



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto del poliacrilato de potasio con distintos intervalos de riego por goteo  
sobre la producción de pepino en Machala.**

**ROBLEZ VACA JONATHAN CRISTIAN  
INGENIERO AGRONOMO**

**HONORES OCHOA JIMMY ANDRES  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto del poliacrilato de potasio con distintos intervalos de riego  
por goteo sobre la producción de pepino en Machala.**

**ROBLEZ VACA JONATHAN CRISTIAN  
INGENIERO AGRONOMO**

**HONORES OCHOA JIMMY ANDRES  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Efecto del poliacrilato de potasio con distintos intervalos de riego por goteo sobre la producción de pepino en Machala.**

**ROBLEZ VACA JONATHAN CRISTIAN  
INGENIERO AGRONOMO**

**HONORES OCHOA JIMMY ANDRES  
INGENIERO AGRONOMO**

**CUN CARRION JORGE VICENTE**

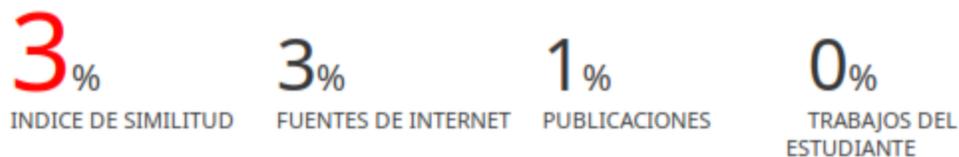
**MACHALA  
2024**

# TESIS CON HIDROGEL Y FRECUENCIA DE RIEGO

por Jonathan Cristian Roblez Vaca

## TESIS CON HIDROGEL Y FRECUENCIA DE RIEGO

INFORME DE ORIGINALIDAD



ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

< 1%

★ [www.conicit.go.cr](http://www.conicit.go.cr)

Fuente de Internet

**Fecha de entrega:** 07-ago-2024 11:32a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2428657620

**Nombre del archivo:** TESIS\_CON\_HIDROGEL\_Y\_FRECUENCIA\_DE\_RIEGO.docx (8.79M)

**Total de palabras:** 11214

**Total de caracteres:** 61539

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, ROBLEZ VACA JONATHAN CRISTIAN y HONORES OCHOA JIMMY ANDRES, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto del poliacrilato de potasio con distintos intervalos de riego por goteo sobre la producción de pepino en Machala., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



ROBLEZ VACA JONATHAN CRISTIAN

1150264446



HONORES OCHOA JIMMY ANDRES

0705473767

UNIVERSITAS  
MAGISTRORUM  
ET SCHOLARIUM

# **EFFECTO DEL POLIACRILATO DE POTASIO CON DISTINTOS INTERVALOS DE RIEGO POR GOTEIO SOBRE LA PRODUCCION DE PEPINO EN MACHALA**

## **RESUMEN**

La presente investigación se llevó a cabo en la Universidad Técnica de Machala en la facultad de ciencias agropecuarias teniendo como objetivo evaluar el impacto del poliacrilato de potasio aplicado con diferentes intervalos de riego por goteo sobre la producción del cultivo de pepino empleando un diseño experimental factorial en bloques completamente al azar con dos factores: la aplicación de hidrogel (con y sin) y cuatro intervalos de riego (cada 4, 5, 6 y 7 días). Este diseño resultó en un total de 24 unidades experimentales. El análisis de varianza (ANOVA) realizado reveló que, aunque el modelo general fue significativo, los factores individuales y su interacción no mostraron efectos estadísticamente significativos en las variables de peso, longitud y diámetro del fruto. Sin embargo, se observó una tendencia en la que el uso del hidrogel mejora el peso y la longitud de los frutos, especialmente en condiciones de riego menos frecuente. Esto sugiere que el hidrogel puede ofrecer beneficios particulares en situaciones de estrés hídrico. En términos de grados Brix, que miden la concentración de azúcares en el fruto, se encontraron diferencias significativas en función del uso de hidrogel y la frecuencia de riego. Los grados Brix fueron más altos en los tratamientos que incluían hidrogel y en aquellos con frecuencias de riego de cada 4 y 6 días. Este hallazgo indica una mayor eficiencia del tratamiento con hidrogel para mejorar la dulzura y madurez del fruto. Además, la calidad de la producción mostró variaciones significativas. Los frutos de primera calidad fueron más abundantes con una frecuencia de riego de cada 5 días. Por otro lado, el uso de hidrogel mejoró la proporción de frutos de segunda calidad y redujo el número de frutos rechazados debido a defectos. Estos resultados son consistentes con estudios previos que han demostrado la capacidad del hidrogel para mejorar la retención de agua y favorecer el crecimiento de cultivos en condiciones de estrés hídrico. La implementación de hidrogel en

combinación con intervalos de riego adecuados puede mejorar significativamente la producción y calidad del pepino bajo condiciones de estrés hídrico. Esto sugiere su potencial como una herramienta eficaz para mitigar los efectos del estrés hídrico en cultivos hortícolas. Dada la evidencia de los beneficios del hidrogel en la retención de agua y la mejora del rendimiento de los cultivos, se recomienda continuar con investigaciones adicionales que exploren diferentes dosis de hidrogel y su aplicación en otros cultivos. Estas investigaciones ayudarán a validar los resultados obtenidos y a optimizar las prácticas agrícolas en la región de Machala y en áreas con condiciones similares. La extensión de estos estudios podría proporcionar una base sólida para recomendar el uso de hidrogel como una práctica estándar para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de la agricultura en regiones propensas al estrés hídrico.

**Palabras claves:** Hidrogel, Intervalo, Calidad, hídrico.

## Summary

The present research was conducted at the Technical University of Machala in the Faculty of Agricultural Sciences with the objective of evaluating the impact of potassium polyacrylate applied with different drip irrigation intervals on cucumber crop production. A completely randomized block factorial experimental design with two factors was employed: the application of hydrogel (with and without) and four irrigation intervals (every 4, 5, 6, and 7 days). This design resulted in a total of 24 experimental units. The analysis of variance (ANOVA) revealed that, although the overall model was significant, the individual factors and their interaction did not show statistically significant effects on the variables of fruit weight, length, and diameter. However, there was a trend indicating that the use of hydrogel improved the weight and length of the fruits, especially under less frequent irrigation conditions. This suggests that hydrogel may offer particular benefits in situations of water stress. In terms of Brix degrees, which measure the concentration of sugars in the fruit, significant differences were found based on the use of hydrogel and irrigation frequency. Brix degrees were higher in treatments that included hydrogel and in those with irrigation frequencies of every 4 and 6 days. This finding indicates greater efficiency of hydrogel treatment in improving the sweetness and ripeness of the fruit. Additionally, the quality of production showed significant variations. First-grade fruits were more abundant with an irrigation frequency of every 5 days. On the other hand, the use of hydrogel improved the proportion of second-grade fruits and reduced the number of rejected fruits due to defects. These results are consistent with previous studies that have demonstrated the hydrogel's ability to improve water retention and favor crop growth under water stress conditions. Implementing hydrogel in combination with adequate irrigation intervals can significantly improve the production and quality of cucumbers under water stress conditions. This suggests its potential as an effective tool to mitigate the effects of water stress in horticultural crops. Given the evidence of the benefits of hydrogel in water retention and crop yield improvement, it is

recommended to continue with additional research exploring different doses of hydrogel and its application to other crops. These studies will help validate the obtained results and optimize agricultural practices in the Machala region and in areas with similar conditions. The extension of these studies could provide a solid basis for recommending the use of hydrogel as a standard practice to improve the sustainability and efficiency of agriculture in regions prone to water stress.

**Keywords:** Hydrogel, Interval, Quality, Hydric.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | INTRODUCCIÓN .....  | 10 |
| 1.1.   | Objetivo general: .....   | 11 |
| 1.2.   | Objetivos específicos: .....  | 11 |
| 2.     | REVISIÓN DE LITERATURA .....  | 13 |
| 2.1.   | Hidrogeles .....  | 13 |
| 2.2.   | Hidrogeles en la agricultura .....  | 14 |
| 2.3.   | Poliacrilato de potasio .....   | 15 |
| 2.4.   | Efecto del Poliacrilato de potasio sobre las propiedades físicas del suelo .....  | 16 |
| 2.5.   | Efecto del Poliacrilato de potasio sobre las propiedades químicas del suelo ..... | 16 |
| 2.6.   | Efecto del Poliacrilato de potasio sobre la microbiología del suelo .....         | 16 |
| 2.7.   | Poliacrilato de potasio y su uso en la agricultura .....                          | 17 |
| 2.8.   | Importancia del cultivo de pepino .....   | 18 |
| 2.9.   | Producción de pepino a nivel mundial .....  | 18 |
| 2.10.  | Producción de pepino en Ecuador .....   | 19 |
| 2.11.  | Estrés hídrico del cultivo de pepino .....  | 20 |
| 2.12.  | Intervalos de riego .....   | 20 |
| 2.13.  | Distancia de siembra .....  | 21 |
| 2.14.  | Variables productivas .....   | 21 |
| 3.     | MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 22 |
| 3.1.   | Ubicación del área experimental. ....   | 22 |
| 3.2.   | Propiedades físicas y químicas del área experimental. ....                        | 22 |
| 3.2.1. | Densidad aparente .....   | 23 |
| 3.2.2. | Densidad real. ....   | 24 |
| 3.2.3. | Porosidad .....   | 24 |
| 3.2.4. | Textura .....   | 24 |
| 3.2.5. | pH y Conductividad eléctrica .....  | 25 |
| 3.3.   | Diseño del experimento .....  | 25 |
| 3.4.   | Croquis del experimento. ....   | 25 |
| 3.5.   | Variables a evaluar .....   | 26 |
| 3.6.   | Hipótesis .....   | 26 |
| 3.7.   | Modelo matemático .....   | 27 |
| 3.8.   | Necesidades hídricas del cultivo. ....  | 27 |
| 3.8.1. | Evaporación del tanque evaporímetro. ....   | 28 |
| 3.8.2. | Evapotranspiración del cultivo. ....  | 29 |
| 3.8.3. | Coefficiente del cultivo de pepino (Kc) .....                                     | 29 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.9.    | Diseño del sistema de riego.....                       | 30 |
| 3.10.   | Aplicación del Poliacrilato de Potasio (Hidrogel)..... | 31 |
| 3.11.   | Cronograma del manejo agronómico. ....                 | 31 |
| 3.12.   | Recolección de datos. ....                             | 35 |
| 3.12.1. | Grados Brix .....                                      | 35 |
| 3.12.2. | Peso de Fruto.....                                     | 35 |
| 3.12.3. | Longitud de Fruto.....                                 | 35 |
| 3.12.4. | Diámetro de Fruto .....                                | 35 |
| 3.12.5. | Calidad de producción.....                             | 36 |
| 3.13.   | Proceso estadístico.....                               | 36 |
| 3.14.   | Análisis estadísticos realizados .....                 | 36 |
| 3.14.1. | Verificación de supuestos: .....                       | 37 |
| 3.15.   | Interpretación de resultados:.....                     | 37 |
| 4.      | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                           | 38 |
| 4.1.    | Peso de fruto.....                                     | 38 |
| 4.2.    | Longitud de fruto.....                                 | 39 |
| 4.3.    | Diámetro de fruto .....                                | 41 |
| 4.4.    | Grados Brix. ....                                      | 42 |
| 4.5.    | Calidad de producción.....                             | 45 |
| 4.5.1.  | Rendimiento de frutos.....                             | 48 |
| 5.      | CONCLUSIÓN.....  | 50 |
| 6.      | RECOMENDACIONES .....                                  | 51 |
| 7.      | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                        | 52 |

## ÍNDICE DE TABLAS.

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Tabla 1. Propiedades físicas del suelo .....</i>   | <i>23</i> |
| <i>Tabla 2. Tratamientos del objeto de estudio en la investigación. ....</i>                    | <i>25</i> |
| <i>Tabla 3. Unidades de medidas para cada variable.....</i>                                     | <i>26</i> |
| <i>Tabla 4. Valores Kc en sus distintas fases de cultivo, según el libro 56 de la FAO. ....</i> | <i>29</i> |
| <i>Tabla 5. Primera fase en el manejo agronómico del cultivo.....</i>                           | <i>32</i> |
| <i>Tabla 6. Segunda fase en manejo agronómico del cultivo. ....</i>                             | <i>32</i> |
| <i>Tabla 7. Tercera fase de conducción del cultivo.....</i>                                     | <i>33</i> |
| <i>Tabla 8. Análisis Anova para el peso (g). ....</i>   | <i>38</i> |
| <i>Tabla 9. Análisis de Varianza Anova para la variable longitud de fruto (cm). ....</i>        | <i>39</i> |
| <i>Tabla 10. Análisis de Varianza Anova para el diámetro del fruto (cm).....</i>                | <i>41</i> |
| <i>Tabla 11. Análisis de Varianza para grados brix.....</i>                                     | <i>43</i> |
| <i>Tabla 12. Prueba post hot de Duncan para grados brix.....</i>                                | <i>44</i> |
| <i>Tabla 13. Tabla cruza entre Factor A y la calidad de producción. ....</i>                    | <i>45</i> |
| <i>Tabla 14. Tabla cruza entre el factor B y la calidad de producción.....</i>                  | <i>46</i> |

## 1. INTRODUCCIÓN

Según Schlering et al. (2020), conforme el cambio climático ocasiona modificaciones en los esquemas de precipitación, la producción de hortalizas a campo abierto puede ser más dificultosa en el futuro; en la actualidad ya existe una gran cantidad de productores que tienen que hacer frente a épocas con escasas precipitaciones que son relativamente largas y sin precedentes, mientras que los sistemas de riego solo se encuentran disponibles de manera limitada o sencillamente no están disponibles, por lo que las plantas que se cultive van a sufrir de estrés hídrico con mayor frecuencia.

