativas y permite un mejor aprovechamiento del agua de riego.

**Cuarta:** La interacción del factor poliacrilato de potasio y restitución de la ETC genera una mejora en el comportamiento agronómico del olivo,

permitiendo un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, además que se puede reducir el aporte hídrico.

## **5.2. Recomendaciones**

**Primera:** Es importante desarrollar trabajos de investigación que identifiquen el periodo y tiempo de desintegración del poliacrilato de potasio, que permita definirse un periodo de reposición en el campo.

**Segunda:** Será preciso identificar otros niveles de restitución de ETC para precisar con mejor detalle, los niveles de restricción críticos en un esquema de alta eficiencia de uso del agua de riego.

**Tercera:** Tal vez corresponda ensayar otros niveles de poliacrilato de potasio (Hidrogel) y niveles de restitución de la demanda hídrica a fin de mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego

**Cuarta:** se puede sugerir invitar al fabricante del hidrogel a la investigación para que según el mismo aconseje otros métodos de aplicación en situ y esté presente en la recolección de información.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R., Pereira, L., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Estudio FAO Riego y drenaje (Manual 56).
- ANDINA. (2019). *Tacna cuenta con cerca de 23,000 hectáreas de cultivo de olivo*. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-tacna-cuenta-cerca-23000-hectareascultivo-olivo-750664.aspx>.
- Antúnez, A., Cajías, E., Román, L., & Gonzales, M. (2014). *Riego y Producción de Olivos en el Valle de Azapa*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Ururi, Arica, Chile. Boletín INIA N° 292, 92 p.
- AOVE. (2021). *El envero de la aceituna. Jaengo Urrea*; mensajede blog (en línea]. Recuperado de <https://AOVEjaengourrea.com/el-envero-de-la-aceituna/>.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. 6ª Ed. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Ballesteros, G. C. (2011). *Prácticas de fisiología*. México: Instituto tecnológico de Cd. Altamirano.
- Calvache, M. (2002). *Manejo del agua: principios fundamentales*. Memoria: VIII Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo: INIAP - Estación Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo: INIAP - Estación.
- Cárdenas, H. (2020). *Influencia del riego deficitario superficial y subterráneo sobre la ganancia en masa seca de la zona radicular de la papa*. (Tesis de pregrado) Universidad nacional agraria La Molina-Lima.

- Casilla, E., & Huatuco, J. (2001). *Identificación de variedades de olivo en el Perú [Sevillana]* [en línea]. La Serena: Serie Actas - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 14. [En línea] Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/8326> (Consultado: 30 octubre 2022).
- Chávez, D., Arata, A., & Farfán, O. (2008). *El cultivo del Olivo en los valles de Caravelí*. DESCO. Programa Regional Sur, Arequipa.
- Del Carpio, F. (2009). *Demanda hídrica y contenido de arsénico y boro en el agua de riego en la irrigación San Isidro de Magollo - Tacna*. CIP Concejo. Tacna, Perú.
- Díaz, L., & Rosado, J. (2019). *Tratamiento estadístico de datos con aplicaciones en R*. Universidad de La Guajira. Colombia.
- Estrada, J. (2013). Evaluación de diferentes dosis de hidrogel en la producción de plantas de *Abies vejarii*, en invernadero (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Fernández, R. (2009). *Manual de riego para agricultores Módulo 1: Fundamentos del Riego*. Consejería de Agricultura y Pesca. Andalucía, España.
- Fontanet, X. (2005). *El cultivo ecológico del olivo*. Ficha técnica -PAE 17. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de Catalunya-España [En línea]. Recuperado de [http://pae.gencat.cat/web/.content/al\\_alimentacio/al01\\_pae/05\\_publicacions\\_material\\_referencia/arxiu/fitxapae17\\_castella.pdf](http://pae.gencat.cat/web/.content/al_alimentacio/al01_pae/05_publicacions_material_referencia/arxiu/fitxapae17_castella.pdf).

- Galecio, M., & Andanaque, J. (2011). *El Riego con polímeros hidrosorb como alternativa en el riego de plantaciones de limonero (Citrus aurantifolia Swingle) en el valle Cieneguillo Sur*. Instituto de Investigación Ciencia Tecnología e Innovación – Gobierno Regional Piura.
- García, J. (2012). *La biodiversidad del olivo (Olea europaea L.) en Colombia: Estudio molecular, morfológico y fenológico del germoplasma local* (Tesis doctoral). Università Degli Studi Di Parma, Italia.
- GOOGLE. (2019). *El globo terráqueo más detallado del mundo*. Image2019. CNES/Airbus. [En línea] <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>.
- Gutierrez, H. (2008). *Análisis y Diseños de Experimentos*. Recuperado de [https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis\\_y\\_diseno\\_experimentos.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf)
- Guzmán, C. (2016). *Análisis de tres nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia del uso del agua en Mandarinos W. Murcott (Citrus reticulata) sobre citrange C-35. (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica de Chile*.
- Guzmán, S., & Gómez, J. (2017). *Viabilidad técnica, ambiental, social y financiera, en la utilización del hidrogel, en un cultivo de uchuva (Physalis peruviana) del municipio de Buenavista - Boyacá (Colombia)* (Tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Editorial McGRAW-HILL/Interamericana S.A.