La agricultura demanda de un suministro adecuado y permanente de agua, sin embargo, en la actualidad existe escasez de lluvias en diferentes partes del mundo, las cuales son ocasionadas principalmente por el cambio climático, causando pérdidas en los cultivos, problemática que puede reflejarse en el futuro en la inseguridad alimentaria a nivel mundial (Chhogyel, Kumar, Bajgai, & Hasan, 2020).

Un cultivo muy conocido e importante a nivel mundial es el pepino (*Cucumis sativus* L.), su contenido de agua es de aproximadamente el 96%, las mejores respuestas productivas se dan a elevadas temperaturas e intensidad lumínica, además del suficiente volumen de agua y nutrientes; entre los principales nutrientes que aporta se encuentran minerales como el silicio, azufre, sodio y magnesio, también constituye una gran fuente de calcio, potasio y magnesio (Pal, Adhikary, Shankar, Kumar, & Maitra, 2020).

El cultivo de pepino demanda de 1 a 2 pulgadas constantes de agua a la semana (Rankel, 2023), sin embargo, en la ciudad de Machala las precipitaciones oscilan de 0 a 1.250 mm por año, esto equivale a 49,21 pulgadas al año y 0.94 a la semana (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Machala, 2019), por lo que los cultivos que tienen requerimientos

hídricos superiores como el caso del pepino, y que no disponen de sistemas de riego tecnificado no podrán alcanzar los niveles de producción adecuados.

El poliacrilato de potasio es un polímero conocido como hidrogel, que permite la conservación de agua, en la agricultura se puede combinar con el suelo con la finalidad de incrementar la disponibilidad de humedad para los cultivos; el suelo en estas condiciones libera agua y nutrientes solubles en el agua con mayor facilidad, es decir, el poliacrilato de potasio opera debajo de la superficie del terreno como si se tratara de una esponja (Corentin, Traoré, Zoromé, Awa, & Constant, 2021).

De acuerdo con Dispat et al. (2020), polímeros como el poliacrilato de potasio presentan una estructura conformada por unidades periódicas iónicas o neutras que estimulan una diferencia de presión osmótica entre la conformación del polímero y el medio acuoso, de esta manera hacen posible que las moléculas de agua se propaguen. Por otra parte, una práctica que predomina en la agricultura es el riego por gravedad, es decir, sigue siendo dependiente del agua que se acopia de manera natural en las presas (Cuadras, Peinado, Peinado, López, & Herrera, 2021).

Tomando en cuenta estos antecedentes, el trabajo de investigación se plantea los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivo general:**

Evaluar el impacto del poliacrilato de potasio aplicado con diferentes intervalos de riego por goteo sobre la producción del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en la ciudad de Machala.

### **1.2. Objetivos específicos:**

- Determinar el efecto del intervalo de riego y del poliacrilato de potasio en la evaluación de características agro productivas de pepino

- Evaluar el tratamiento optimo del intervalo de riego por goteo y la presencia del poliacrilato de potasio en la calidad de cosecha del pepino.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Hidrogeles

De acuerdo con Milampure et al. (2024), el hidrogel constituye un producto especialmente intrigante en la producción de los polímeros, un sistema polimérico reticulado que se encuentra muy disuelto y que no fluye en circunstancias constantes se llama gel, estos geles involucran dos sustancias populares por ser un agente hinchante; el agua sirve como agente hinchante en los hidrogeles.

Un hidrogel es una red molecular tridimensional reticulada, son polímeros que tienen la capacidad de retener grandes volúmenes de agua; la red de los hidrogeles se forma por medio de enlaces covalentes o interacciones no covalentes, estas últimas contienen especialmente “entrelazamientos físicos, enlaces de hidrógeno, interacciones hidrófobas, interacciones supramoleculares, interacciones electrostáticas e interacciones de coordinación” (Yang, 2022, pág. 1987).

El hidrogel fue creado en Estados Unidos de Norteamérica por el Departamento de Agricultura en la década de 1970, este material tiene la capacidad de absorber volúmenes de agua superiores a 400 veces su propio peso (Saha et al., 2020). De acuerdo con Skrzypczak et al. (2020), los hidrogeles sintéticos elaborados a base de acrilatos evidencian un alto nivel de resistencia mecánica.

De acuerdo con Chuan et al. (2022), los hidrogeles, debido a su elevado contenido de agua, su estructura blanda y porosidad, tienen una gran semejanza con los tejidos de los seres vivos; las últimas investigaciones muestran que los hidrogeles han sido aprovechados en diferentes campos como la agricultura y la industria alimentaria, estos pueden ser naturales, sintéticos o semipolímeros.

Los hidrogeles constituyen materiales de importancia, de alto interés para la ciencia y con diversas aplicaciones; los hidrogeles de mayor preferencia son aquellos a base de polímeros de origen natural en vez de los sintéticos, esto se debe a su nivel de seguridad, biocompatibilidad y características ecológicas (Klein & Poverenov, 2020).

Los hidrogeles de origen sintético son geles específicos, creados por medio de la transformación artificial de materiales poliméricos hidrófilos en una red tridimensional, por otra parte, los polímeros naturales radican en polisacáridos con capacidad de instaurar una organización química absorbente con alta biocompatibilidad, la mayor parte de los hidrogeles tradicionales que se comercializan en el mercado tienen como base el acrilato; El agente reticulante que se utiliza en los métodos de polimerización química tiene la función de fortalecer los enlaces presentes entre las cadenas de polímeros (Skrzypczak et al., 2020).

## **2.2.Hidrogeles en la agricultura**

De acuerdo con Klein y Poverenov (2020), el uso de hidrogeles en las actividades agrícolas puede dar solución a determinados problemas de este sector, al disminuir la periodicidad de riego y la predisposición del suelo a la compactación, contener la erosión y la infiltración de agua e incrementar la aireación del suelo y la acción microbiana; algunos de estos hidrogeles exhiben una capacidad de hinchamiento que puede ir desde el 70 al 300%.

Los hidrogeles con capacidad superabsorbente se considera que pueden ser una alternativa viable en las regiones áridas y semiáridas del mundo, por medio de estos es posible incrementar de manera significativa la conservación de agua en el suelo y aumentar al mismo tiempo la cantidad de agua disponible para su aprovechamiento por las plantas (Vasconcelos, Simmons, de Andrade, dos Santos, & Gomes, 2021).

Un hidrogel ideal para utilizar en la agricultura tiene que cumplir algunos requisitos, entre estos una elevada capacidad de hidratación de agua, tasa de absorción graduable, alta

permeabilidad cuando es expuesto al agua, precio bajo, excelente persistencia tanto después del hinchamiento como durante el almacenamiento, no debe ser tóxico y rehumectabilidad; los hidrogeles se consideran un acondicionador del suelo y mejorador del rendimiento (Michalik & Wandzik, 2020).

Según Medina y Samudio (2021), algunos tipos de hidrogel como son el poliacrilato de potasio y poliacrilato de sodio pueden ayudar a reducir las consecuencias provocadas por la sequía, generando de esta manera un impacto positivo en el suelo y en el recurso hídrico, tomando en cuenta la frecuencia de riego, por lo que constituyen una alternativa interesante como solución a las amenazas del cambio climático.

### **2.3.Poliacrilato de potasio**

De acuerdo con Rodríguez (2014), el Poliacrilato de potasio es un polímero que se fabrica mediante acrilatos súper absorbentes, puede absorber aproximadamente 500 veces su peso en agua y conservar la humedad y nutrientes durante 9 meses; pasado este tiempo, los acrilatos retornan a su estado original y tienen la capacidad de absorber nuevas aguas de riego o de lluvia, sin que se modifique su estructura química.

Según Varela, 2018, el poliacrilato de potasio es un polímero que hace posible gelatinizar líquidos y rehidratarlos varias veces durante su vida útil, este ciclo se puede repetir durante ocho a diez años, tiempo suficiente para que se degrade en el suelo; su consistencia es similar a partículas de polvo a las cuales se las denomina almacenes de agua.

Los hidrogeles presentan una estructura que tiene como base cadenas poliméricas largas, las mismas que son reticuladas por otras moléculas de menor tamaño e incluso átomos individuales que conforman una red tridimensional (Liu & Guo, 2001). Al momento que el agua está en contacto con alguna de estas cadenas, penetra a la molécula mediante ósmosis, se transporta ágilmente con dirección al interior de la red del polímero en el que se encuentra

almacenada, de esta manera, al momento de que el suelo se seca, el agua que ha sido absorbida en el suelo se libera hasta en un 95% (Alarcón, 2013).

La propagación de las cadenas del polímero se produce de forma más lenta debido a que sus moléculas son de mayor tamaño que el agua y la hidropesía del polímero está condicionada por los enlazadores cruzados, es decir, moviliza el agua con la intención de nivelar la concentración de moléculas entre la parte interna y la externa del polímero; el mecanismo de hidratación de los hidrogeles radica en una mixtura de fenómenos físicos, además de la pendiente de la acción química dentro y fuera del polímero (Liu & Guo, 2001).

#### **2.4.Efecto del Poliacrilato de potasio sobre las propiedades físicas del suelo**

El Poliacrilato de potasio puede mejorar algunas propiedades del suelo como son la permeabilidad, la densidad aparente y su estructura, además de la dilatación y contracción de las partículas de polímero como consecuencia de los ciclos de hinchazón y de desecación, los mismos que incrementan la aireación del suelo, de manera particular en suelos arcillosos (Sanz, 2015).

#### **2.5.Efecto del Poliacrilato de potasio sobre las propiedades químicas del suelo**

El Poliacrilato de potasio está relacionado con la eficiencia en el uso de los nutrientes, debido a que, al momento de proceder como un sistema de liberación paulatina beneficia la permeabilidad de nutrientes, estos son retenidos por lo que retrasan su proceso de disolución, esto hace que se requiera de una menor frecuencia de aplicaciones, de esta manera, las plantas todavía están en capacidad de tomar los nutrientes que necesitan (Sanz, 2015).

#### **2.6.Efecto del Poliacrilato de potasio sobre la microbiología del suelo**

De acuerdo con Sanz (2015), un efecto en el que todavía falta mucho por explotar es el impacto ocasionado por los programas de ajuste estructural con respecto a la microbiología del suelo; la adición de hidrogeles puede incrementar la agresividad de las bacterias.

## **2.7.Poliacrilato de potasio y su uso en la agricultura**

Los hidrogeles habituales proceden del acrilato y no son biodegradables; el acrilato de potasio es apropiado para las actividades agrícolas y el cuidado del suelo, el hidrogel hace posible distanciar la periodicidad de riego, el agua se va liberando conforme el suelo o sustrato se escurre en torno al polímero, consintiendo la disminución del consumo de agua (Ortega, Flores, Guevara, Rico, & Soto, 2020).

De acuerdo con (Prakash et al., 2021), los hidrogeles pueden ser de gran utilidad en la agricultura debido a que pueden permitir la liberación controlada de nutrientes, por lo que pueden constituir una opción interesante con relación a los métodos tradicionales de fertilizantes y pesticidas, es decir que podría ser una alternativa para disminuir la huella ambiental; por otra parte, también se puede disminuir la huella hídrica en cultivos que requieren grandes volúmenes de agua para su proceso de producción, tal es el caso del arroz y el trigo.

Oladosu et al. (2022) manifiesta que el agua acopiada por el hidrogel retorna lentamente al suelo, incrementando de esta manera el volumen de agua disponible en el suelo; el hidrogel acrecienta la eficacia en el uso del agua y los intervalos de regadío, reduce los costos de riego y suministra a las plantas los nutrientes y la humedad que estas necesitan, es decir, las propiedades de los hidrogeles los vuelven un mecanismo perfecto para la administración segura en agricultura de productos como acondicionadores de suelos y agentes para la liberación controlada de fertilizantes.

De acuerdo con Guancha et al., 2022), el uso de hidrogeles permite disminuir la utilización de agua para riego e incrementa su disponibilidad por mayor tiempo en el suelo, estos constituyen una alternativa para disminuir la periodicidad de riego hasta en un 90%,

mejora de esta manera la compactación del suelo, reduce la pérdida de infiltración, mejora significativamente la germinación de semillas y el desarrollo de los cultivos.

## **2.8.Importancia del cultivo de pepino**

El pepino, constituye un cultivo de importancia mundial; de un total de 66 especies del género Cucumis, el pepino es el único que tiene  $2n = 2x = 14$  cromosomas, los demás tienen  $2n = 2x = 24$  cromosomas o múltiplos de 12 cromosomas; el pepino progresó a partir de su ancestro ya desaparecido  $2n = 24$  por medio de una disminución cromosómica diploide, en la que existieron muchas circunstancias involucradas de reordenamiento cromosómico con excepción del cromosoma 7 del pepino (Weng, 2021).

El cultivo de pepino tiene múltiples beneficios para la salud de las personas, conserva la presión arterial, regulariza la hidratación, ayuda a controlar el azúcar y calma la piel, ayuda al sistema digestivo, ayuda a perder peso disminuyendo la grasa corporal, contiene fibra y minerales como potasio, manganeso, magnesio y vitaminas K, C, A; además posee propiedades hidratantes y antimicrobianas (Karna, 2022).

## **2.9.Producción de pepino a nivel mundial**

Entre las hortalizas que más se cultivan y consumen a nivel mundial se encuentra el pepino, su producción mundial para el año 2022 fue de alrededor de 2.260.000 hectáreas y una producción total de 91,2 millones de toneladas, es decir, un incremento del 9,74% con relación al año 2016; por otra parte, el rendimiento medio mundial es de 5,85 kg/m<sup>2</sup> (Arab & Hakimi, 2022).

El valor de la producción anual de pepino a nivel mundial es de aproximadamente 9,76 mil millones, el 87,2% de la producción mundial proviene del continente asiático; su cultivo se da en invernaderos y en campos abiertos (Hussein et al., 2024). Según (Umeh et al. (2019),

entre los principales países productores de pepino se encuentran Turquía, Irán, Uzbekistán, Japón e Irak.

El pepino es una hortaliza que pertenece al género *Cucumis* de la familia Cucurbitaceae y es de interés económico, las variedades de pepino silvestre o semisilvestre que existen son tres: *Cucumis sativus* variedad *hardwickii*, *Cucumis sativus* variedad *sikkimensis*, *Cucumis sativus* variedad *xishuangbannanensis*; entre las múltiples ventajas que posee el pepino se encuentra su corto ciclo de vida y su genoma pequeño (Wang, 2021).

De acuerdo con Bondarenko et al., (2021), la capacidad de producción y la calidad del fruto dependen principalmente de la tecnología utilizada para su cultivo, las variedades híbridas no resisten grandes cantidades de fertilizantes minerales, precisan una provisión constante de humedad en el suelo, las plagas y enfermedades diezman significativamente la productividad cuando la cosecha es tardía.

## **2.10. Producción de pepino en Ecuador**

En Ecuador, la producción de pepino se encuentra principalmente en los valles cálidos de la región interandina y en las zonas áridas del trópico seco; en lo que respecta al liderazgo en superficie cultivada, la provincia del Guayas se ubica en primer lugar, seguida por Santa Elena y Manabí, sin embargo, la producción no es suficiente para satisfacer la demanda interna (López et al., 2024).

El pepino en Ecuador es considerado un producto agrícola no tradicional, los mayores niveles de producción se agrupan en las regiones costeras, particularmente Manabí, Santa Elena y Guayas (Aguirre et al., 2024). De acuerdo con (Rocohano, 2018), la producción de pepino es realizada en 1250 hectáreas y el rendimiento anual es de 13.2 toneladas métricas por hectárea.

### **2.11. Estrés hídrico del cultivo de pepino**

Uno de los cultivos que mayor demanda tienen de agua es el pepino, la deficiencia de este recurso, principalmente en las etapas de plántula y vegetativa temprana, ocasiona estrés hídrico en las plantas, al igual que la disminución del rendimiento, por lo que resulta importante el establecimiento de estrategias que permitan salvaguardar el cultivo (Das et al., 2024).

De acuerdo con Kumar et al., (2024), la producción de pepino en climas cálidos constituye un gran desafío para los productores, por lo que es necesario la implementación de prácticas altamente productivas y eficientes a fin de producir hortalizas de manera sostenible en ecosistemas áridos, cálidos y con escasa disponibilidad de recursos. Una adecuada programación del sistema de riego es importante a fin de garantizar altos niveles de rendimiento y productividad y disminuir los problemas de estrés hídrico (Li et al., 2024).

### **2.12. Intervalos de riego**

Ojeda y Flores (2015) manifiestan que el intervalo de riego constituye el tiempo que debe existir entre un riego y otro, este parámetro se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Intervalo de riego} = \frac{HFA}{RRDD}$$

HFA indica la humedad que puede ser aprovechable fácilmente, mientras que RRDD son las necesidades de riego diario durante el intervalo de riego.

El intervalo de riego va a depender de los requerimientos de riego de cada cultivo, de la capacidad de acumulación de la humedad del suelo en la zona radical, del sistema de riego utilizado y de la sensibilidad que tenga el cultivo al estrés hídrico (de León & Robles, 2008). Los intervalos de riego insuficientes pueden ocasionar situaciones de estrés por sequía, por el

contrario, cuando el nivel de agua es excesivo con frecuencia ocasionan inundaciones (Kusumiyati et al., 2024).

De acuerdo con el trabajo realizado por Vargas et al. (2023), los requerimientos de agua del cultivo de pepino fueron estimados en 3,5 mm/día, el riego fue aplicado entre 0,67 y 0,82 hora, el tiempo máximo aprovechable para el riego diario fue de 8,0 horas, este se distribuyó en 12 turnos.

### **2.13. Distancia de siembra**

Entre las variables de manejo agronómico asociadas con la densidad de plantas y la productividad de hortalizas se encuentra la distancia de siembra; de acuerdo con la investigación realizada por Acosta y Loor (2023), en Cotopaxi, en el recinto Chipe Hamburgo 2, recomienda el uso de una distancia de siembra de 60 centímetros entre plantas, debido a que los resultados obtenidos fueron superiores en lo que respecta a la respuesta agronómica y producción del cultivo de pepino.

### **2.14. Variables productivas**

#### **Porcentaje de sólidos solubles totales o Grados brix**

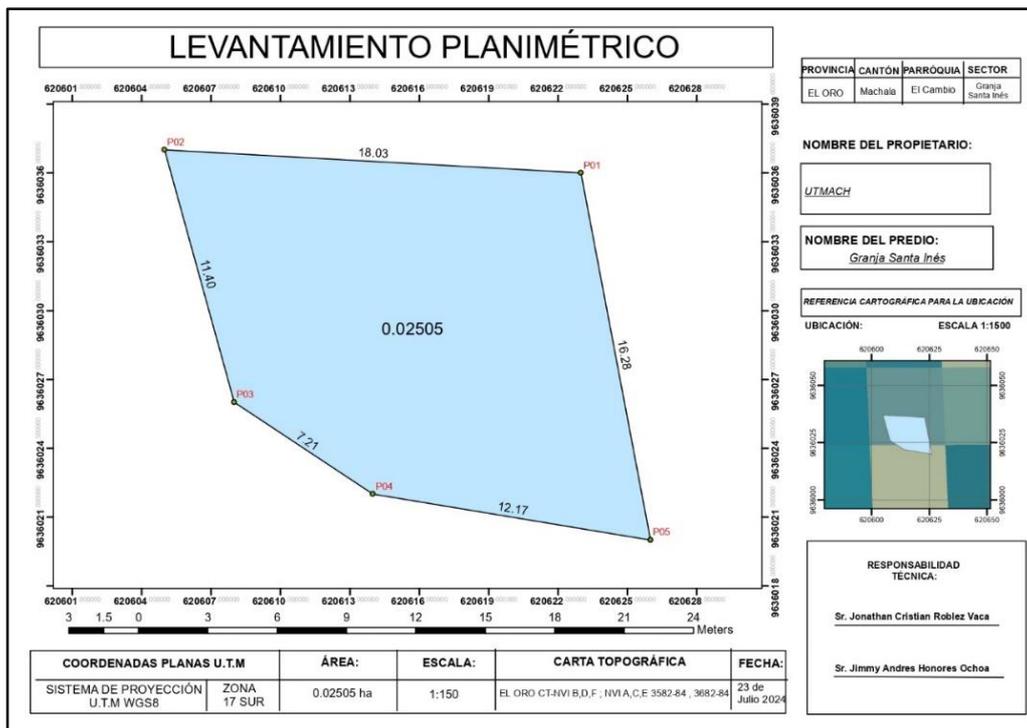
Los grados brix ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), son equivalentes a la concentración de azúcares, estos se expresan como porcentaje de sacarosa; sin embargo, no solo mide los azúcares, en esta fracción se encuentran inmersos también ácidos, sales y compuestos solubles, “en la práctica, un grado brix es igual a un gramo de sacarosa en 100 gramos de una solución acuosa” (Cardona, Castro, & Suárez, 2022, pág. 8).

De acuerdo con la investigación realizada por Cruz et al. (2020), los pepinos largos registraron grados brix totales de  $3.22^{\circ}$  brix, los pepinos medianos  $3.03^{\circ}$  brix, mientras que los pepinos pequeños evidenciaron grados brix iguales a  $3.05$ .

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del área experimental.

La investigación se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, situada en la Avenida Panamericana, Kilómetro 5 ½, en la vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, con coordenadas geográficas de 79° 54' 05" W.



**Figura 1.** Ubicación georreferenciada del área del ensayo experimental.

**Fuente:** Autores

#### 3.2. Propiedades físicas y químicas del área experimental.

Una vez delimitada el área experimental, se excavaron tres calicatas de 50 cm x 70 cm a distintas profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm, como se muestra en la Figura 2. Posteriormente, las muestras de suelo obtenidas fueron analizadas en laboratorio para determinar sus propiedades físicas y químicas. Este análisis incluyó la evaluación de parámetros como la densidad aparente y real, la porosidad, la textura del suelo, el pH y la conductividad eléctrica.



**Figura 2:** Calicata de 50 x 70 cm con estratos de 0-10,10-20 y 20-30 cm.

**Fuente:** Autores

La Tabla 1 presenta las propiedades físicas y químicas del suelo en el cual se llevó a cabo el experimento, con análisis a profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm. Para reducir el margen de error en la determinación de estas propiedades, se promediaron los resultados obtenidos de tres calicatas realizadas en cada profundidad.