- Hidalgo, J., Leyva, A., Pérez, D., & Vega, V. (2017). ¿Cómo afecta el estrés hídrico en el cultivo del olivo a la formación de aceite? *Revista Vida Rural*, 426(1), 2-7.
- HIDROSORB®. (2020). *Hidrosorb agricultura*. [En línea]. Recuperado de <https://www.hidrosorb.com/agricultura.html>
- Kuroiwa, J. (2012). Recursos hídricos en el Perú. *Una visión estratégica (405 – 419)*. Jiménez, B y Galizia, J (Coord.). *Diagnóstico del agua en las américas*. Red Interamericana de Academias de Ciencias. México. Obtenido de Una visión estratégica (405 –419). Jiménez, B y Galizia, J (Coord.). Diagnóstico del agua en las américas.
- Liotta, M., & Sarasua, A. (2010). *Programación del riego en vid para variedades de mesa pasa con riego presurizado*. Memoria 2ª Reunión Internacional de Riego (pp. 152-165) Argentina: Facultad de Ciencias Agrarias –Universidad Nacional de Rosario.
- López, J., Garza, S., Jiménez, J., Huez, M., & Garrido, O. (2016). Uso de un polímero hidrófilo a base de poliacrilamida para mejorar la eficiencia en el uso del agua. *Revista European Scientific Journal*, 12(15), 160 – 175. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n15p160>
- Macías, R., Grijalva, R., Robles, F., López, A., & Núñez, F. (2019). Irrigation deficit and hydrogel application in olive productivity in desert regions. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(2), 393-404. Recuperado de <https://cienciasagricolas/view/1751/2029>.

- Martínez, L., & Tapia, F. (2002). *Riego del olivar. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – CRI Intihuasi: Vallenar, Chile.*
- Matías, A., Toro, A., Montalván, L., & Molina, M. (2010). *Variedades de olivo cultivadas en las provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina.* INTA, Buenos Aires.
- MINAGRI. (2020). *Anuario estadístico de producción agrícola 2018 [En línea].* Recuperado de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=produccion-agricola>
- Molina, J., Jiménez, B., Ruiz, F., García, F., López, F., & Salmerón, E. (2010). *Agronomía y poda del olivar.* Consejería de agricultura y pesca de Andalucía, España.
- Naan Dan Jain. (2014). *Huertos de olivo. Autor.*
- Orbegoso, L. (2017). *Efecto del polímero (lluvia sólida) y frecuencias de riego en el rendimiento de maíz amarillo (mega híbrido), bajo condiciones de cambio climático, fundo "La pampa", C. U. Mórrope, Lambayeque, 2016* (Tesis doctoral). Universidad Nacional "Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque.
- Osorio. (2006). *Manejo del riego en olivos: la experiencia de Chile.* Memorias III Jornadas de actualización en riego y fertirriego. INTA: Mendoza Argentina.
- Osorio, A., & Tapia, F. (2017). *Riego del olivo (pp. 53 – 70).* En Quiroz, C y Gonzáles, E. (Ed.). *Manual de manejo del huerto de olivo.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, Santiago de Chile. Boletín N° 16.

- Pariguana, M., & Gonzales, L. (2020). *Reciclaje químico del polímero súper absorbente de pañales desechables usados*. Recuperado de <http://www.aidisnet.org/wpcontent/uploads/2019/07/526-Per%C2%A6-oral.pdf>.
- Picornell, M., & Melero, J. (2013). Historia del cultivo del olivo y del aceite; su expresión en la Biblia. *Revista Ensayos de la Facultad de Educación de Albacete*, 28(1), 155-181.
- Pincay, G. (2016). *Comportamiento de tres dosis de Hidratantes en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.), en Huerto Organopónico en el Cantón Marcelino Maridueña, provincia del Guayas*. (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- PortalFrutícola. (2018). *Los hidrogeles de poliacrilato en la agricultura*. [Mensaje de blog] Recuperado de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/05/07/los-hidrogeles-de-poliacrilato-en-la-agricultura/>.
- Pozo, M. J. (2021). *Estudio del efecto del hidrogel en diferentes tipos de cultivos de importancia económica* (Tesis de pregrado) Universidad Estatal Península de Santa Elena. La libertad-Ecuador.
- Pro Olivo. (2019). *Producción*. Recuperado de <http://proolivo.com/produccion>.
- Romero, F. (2022). *Manejo del agua de riego en sustrato enarenado con enmienda retentiva de humedad en el cultivo de pimiento en invernadero* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Agraria La Molina-Lima.

- Rosetti, V. (2016). *Desarrollo del fruto del olivo (Olea europaea L.) cultivado en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires creciendo bajo condiciones de riego y seco*. (Tesis de grado) Universidad Nacional del Sur: Bahía Blanca-Argentina.
- Tapia, F., Astorga, M., Ibacache, A., Martínez, L., Sierra, C., Quiroz, C., Riveros, F. (2003). *Manual del cultivo del olivo*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín N° 101.
- Terralia. (2020). *Poliacrilato de potasio 93 %*. GR. Ediciones Agrotécnicas SL: *Vademécum de productos fitosanitarios y nutricionales*. Recuperado de [https://www.terralia.com/vademecum\\_de\\_productos\\_fitosanitarios\\_y\\_nutricionales/view\\_composition?book\\_id=1&composition\\_id=1187](https://www.terralia.com/vademecum_de_productos_fitosanitarios_y_nutricionales/view_composition?book_id=1&composition_id=1187)
- Vélez, N. (2016). *Efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad crespa salada en la granja experimental Yuyucocha provincia de Imbabura* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Vera, L. (2019). *Evaluación financiera con opciones reales para la aplicación de la lluvia sólida: en el caso del aguacate en Michoacán* (Tesis de grado). Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias agrícolas-Colegio de Posgraduados. Montecillo-México.
- Vidoy, I. (2014). *Rejuvenecimiento y micropropagación de olivo (Olea europaea L.)* (Tesis doctoral). Universidad de Málaga, España.