**Tabla 1.** Propiedades físicas del suelo

| <b>Profundidades (cm)</b> | <b>Da (g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>Dr (g/cm<sup>3</sup>)</b> | <b>porosidad (%)</b> | <b>Textura</b> | <b>pH (H<sub>2</sub>O)</b> | <b>Ce(dS/cm)</b> |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------|----------------------------|------------------|
| 0-10                      | 1.49                         | 2.57                         | 41.86                | Franco arenoso | 7.68                       | 0.24             |
| 10-20                     | 1.56                         | 2.38                         | 34.29                | Franco arenoso | 7.78                       | 0.16             |
| 20-30                     | 1.58                         | 2.42                         | 34.52                | Franco arenoso | 7.63                       | 0.15             |

### **3.2.1. Densidad aparente.**

Se utilizó el método del cilindro para determinar la composición del suelo. Las muestras fueron recolectadas a profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm, utilizando un cilindro con dimensiones de 5 cm de altura y 5.7 cm de diámetro. Para obtener las muestras, se retiró cuidadosamente una capa superficial de suelo, asegurándose de no alterarla. Posteriormente, las muestras fueron envueltas en plástico para su preservación y transportadas al laboratorio. En el laboratorio, las muestras fueron pesadas en su estado

húmedo y luego secadas a una temperatura constante de 105 °C durante 24 horas. Finalmente, las muestras secas fueron pesadas nuevamente para completar el análisis.

### **3.2.2. Densidad real.**

Se empleó el método del picnómetro para determinar la densidad del suelo. Utilizando un picnómetro con un volumen de 100 ml, se pesaron 5 gramos de cada muestra de suelo. Las muestras se colocaron dentro del picnómetro, que posteriormente se llenó con agua destilada hasta el aforo. Se registró el peso del líquido, lo que permitió calcular la gravedad específica del sólido.

### **3.2.3. Porosidad**

Para calcular la porosidad total, se establece una relación entre la densidad aparente y la densidad real, restando una unidad. El valor resultante se expresa en forma de porcentaje mediante la siguiente ecuación:

$$porosidad\ total = 100 \times \left(1 - \frac{densidad\ aparente}{densidad\ real}\right)$$

### **3.2.4. Textura.**

Se aplicó el método de Bouyoucos para determinar la textura del suelo. El procedimiento consistió en pesar 50 gramos de cada muestra de suelo y dejarlas reposar con agua y 10 ml de oxalato de sodio saturado durante 24 horas. Posteriormente, las muestras fueron agitadas durante 3 minutos en una agitadora y luego transferidas a probetas, las cuales se aforaron hasta un volumen de 1000 ml. Las lecturas de sedimentación se realizaron a los 40 segundos y a las 7 horas, permitiendo así la caracterización granulométrica del suelo.

### 3.2.5. pH y Conductividad eléctrica.

Para determinar el pH y la conductividad eléctrica del suelo, se utilizó una proporción de 1:2 de muestra de suelo seco y tamizado y agua destilada. Esta mezcla se colocó en un vaso de plástico, se agitó durante 3 minutos y luego se dejó reposar durante 30 minutos. Posteriormente, se midieron los valores de pH y conductividad eléctrica utilizando un potenciómetro HI1285-7.

### 3.3. Diseño del experimento.

Para el diseño experimental, se implementó un Experimento Factorial en Bloques Completamente al Azar fraccionado 2 x 4 (EFCA). En este diseño, se consideraron dos factores controlados: el uso de hidrogel (con y sin) y los intervalos de riego (cada 4, 5, 6 y 7 días). Cada tratamiento se replicó tres veces, resultando en un total de 24 unidades experimentales, como se detalla en la Tabla 2.

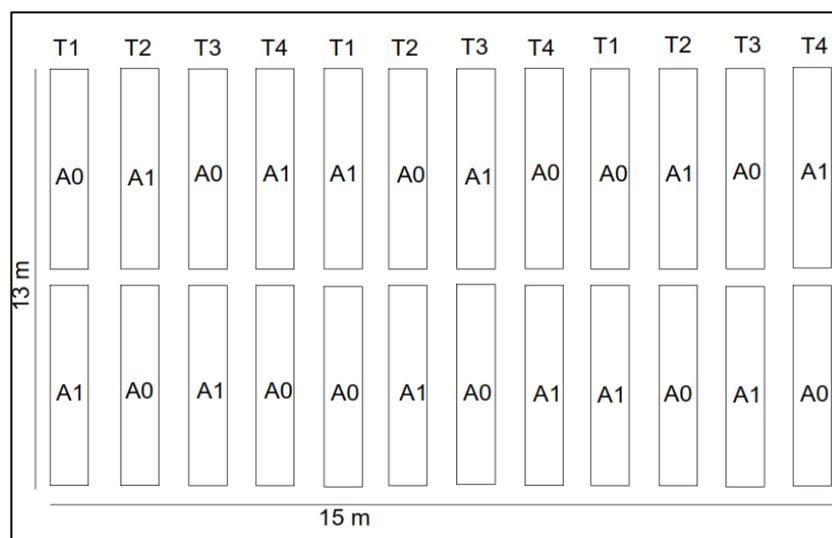
**Tabla 2.** Tratamientos del objeto de estudio en la investigación.

|           | <b>Factor A</b> | <b>Factor B</b> |
|-----------|-----------------|-----------------|
| <b>T1</b> | Con producto    | Cada 4 días     |
|           | Sin producto    |                 |
| <b>T2</b> | Con producto    | Cada 5 días     |
|           | Sin producto    |                 |
| <b>T3</b> | Con producto    | Cada 6 días     |
|           | Sin producto    |                 |
| <b>T4</b> | Con producto    | Cada 6 días     |
|           | Sin producto    |                 |

### 3.4. Croquis del experimento.

En esta investigación se implementó un Experimento Factorial Completamente al Azar (E.F.C.A) con tres repeticiones, generando un total de 24 unidades experimentales. La

densidad de siembra se estableció con una distancia de 1 metro entre surcos y 0,50 metros entre plantas, como se ilustra en la Figura 3.



**Figura 3:** Croquis del ensayo experimental.

**Fuente:** Autores

### 3.5. Variables a evaluar

Se fijaron parámetros de medición para el estudio de las variables del diseño experimental las cuales se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Unidades de medidas para cada variable.

|   | Variables                   | Unidades de medida                   |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Longitud de fruto           | Centímetros (cm)                     |
| 2 | Peso de fruto               | Gramos (g), posteriormente en kg/ha  |
| 3 | Diámetro de fruto           | Centímetros (cm)                     |
|   |                             | Frutos de primera = > de 22 cm       |
| 4 | Calidad comercial del fruto | Frutos de segunda = entre 18 a 22 cm |
|   |                             | Rechazo o no comerciales = < 18 cm   |
| 5 | Solidos Solubles            | ° Brix                               |

### 3.6. Hipótesis.

Ho = No hay diferencia significativa en la producción y calidad de pepino entre los distintos intervalos de riego por goteo cuando se utiliza poliacrilato de potasio.

$H_1$  = Existe una diferencia significativa en la producción y calidad de pepino entre los distintos intervalos de riego por goteo cuando se utiliza poliacrilato de potasio.

### 3.7. Modelo matemático.

En un diseño para un experimento factorial en bloques completamente al azar fraccionado  $2 \times 4$ . En este caso, tenemos dos factores: uno con 2 niveles y otro con 4 niveles. Llamamos al primer factor (A) y al segundo factor (B).

El modelo matemático general para este diseño es:

$$\gamma_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Dónde:

- $\gamma_{ij}$  = Es la respuesta observada en el bloque (i) y el nivel (j).
- $\mu$  = Es la media global.
- $\alpha_i$  = Es el efecto del nivel (i) del factor (A).
- $\beta_j$  = Es el efecto del nivel (j) del factor (B).
- $e_{ij}$  = Es el error aleatorio.

### 3.8. Necesidades hídricas del cultivo.

Para diseñar un sistema de riego eficiente, es crucial comprender las necesidades hídricas del cultivo de pepino, las cuales se determinan en función de sus requerimientos hídricos a lo largo de las fases fenológicas ( $K_c$ ), el coeficiente del tanque, la cantidad de agua perdida por evaporación y transpiración, la cobertura vegetal y la distancia de siembra. Para calcular las necesidades hídricas totales se utilizó la siguiente fórmula.

$$NRD = E_0 * K_c * K_p * P_s * A_u$$

Donde:

$E_0$  = Evaporación del tanque.

$K_p$  = Coeficiente del tanque

$P_s$  = Porcentaje cobertura.

$A_u$  = Área del cultivo.

$K_c$  = Coeficiente de cultivo.

### 3.8.1. Evaporación del tanque evaporímetro.

Para determinar la evapotranspiración diaria, se empleó el método del tanque, registrándose los datos diarios del mismo, como se muestra en la Figura 4, en la estación meteorológica de la granja Santa Inés. Este método se relaciona con la evapotranspiración de referencia ( $E_{To}$ ) mediante un coeficiente empírico derivado del propio tanque.

$$E_{To} = E_{pan} \cdot K_p$$

Donde: La Evaporación del tanque evaporímetro dato registrado de manera diaria.

$K_p$ : Coeficiente del tanque evaporímetro en este caso es 0.85.



**Figura 4:** Tanque evaporímetro de la estación meteorológica de la granja Sta Inés.

**Fuente:** Autores

### 3.8.2. Evapotranspiración del cultivo.

Según el enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo (ETc) se determina multiplicando la evapotranspiración de referencia (ETo) por el coeficiente del cultivo (Kc):

$$ETc = Kc \times ETo$$

En esta fórmula, Etc representa la evapotranspiración del cultivo en milímetros por día, Kc es un coeficiente adimensional que corresponde al cultivo específico, y ETo es la evapotranspiración de referencia en milímetros por día. La estimación de ETo ya incorpora los efectos de diversos factores meteorológicos.

### 3.8.3. Coeficiente del cultivo de pepino (Kc).

El coeficiente del cultivo (Kc) es un factor que refleja las características específicas del cultivo, como su fase de desarrollo, tipo de planta y condiciones de crecimiento. Aunque Kc varía principalmente según las características del cultivo, también puede verse influenciado en menor medida por las condiciones climáticas, en la tabla 4 se detalla los valores de Kc del cultivo de pepino según (Allen, 2006), autor del libro 56 de la FAO, la variabilidad de Kc debido al clima es relativamente pequeña, lo que permite la utilización de valores estándar de Kc en diferentes regiones geográficas y climas.

**Tabla 4.** Valores Kc en sus distintas fases de cultivo, según el libro 56 de la FAO.

| Cultivo | Kc inicial | Kc medio | Kc final |
|---------|------------|----------|----------|
| Pepino  | 0.6        | 1.00     | 0.75     |

La metodología del coeficiente del cultivo es ampliamente aceptada y utilizada en la gestión hídrica agrícola debido a su transferibilidad y a la robustez de los estudios previos que han desarrollado valores específicos de Kc para una variedad de cultivos. Esta metodología facilita la planificación del riego y la gestión del agua, permitiendo a los

agricultores ajustar sus prácticas de riego de manera precisa para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, optimizando así el uso del recurso hídrico y mejorando la eficiencia agrícola.

### **3.9. Diseño del sistema de riego.**

Se implementó un sistema de riego por goteo debido a su alta eficiencia en la aplicación del agua, optimizando su uso en el cultivo. Se utilizaron goteros Kattif negros con capacidad de 2.33 l/h, espaciados a un metro en un politubo de 16 mm, con emisores cada cincuenta centímetros, asegurando una distribución uniforme del agua en la zona radicular. La infraestructura del sistema incluyó una red principal de tubos de PVC de 25 mm de diámetro, equipados con llaves de control, y una bomba Total UTWP13706 con entradas y salidas de 32 mm para la extracción de agua del pozo. Se instalaron cuatro redes principales, cada una destinada a un tratamiento específico, permitiendo el riego en los días programados como se observa en la figura 5. Este sistema no solo mejora la eficiencia del uso del agua, sino que también reduce las pérdidas por evaporación y escorrentía, beneficiando especialmente a climas áridos y semiáridos.



**Figura 5.** Sistema de riego por goteo utilizado en el trabajo experimental.

**Fuente:** Autores

### **3.10. Aplicación del Poliacrilato de Potasio (Hidrogel).**

En la investigación realizada por Macías (2022), donde evaluó el efecto del hidrogel en cultivos de ciclo corto, determinando que el tratamiento más efectivo para estos cultivos en Ecuador fue la aplicación de hidrogel en dosis de 2 a 2.5 g/planta. Tomando como referente esta investigación y la recomendación del autor, se procedió a la preparación del producto en una dosis de 1kg/200 l, una vez que el producto adquiere su textura adecuada se procedió aplicar 2.5 g/planta a cada tratamiento correspondiente.



**Figura 6.** Aplicación de la dosis de hidrogel por planta.

**Fuente:** Autores

### **3.11. Cronograma del manejo agronómico.**

Se elaboró un cronograma a detalle donde incluyen todas las actividades desarrolladas durante el manejo del cultivo, desde la preparación del terreno hasta la recolección de datos tal como se observa en las tablas 5,6 y 7.

**Tabla 5.** Primera fase en el manejo agronómico del cultivo.

| Fase 1                        |  |
|-------------------------------|--|
| Selección del terreno         |    |
| Limpieza y Remoción del suelo |   |
| Surcado del suelo             |  |

**Tabla 6.** Segunda fase en manejo agronómico del cultivo.

| Fase 2               |   |
|----------------------|---|
| Instalación de Riego |  |

---

Colocación de tutores



---

Colocación de Acolchado



---

**Tabla 7.** Tercera fase de conducción del cultivo.

---

Fase 3

---

Siembra



---

Fertilización



---

Poda



---

Manejo de plagas y enfermedades



---

Toma de datos



### **3.12. Recolección de datos.**

#### **3.12.1. Grados Brix**

La medición de los sólidos solubles se realizó mediante un refractómetro modelo ATC, el cual posee ajuste automático de temperatura, calibrado a 20°C y con un rango de medición de 0 a 32 Brix. Antes de su uso, el dispositivo fue calibrado con agua destilada. Para obtener las lecturas, se tomó una muestra de la pulpa de la zona central de los frutos en cada tratamiento.

#### **3.12.2. Peso de Fruto**

Para determinar el peso de los frutos, se utilizó una balanza electrónica gramera de la marca Ray Scale, modelo EK5350. Se procedió a pesar todos los frutos cosechados individualmente para obtener un registro preciso de su peso.

#### **3.12.3. Longitud de Fruto**

La medición de la longitud de los frutos se efectuó empleando una cinta métrica graduada en centímetros. Se tomó la medida desde el extremo inferior del fruto hasta el punto de unión con el pedúnculo. Posteriormente, los frutos fueron clasificados de acuerdo con los estándares comerciales pertinentes.

#### **3.12.4. Diámetro de Fruto**

Para medir el diámetro de los frutos, se empleó un calibre o pie de rey como instrumento de medición. Las mediciones se realizaron en el punto medio de cada fruto, utilizando centímetros como unidad de medida, asegurando así una evaluación precisa del tamaño transversal de los frutos.

### 3.12.5. Calidad de producción.

- **Frutos de primera:** Se registra el número de pepinos de mayor calidad, considerando aquellos cuyo tamaño supera los 22 cm. Estos frutos son evaluados como los de mejor calidad debido a su tamaño superior.
- **Frutos de segunda:** Se contabilizan los pepinos de calidad intermedia, situándose en este rango los frutos que miden entre 18 y 22 cm. Estos pepinos son considerados de calidad inferior en comparación con los frutos de primera.
- **Rechazo:** Se registran los pepinos descartados debido a defectos de tamaño y calidad, ubicándose en esta categoría los frutos con una longitud menor a 18 cm. Estos frutos no cumplen con los estándares mínimos de calidad requeridos.

### 3.13. Proceso estadístico.

El procesamiento y análisis estadístico de los datos recopilados se llevó a cabo utilizando el software IBM SPSS Statistics 22, que es compatible con el sistema operativo Windows. Este programa fue utilizado para realizar diversos análisis estadísticos y generar los gráficos necesarios para la interpretación de los resultados. La elección de SPSS se debe a su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos, así como a sus avanzadas funciones de análisis, que permiten obtener resultados precisos y visualizaciones claras y efectivas.

### 3.14. Análisis estadísticos realizados

- a) Análisis Univariado de Varianza (ANOVA):
  - Se realizó un ANOVA factorial para cada variable dependiente cuantitativa (Peso, Longitud, Diámetro).
  - Se evaluaron los efectos principales de los factores y su interacción.
  - Se utilizó un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

- b) Pruebas post hoc:
- Se empleó la prueba de Duncan para comparaciones múltiples entre los niveles del factor Frecuencia de riego.
  - Esta prueba se aplicó para identificar subconjuntos homogéneos en las variables dependientes.
- c) Análisis de tablas cruzadas:
- Se realizaron tablas cruzadas para analizar la relación entre los factores (Hidrogel y Frecuencia de riego) y la variable categórica Calidad.
  - Se presentaron recuentos y porcentajes del total para cada combinación de factores y niveles de calidad.

#### **3.14.1. Verificación de supuestos:**

Se menciona que "Se cumple el supuesto de aditividad" para los análisis de varianza, lo que sugiere que se verificaron los supuestos del ANOVA, aunque no se proporcionan detalles específicos sobre otras pruebas de supuestos.

#### **3.15. Interpretación de resultados:**

Se evaluó la significancia estadística de los efectos principales y las interacciones basándose en los valores p obtenidos en los ANOVAs.

Se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando el p-valor es mayor a 0.05, indicando que no había diferencias significativas entre los tratamientos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Peso de fruto.

Dentro de la tabla 5 los resultados indican que el uso de hidrogel, la frecuencia de riego, y su interacción tienen un efecto estadísticamente significativo sobre el peso, a pesar de la significancia global del modelo.

**Tabla 8.** Análisis Anova para el peso (g).

| Variable dependiente: Peso (g) |                               |     |                  |       |       |
|--------------------------------|-------------------------------|-----|------------------|-------|-------|
| Origen                         | Tipo III de suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F     | Sig.  |
| Factor_A * Factor_B            | 36242.926                     | 3   | 12080.975        | 0.672 | 0.569 |
| Factor_A                       | 20115.291                     | 1   | 20115.291        | 1.119 | 0.291 |
| Factor_B                       | 29048.259                     | 3   | 9682.753         | 0.539 | 0.656 |
| Error                          | 13232531.574                  | 736 | 17978.983        |       |       |
| Total                          | 150847265.628                 | 744 |                  |       |       |

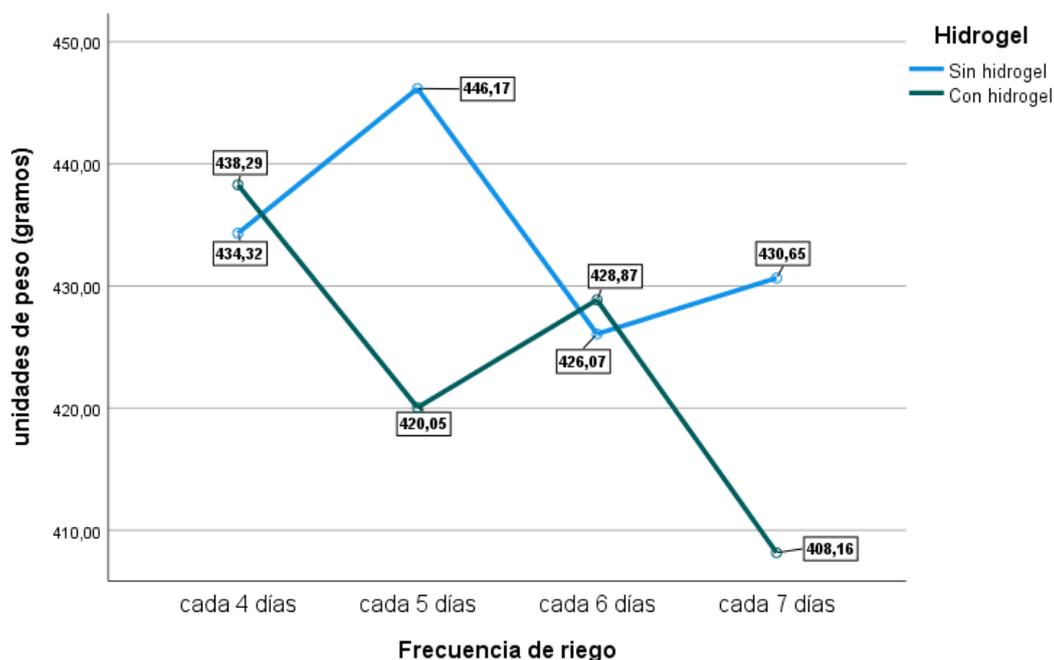
El análisis estadístico revela que el modelo general es significativo, pero los factores individuales y su interacción no muestran efectos significativos sobre el peso:

1. Modelo: Altamente significativo ( $p < 0.05$ )
2. Intersección: Significativamente diferente de cero ( $p < 0.05$ )
3. Factor A (Hidrogel): No significativo ( $F = 1.119$ ,  $p = 0.291$ )
4. Factor B (Frecuencia de riego): No significativo ( $F = 0.539$ ,  $p = 0.656$ )
5. Interacción (Factor A \* Factor B): No significativa ( $F = 0.672$ ,  $p = 0.569$ )

La figura 6 muestra que el peso de los frutos aumenta con mayor frecuencia de riego, siendo generalmente mayor en plantas tratadas con hidrogel. La diferencia es más notable en riegos menos frecuentes (cada 7 días) y disminuye al aumentar la frecuencia. Esto indica que el hidrogel es especialmente beneficioso en condiciones de riego menos frecuente, ayudando

a mantener mejor longitud en los frutos comparado con aquellos sin hidrogel. El efecto del hidrogel es más pronunciado cuando el agua es más escasa.

Este resultado es coherente con estudios previos que han demostrado la capacidad del hidrogel para mejorar la retención de agua y favorecer el crecimiento en condiciones de estrés hídrico (Corentin, Traoré, Zoromé, Awa, & Constant, 2021).



**Figura 6.** Medias marginales estimadas de peso (g).

#### 4.2. Longitud de fruto

Con los resultados que se muestran en la tabla 6, podemos deducir que ni el uso del hidrogel ni los intervalos de riego, ni su interacción muestran efectos significativos sobre la variable longitud en este estudio.

**Tabla 9.** Análisis de Varianza Anova para la variable longitud de fruto (cm).

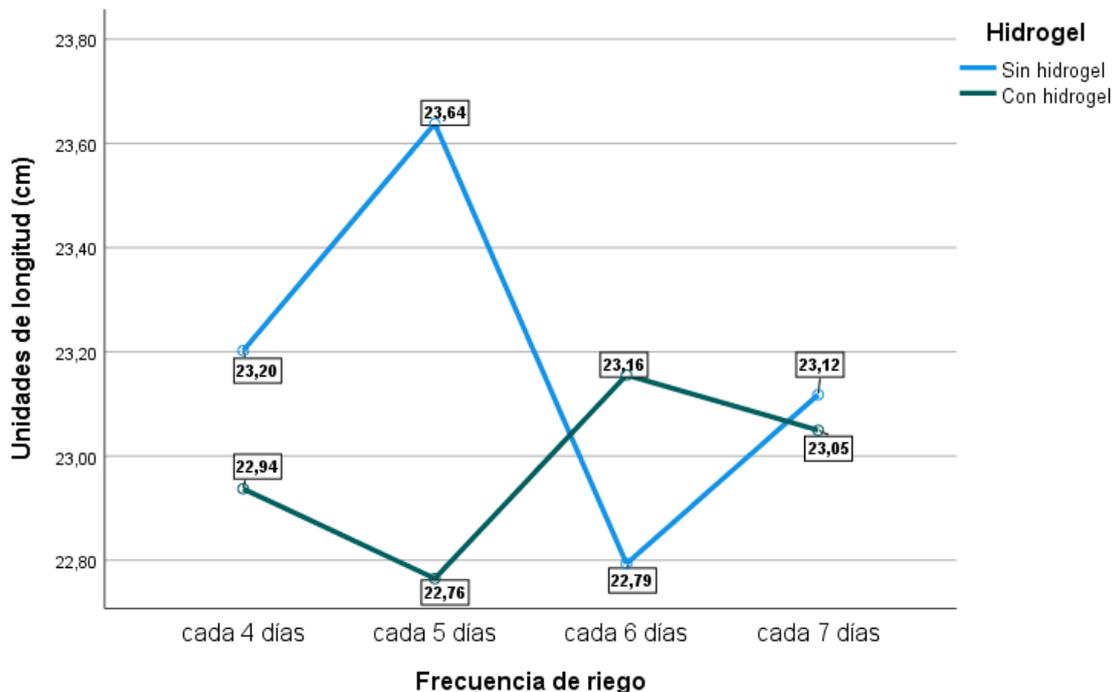
| Variable dependiente: Longitud (cm) |                               |     |                  |       |       |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----|------------------|-------|-------|
| Origen                              | Tipo III de suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F     | Sig.  |
| Factor_A * Factor_B                 | 37.921                        | 3   | 12.640           | 1.268 | 0.284 |
| Factor_A                            | 8.183                         | 1   | 8.183            | 0.821 | 0.365 |
| Factor_B                            | 4.997                         | 3   | 1.666            | 0.167 | 0.919 |
| Error                               | 7337.962                      | 736 | 9.970            |       |       |
| Total                               | 404539.160                    | 744 |                  |       |       |

A detalle los resultados indican que:

1. Modelo general: No significativo ( $F = 813$ ,  $p = 0.577$ ), sugiriendo una pobre explicación de la varianza en la variable dependiente (longitud).
2. Factores principales:
  - Factor A (Hidrogel): No significativo ( $F = 821$ ,  $p = 0.365$ )
  - Factor B (Frecuencia de riego): No significativo ( $F = 167$ ,  $p = 0.919$ )
3. Interacción (A \* B): No significativa ( $F = 1268$ ,  $p = 0.284$ )

Si bien no existe una diferencia significativa de los factores sobre esta variable, si existe una diferencia numérica y esto lo evidenciamos en la figura 7 que nos muestra que la longitud de los frutos aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de riego cada 4, 5, 6 y cada 7 días, independientemente del uso de hidrogel. Existe una posible interacción entre la frecuencia de riego y el uso de hidrogel, ya que las líneas del gráfico no son paralelas. La diferencia en longitud con y sin hidrogel es más pronunciada en frecuencias de riego más bajas (cada 4 y 5 días) y se reduce en frecuencias más altas (cada 6 y 7 días).

Las plantas tratadas con hidrogel tienden a tener frutos más largos, lo cual podría indicar un beneficio del hidrogel en la promoción del crecimiento longitudinal del fruto. Este resultado es consistente con la literatura que indica que el hidrogel puede mejorar la disponibilidad de agua y nutrientes, favoreciendo el desarrollo vegetal (Prakash et al., 2021).



**Figura 7.** Medias marginales estimadas de la variable longitud (cm).

### 4.3. Diámetro de fruto

La tabla 6 revela que la longitud, como variable de estudio, no muestra cambios significativos en relación con los factores analizados. Específicamente, ni la aplicación de hidrogel, ni los diferentes intervalos de riego, ni la interacción entre estos dos elementos, parecen tener un impacto relevante en la longitud observada durante el experimento.

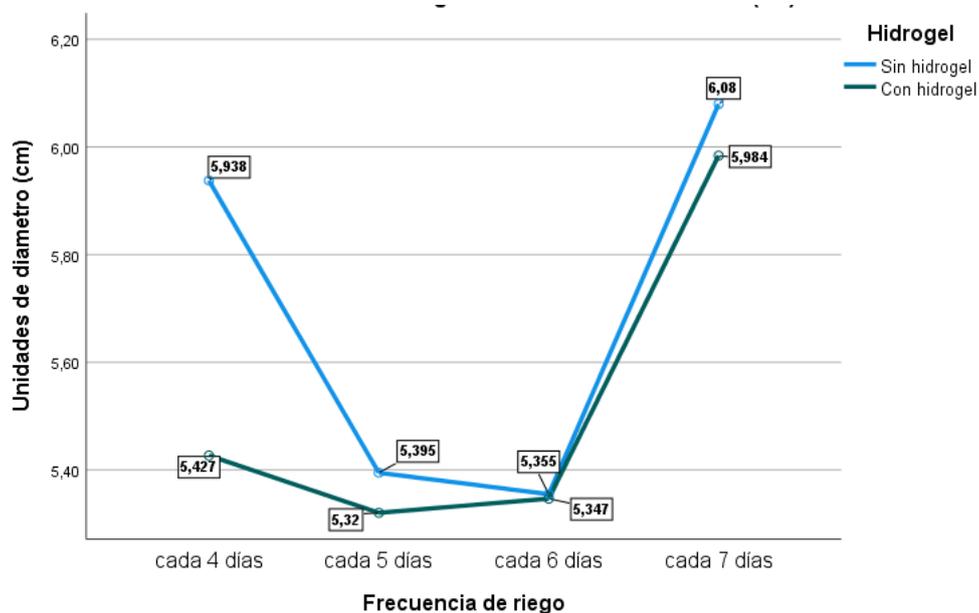
**Tabla 10.** Análisis de Varianza Anova para el diámetro del fruto (cm).

| Variable dependiente: Diámetro (cm) |                               |     |                  |       |       |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----|------------------|-------|-------|
| Origen                              | Tipo III de suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F     | Sig.  |
| Factor_A * Factor_B                 | 7.382                         | 3   | 2.461            | 0.204 | 0.894 |
| Factor_A                            | 5.459                         | 1   | 5.459            | 0.452 | 0.502 |
| Factor_B                            | 55.209                        | 3   | 18.403           | 1.524 | 0.207 |
| Error                               | 8886.243                      | 736 | 12.074           |       |       |
| Total                               | 32193.880                     | 744 |                  |       |       |

En la figura 8 se observa que, numéricamente, la diferencia entre las medias marginales de ambos tratamientos es más pronunciada en las frecuencias de riego cada 4 y 5

días. Esto sugiere que el hidrogel es especialmente efectivo en condiciones de menor frecuencia de riego. La figura indica que el hidrogel no solo mejora el diámetro de los frutos, sino que también desempeña un papel crucial en la optimización del riego, particularmente en situaciones de riego menos frecuente. Así, el uso de hidrogel puede ser vital para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo en ambientes con limitaciones hídricas.

Esto es compatible con la capacidad del hidrogel para mejorar las propiedades físicas del suelo y optimizar el uso del agua en condiciones de menor disponibilidad hídrica (Liu & Guo, 2001).



**Figura 8.** Medias marginales estimadas de la variable diámetro (cm)

#### 4.4. Grados Brix.

En la tabla 7 podemos interpretar que la significancia estadística del Factor A ( $p < 0.001$ ) indica que existen diferencias significativas entre los niveles de este factor en términos de grados Brix, lo que puede reflejar diferentes tratamientos o condiciones que afectan directamente la dulzura o madurez de la fruta medida en grados Brix. Con un valor de  $p$  de 0.003, el Factor B también muestra un efecto significativo sobre los grados Brix, lo que

implica que las variaciones en las condiciones del Factor B tienen un impacto considerable en la variable de respuesta.

**Tabla 11.** Análisis de Varianza para grados brix.

| Variable dependiente: Grados Brix |                               |    |                     |        |       |
|-----------------------------------|-------------------------------|----|---------------------|--------|-------|
| Origen                            | Tipo III de suma de cuadrados | gl | Cuadrático promedio | F      | Sig.  |
| Factor_A                          | 0.383                         | 1  | 0.383               | 24.338 | 0.000 |
| Factor_B                          | 0.298                         | 3  | 0.099               | 6.325  | 0.003 |
| Factor_A * Factor_B               | 0.031                         | 3  | 0.010               | 0.656  | 0.587 |
| Error                             | 0.378                         | 24 | 0.016               |        |       |
| Total                             | 270.790                       | 32 |                     |        |       |

a. R al cuadrado = ,654 (R al cuadrado ajustada = ,553)

La falta de significancia ( $p = 0.587$ ) en la interacción entre Factor A y Factor B sugiere que no hay una interacción significativa entre ellos, lo que indica que los efectos de las variaciones en Factor A sobre los grados Brix son independientes de las variaciones en Factor B.

Dado que la prueba Anova nos refleja diferencia significativa, procedemos a realizar la prueba Duncan para comparar las medias de los diferentes grupos y la tabla 8 nos muestra una diferencia significativa en los grados Brix cuando se riega cada 7 días comparado con las otras frecuencias de riego cada (4, 5 y 6 días). No hay diferencias significativas en los grados Brix entre las frecuencias de riego cada 4, 5 y 6 días. Para maximizar los grados Brix, es importante considerar que la frecuencia de riego cada 7 días produce resultados significativamente diferentes y posiblemente menos deseables en comparación con frecuencias de riego más frecuentes.

**Tabla 12.** Prueba post hot de Duncan para grados brix.

| Duncan <sup>a,b</sup> |   | Subconjunto |       |
|-----------------------|---|-------------|-------|
| Frecuencia de riego   | N | 1           | 2     |
| 7 días de riego       | 8 | 2.737       |       |
| 6 días de riego       | 8 |             | 2.937 |
| 5 días de riego       | 8 |             | 2.962 |
| 4 días de riego       | 8 |             | 2.975 |
| Sig.                  |   | 1.00        | 0.57  |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

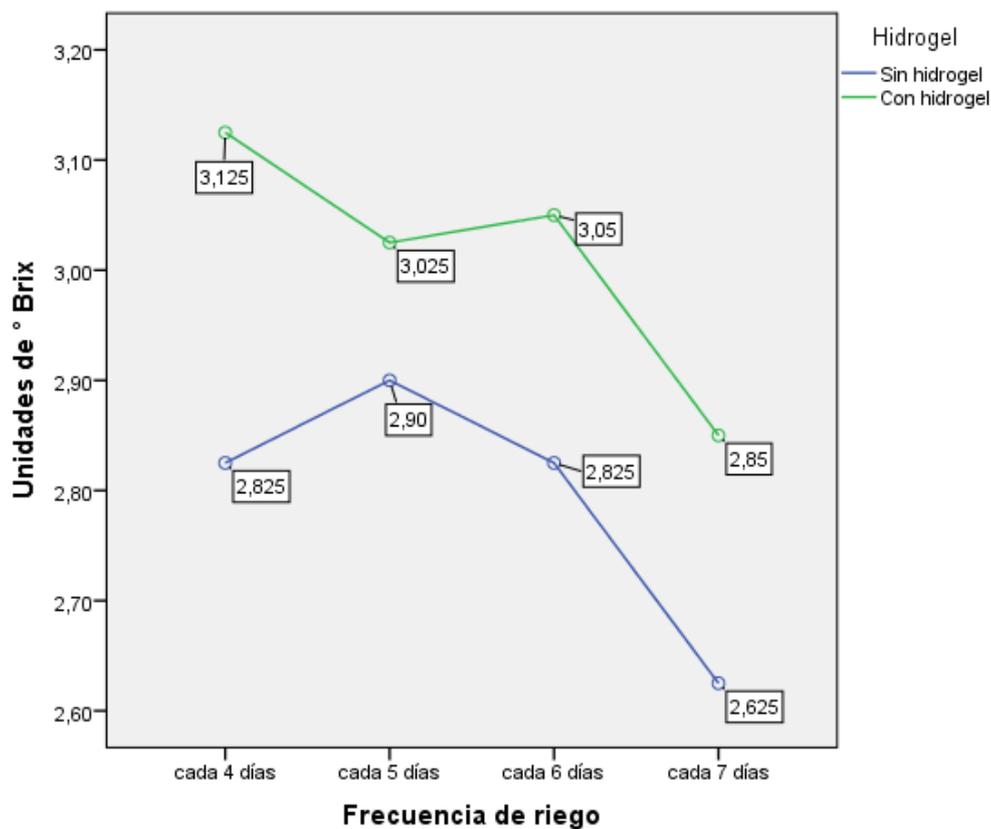
El término de error es la media cuadrática (Error) = 0.016.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 8.00.

b. Alfa = 0.05.

La figura 9 nos detalla que el uso de hidrogel mejora consistentemente los grados Brix en todas las frecuencias de riego evaluadas. Las frecuencias de riego cada 4 y 6 días combinadas con hidrogel resultan en las medias más altas de grados Brix, indicando una mayor eficiencia del tratamiento. La interacción entre la frecuencia de riego y el uso de hidrogel sugiere que el hidrogel puede mitigar los efectos negativos de riegos menos frecuentes, optimizando la retención de agua y la absorción de nutrientes en el cultivo.

Estos resultados sugieren que tanto el hidrogel como la frecuencia de riego influyen significativamente en la dulzura o madurez del fruto, medidos en grados Brix. El hidrogel resulta ser particularmente efectivo en mejorar los grados Brix bajo condiciones de riego frecuente, optimizando así la retención de agua y la absorción de nutrientes esenciales para el desarrollo del fruto (Schlering et al., 2020).



**Figura 9.** Medias marginales estimadas de la variable de grados brix.

#### 4.5. Calidad de producción.

Se realizó la toma de datos del 100% de frutos cosechados dando un total de 744 unidades de producción en un área de 182 m<sup>2</sup> esto llevándolo a producción por hectárea nos da 40879 frutos ha<sup>-1</sup>. En la tabla podemos observar detalladamente la distribución de los frutos de acuerdo a cada tratamiento.

**Tabla 13.** Tabla cruce entre Factor A y la calidad de producción.

|          |              | Calidad         |                 |         | Total |       |
|----------|--------------|-----------------|-----------------|---------|-------|-------|
|          |              | Primera calidad | Segunda calidad | Rechazo |       |       |
| Hidrogel | Sin hidrogel | Recuento        | 303             | 76      | 1     | 380   |
|          |              | % del total     | 40.7%           | 10.2%   | 0.1%  | 51.1% |
|          | Con hidrogel | Recuento        | 272             | 90      | 2     | 364   |
|          |              | % del total     | 36.6%           | 12.1%   | 0.3%  | 48.9% |
| Total    |              | Recuento        | 575             | 166     | 3     | 744   |
|          |              | % del total     | 77.3%           | 22.3%   | 0.4%  | 100%  |

Interpretando la muestra nos indica que en el grupo sin hidrogel se registraron 303 plantas de primera calidad con un 40.7%, 76 de segunda con 10.2% y 1 rechazada ocupando

el 0.1%. En contraste, el grupo con hidrogel presentó 272 plantas de primera calidad dando el 36.6% de los frutos, 90 de segunda con el 12.1% y 2 rechazadas con solamente el 0.3% de los frutos. Aunque el porcentaje de plantas de primera calidad es mayor sin hidrogel, este último tratamiento mejora la proporción de plantas de segunda calidad y mantiene un bajo número de rechazos. Esto sugiere que el hidrogel podría beneficiar la calidad general de las plantas.

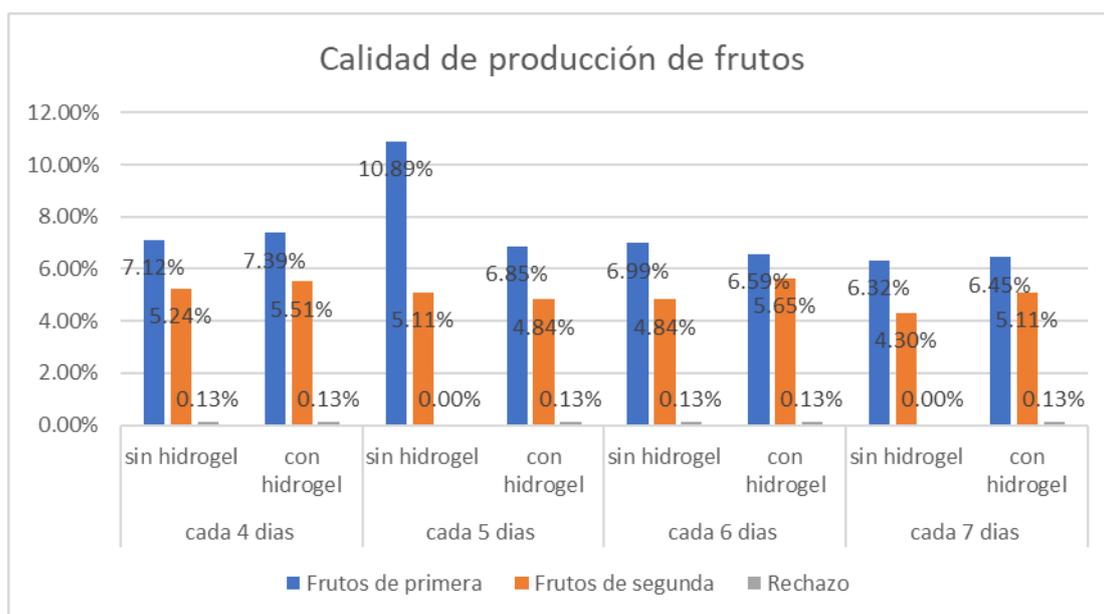
**Tabla 14.** Tabla cruza entre el factor B y la calidad de producción.

|                     |             | Calidad         |                 |         | Total |       |
|---------------------|-------------|-----------------|-----------------|---------|-------|-------|
|                     |             | Primera calidad | Segunda calidad | Rechazo |       |       |
| Intervalos de riego | Cada 4 días | Recuento        | 146             | 44      | 0     | 190   |
|                     |             | % del total     | 19.6%           | 5.9%    | 0.0%  | 25.5% |
|                     | Cada 5 días | Recuento        | 174             | 33      | 0     | 207   |
|                     |             | % del total     | 23.4%           | 4.4%    | 0.0%  | 27.8% |
|                     | Cada 6 días | Recuento        | 129             | 50      | 2     | 181   |
|                     |             | % del total     | 17.3%           | 6.7%    | 0.3%  | 24.3% |
|                     | Cada 7 días | Recuento        | 126             | 39      | 1     | 166   |
|                     |             | % del total     | 16.9%           | 5.2%    | 0.1%  | 22.3% |
| Total               |             | Recuento        | 575             | 166     | 3     | 744   |
|                     |             | % del total     | 77.3%           | 22.3%   | 0.4%  | 100%  |

El análisis de la calidad de los frutos según la frecuencia de riego presentado en la tabla 11, revela que con 4 días de riego se registraron 146 plantas de primera calidad ocupando el 19.6% del total de los frutos y 44 de segunda con un 5.9%, sin rechazos. Con 5 días, el número de plantas de primera calidad aumentó a 174 ubicándose con el 23.4% del total de frutos, mientras que las de segunda disminuyeron a 33 con tan solo el 4.4% de los mismos, sin rechazos. A 6 días, se observaron 129 plantas de primera calidad dando el 17.3%, 50 de segunda con el 6.7% y 2 rechazadas obteniendo solo 0.3% del total de la producción. Finalmente, con 7 días, hubo 126 plantas de primera calidad siendo el 16.9% del total de la fruta, 39 de segunda con un 5.2% y 1 rechazada siendo solo el 0.1%. Se puede decir que la mejor calidad se logra con el intervalo cada 5 días de riego.

La calidad de las plantas nos muestra estar más influenciada por la frecuencia de riego que por el uso de hidrogel. Las frecuencias de riego cada 4 y 5 días parecen tener una mayor proporción de plantas de primera calidad en comparación con la frecuencia de 6 y 7 días de riego.

La Figura 10 ilustra la calidad de la producción de frutos, expresada en porcentajes de frutos de primera calidad, frutos de segunda calidad y frutos de rechazo, bajo la influencia de dos factores de estudio. El primer factor es la frecuencia de riego, evaluada a intervalos de 4, 5, 6 y 7 días, mientras que el segundo factor se refiere a la aplicación de dos tratamientos: con y sin hidrogel. Este análisis tiene como objetivo examinar el impacto de estas variables en la calidad del cultivo.



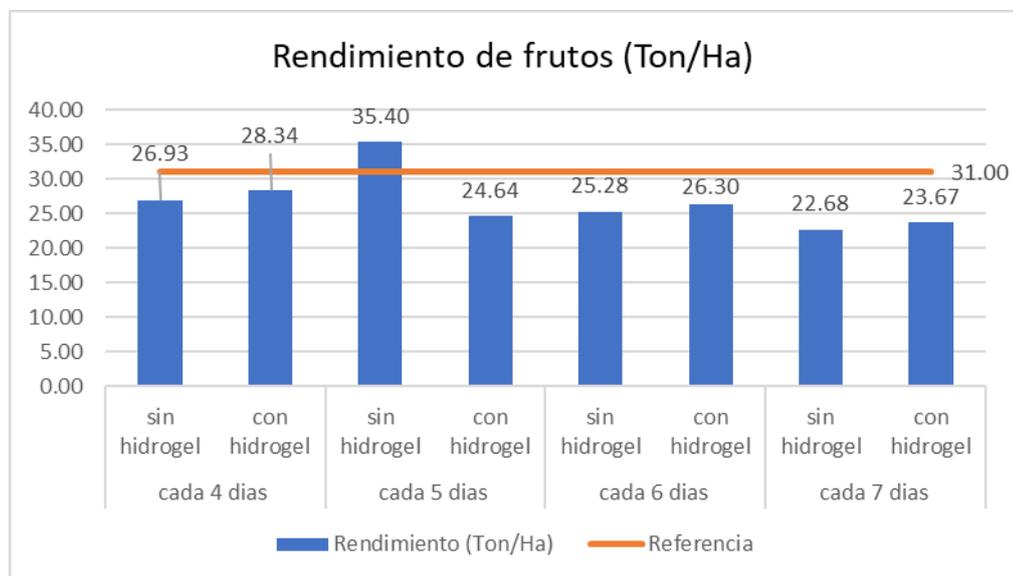
**Figura 10.** Calidad de la producción de los frutos.

De acuerdo con los análisis podemos interpretar que el uso de hidrogel tiene un efecto positivo en la calidad de los frutos de primera cuando el riego se realiza cada 4 y 7 días, mientras que, para riegos cada 5 días, el riego sin hidrogel produce mejores resultados. En cuanto a los frutos de segunda calidad, el hidrogel reduce su cantidad, especialmente con riegos cada 6 y 7 días. No se observa una diferencia significativa en la producción de frutos

de rechazo con el uso de hidrogel, aunque hay pequeños incrementos en algunos intervalos de riego. En términos de frecuencia de riego, el hidrogel es más beneficioso para la calidad de los frutos de primera cuando se riega cada 4 y 7 días, mientras que riegos cada 5 días sin hidrogel producen más frutos de primera calidad. Para riegos cada 6 días, el hidrogel parece ser menos beneficioso, mostrando una ligera reducción en la calidad de los frutos. Este análisis proporciona una comprensión clara de cómo la frecuencia de riego y el uso de hidrogel afectan la calidad de la producción de frutos, facilitando la toma de decisiones en la gestión del cultivo. Este hallazgo sugiere que, si bien el hidrogel puede beneficiar la calidad general, su efecto es más pronunciado en condiciones específicas de riego (Arab & Hakimi, 2022).

#### 4.5.1. Rendimiento de frutos.

La figura 11 nos muestra los rendimientos de los distintos tratamientos en toneladas por hectárea tomando en cuenta el total de frutos incluyendo los de primera y segunda y rechazo donde se busca conocer el margen de producción de cada uno de los tratamientos.



**Figura 11.** Rendimiento de frutos en toneladas por hectárea

El estudio muestra que el hidrogel mejoró ligeramente el rendimiento del pepino en tres de cuatro frecuencias de riego (4, 6 y 7 días), con aumentos de 1.41, 1.02 y 0.99 t/ha

respectivamente. Sin embargo, en el riego cada 5 días, el rendimiento sin hidrogel (35.40 t/ha) superó significativamente al con hidrogel (24.64 t/ha), sugiriendo una posible interacción negativa o error experimental que requiere más investigación. El mayor rendimiento se obtuvo con riego cada 5 días sin hidrogel, mientras que el menor se dio con riego cada 7 días sin hidrogel, indicando la importancia de la frecuencia de riego en la producción.

Elías-Vigaud et al. (2020) estudiaron la producción de pepino en condiciones de casa de cultivo semiprotectado bajo riego con agua magnetizada donde el mejor tratamiento obtuvo un rendimiento promedio de 31,04 t/ha. Aunque su estudio no aborda directamente el uso de hidrogel o los intervalos de riego, proporciona un punto de comparación interesante para los rendimientos obtenidos.

## 5. CONCLUSIÓN

El presente estudio concluye que la implementación de hidrogel en combinación con intervalos de riego adecuados puede mejorar significativamente la producción y calidad de pepino bajo condiciones de estrés hídrico. Aunque los efectos sobre las variables de peso, la longitud y el diámetro del fruto no fueron siempre estadísticamente significativos, dicha tendencia observada sugiere que el hidrogel tiene el potencial de mitigar los efectos adversos del estrés hídrico. Específicamente, el hidrogel fue efectivo en mejorar la retención de agua en el suelo, lo cual es crítico en condiciones de riego menos frecuente, ayudando a mantener la hidratación y la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Los grados Brix, que miden los sólidos solubles, mostraron mejoras significativas con el uso del hidrogel, particularmente con frecuencias de riego cada 4 y 6 días. Esto indica que el hidrogel no solo ayuda a mantener el crecimiento y el tamaño del fruto. En términos de calidad de la producción, se observó que los frutos de primera calidad fueron más abundantes con un riego cada 5 días, mientras que el hidrogel mejoró la proporción de frutos de segunda calidad y redujo el número de rechazos, analizando su rendimiento el uso de hidrogel generalmente mejora la calidad y el rendimiento de la producción de pepino en toneladas por hectárea con la diferencia de el intervalo de riego de cada 5 días.

Esto señala que el uso del hidrogel, en combinación con una adecuada gestión del riego, puede optimizar la producción y calidad de los frutos, haciendo que el cultivo sea más eficiente y rentable. el hidrogel generalmente mejora el rendimiento, su impacto negativo en el riego cada 5 días requiere una investigación más detallada. Ajustar las frecuencias de riego y optimizar el uso de hidrogel pueden ser estrategias efectivas para maximizar la producción de pepino.

## 6. RECOMENDACIONES

- Fomentar el uso de enmiendas hídras como el poliacrilato de potasio para reducir el estrés hídrico y mejorar la sostenibilidad del cultivo de pepino. Estas prácticas pueden contribuir a una agricultura más resiliente y eficiente en el uso del agua, especialmente en regiones áridas y semiáridas.
- Implementar intervalos de riego cada 4 y 6 días en combinación con el hidrogel, ya que estos tratamientos mostraron una mejora significativa en los grados Brix, lo cual es un indicador de mayor calidad del fruto.
- Realizar estudios adicionales para determinar la dosis óptima de hidrogel en diferentes condiciones de cultivo y con otros cultivos hortícolas. Además, evaluar métodos alternativos de aplicación del hidrogel para mejorar su efectividad y eficiencia (Elías-Vigaud et al., 2020).

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, K., & Loor, L. (2023). Evaluación de diferentes distancias de siembra en el cultivo de pepino (*cucumis sativus*) con la aplicación de dos abonos orgánicos edáficos en el recinto Chipe Hamburgo 2 [Universidad Técnica de Cotopaxi, tesis de ingeniero agrónomo]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10100/1/UTC-PIM-000625.pdf>
- Aguirre, L., Salguero, D., Bonilla, A., & Salazar, R. (2024). Evaluación del desempeño del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) frente a tres fertilizantes foliares en la parroquia Nuevo Paraíso, Orellana, Ecuador. *Bionatura*, 10(21), 1–11.
- Alarcón, J. (2013). *Evaluación del poliacrilato de potasio, en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.), como práctica de adaptación a la amenaza de sequía, Parramos, Chimaltenango* [Tesis de ingeniero agrónomo]. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Arab, K., & Hakimi, Y. (2022). Evaluation of Genetic Diversity Among Superior Cucumbers (*Cucumis sativus*) via Morphological and Pomological Characteristics in Warm Greenhouse Conditions. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 11(2), 229–248. <https://doi.org/10.22059/ijhst.2023.361350.657>
- Bondarenko, S., Stankevych, S., & Matsyura, A. (2021). Major cucumber diseases and the crop immunity. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(1), 46–54. [https://doi.org/10.15421/2021\\_7](https://doi.org/10.15421/2021_7)
- Cardona, J., Castro, E., & Suárez, E. (2022). Los grados brix para determinar el potencial nutricional en forrajes. *Agrosavia*, 1(1), 1 - 50. <https://doi.org/https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7405798>
- Chhogyel, N., Kumar, L., Bajgai, Y., & Hasan, K. (2020). Perception of farmers on climate change and its impacts on agriculture across various altitudinal zones of Bhutan Himalayas. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1), 3607 – 3620. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13762-020-02662-8>
- Chuan, T., Chuan, C., Pin, H., Wen, T., Wen, C., Pin, K., . . . Chang, Y. (2022). Hydrogels: Properties and Applications in Biomedicine. *Molecules*, 27(2902), 1 - 29. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules27092902>
- Corentin, Y., Traoré, D., Zoromé, M., Awa, P., & Constant, D. (2021). Assessment of the Effectiveness of Potassium Polyacrylate on Crop Production. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 10(1), 113 - 123. <https://doi.org/https://doi.org/10.4236/jacen.2021.101008>
- Cruz, J., Monge, J., & Loría, M. (2020). Comparación agronómica entre tipos de pepino (*Cucumis sativus*). *Cuadernos de Investigación UNED*, 12(1), 1 - 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.22458/urj.v12i1.2842>
- Cuadras, A., Peinado, V., Peinado, H., López, J., & Herrera, J. (2021). Agricultura intensiva y calidad de suelos: retos para el desarrollo sustentable en Sinaloa. *Revista Mexicana*

de Ciencias Agrícolas, 12(8), 1401 - 1414.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2704>

Das, A., Kumari, K., Munshi, A., Raju, D., Talukdar, A., Singh, D., Hongal, D., Iquebal, M., Bhatia, R., Bhattacharya, R., Behera, T., & Dey, S. (2024). Physio-chemical and molecular modulation reveals underlying drought resilience mechanisms in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Scientia Horticulturae*, 328(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.112855>

de León, B., & Robles, B. (2008). Manual para diseño de zonas de riego pequeñas. Morelos: Instituto mexicano de Tecnología del agua.

Dispat, N., Poompradub, S., & Kiatkamjornwong, S. (2020). Synthesis of ZnO/SiO<sub>2</sub>-modified starch-graft-polyacrylate superabsorbent polymer for agricultural application. *Carbohydrate Polymers*, 249(1), 1 - 13. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116862>

Elías-Vigaud, Y., Rodríguez-Fernández, P., Fung-Boix, Y., Isaac-Aleman, E., Ferrer-Dubois, A., & Asanza-Kindelán, G. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casa de cultivo semiprotegido bajo riego con agua magnetizada. *Ciencia En Su PC*, 1, 75–86. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107006/181363107006.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Machala. (2019). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. <https://doi.org/https://n9.cl/bs8cv>

Guancha, M., Serna, L., & Tirado, D. (2022). Aloe vera Rind Valorization to Improve the Swelling Capacity of Commercial Acrylic Hydrogels. *Fibers*, 10(9), 73. <https://doi.org/10.3390/fib10090073>

Hussein, A. N., Al-Janabi, H. Jawad. K., Al-Janabi, J. K. A., & Al-Shujairi, A. R. S. (2024). Identification and characterizations of a few species of Fusarium infecting cucumber in greenhouse conditions. *Journal of Applied and Natural Science*, 16(1), 209–220. <https://doi.org/10.31018/jans.v16i1.5297>

Karna, P. (2022). Evaluating Potential Importance of Cucumber (*Cucumis sativus*L. - Cucurbitaceae): A Brief Review. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 10(1), 12 - 15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3126/ijasbt.v10i1.44152>

Klein, M., & Poverenov, E. (2020). Natural biopolymer-based hydrogels for use in food and agriculture. *Journal of the Science of food and Agriculture*, 100(6), 2337 - 2347. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.10274>

Kumar, P., Khapte, P., Singh, A., & Saxena, A. (2024). Optimization of Low-Tech Protected Structure and Irrigation Regime for Cucumber Production under Hot Arid Regions of India. *Plants*, 13(1), 146–156. <https://doi.org/10.3390/plants13010146>

Kusumiyati, K., Manurung, G., & Hamdani, J. (2024). Growth, yield, and secondary metabolite responses of three shallot cultivars at different watering intervals. *Open Agriculture*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1515/opag-2022-0255>

- Li, Y., Zhang, S., Guo, W., Zheng, W., Zhao, Q., Yu, W., & Li, J. (2024). Effects of irrigation scheduling on the yield and irrigation water productivity of cucumber in coconut coir culture. *Scientific Reports*, 14(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52972-x>
- Liu, M., & Guo, T. (2001). Preparation and swelling properties of crosslinked sodium polyacrylate. *Journal of Applied Polymer Science*, 82(6), 1515–1520. <https://doi.org/10.1002/app.1990>
- Loayza, H., Calderón, A., Gutiérrez, R., Céspedes, E., & Quiroz, R. (2023). Estimación de las concentraciones relativas de clorofila en folíolos de papa (*Solanum tuberosum* L.) Utilizando técnicas de reflectancia de la vegetación. *Ecología Aplicada*, 21(2), 91 - 101. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rea.v21i2.1961>
- López, J., Salazar, A., Durán, C., Pincay, W., Solano, A., Zambrano, G., & Chusin, L. (2024). Efecto de enmiendas orgánicas sobre las características agronómicas y producción de pepino (*Cucumis Sativus* L.). *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 4(2), 01–10. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20242.991>
- Elías-Vigaud, Y., Rodríguez-Fernández, P., Fung-Boix, Y., Isaac-Aleman, E., Ferrer-Dubois, A., & Asanza-Kindelán, G. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) en casa de cultivo semiprotegido bajo riego con agua magnetizada. *Ciencia En Su PC*, 1, 75–86. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107006/181363107006.pdf>
- Macías, J. (2022). “Efecto del hidrogel en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) en Ecuador.”
- Medina, A., & Samudio, A. (2021). Comportamiento de polímeros hidroabsorbentes en suelos arcillosos de orden ultisol y vertisol, en la producción de materia seca y sistema radicular del cultivo de frijol (*vigna unguiculata*) en invernadero. *Investigaciones Agropecuarias*, 4(1), 30 - 40. <https://doi.org/http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/222/2222832003/index.html>
- Michalik, R., & Wandzik, I. (2020). A Mini-Review on Chitosan-Based Hydrogels with Potential for Sustainable Agricultural Applications. *Polymers*, 12(10), 1 - 16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3390/polym12102425>
- Milampure, C., Jawale, D., Shingate, S., Mahala, P., Kulshrestha, U., Bandhu, S., & Bandyopadhyay, S. (2024). Effect of salt addition towards enhancement of water retention capacity of hydrogel. *Materials Today: Proceedings*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.05.072>
- Moreno, D., Cruz, W., García, E., Ibañez, A., Barrios, J., & Barrios, B. (2013). Cambios fisicoquímicos poscosecha en tres cultivares de pepino con y sin película plástica. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(6), 909 - 920. <https://doi.org/https://n9.cl/04ydb>
- Ojeda, W., & Flores, J. (2015). Calendarización del riego: teoría y práctica. México: IMTA Coordinación de riego y drenaje.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Arolu, F., Chukwu, S. C., Salisu, M. A., Fagbohun, I. K., Muftaudeen, T. K., Swaray, S., & Haliru, B. S. (2022). Superabsorbent Polymer

- Hydrogels for Sustainable Agriculture: A Review. *Horticulturae*, 8(7), 605. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070605>
- Ortega, A., Flores, L., Guevara, R., Rico, E., & Soto, G. (2020). Potassium acrylate hydrogel as a substrate in cucumber and tomato cultivation. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1447-1455. <https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2222>
- Pal, A., Adhikary, R., Shankar, T., Kumar, A., & Maitra, S. (2020). Cultivation of Cucumber in Greenhouse. *New Delhi Publishers*, 1(1), 139 - 145. <https://doi.org/10.30954/NDP-PCSA.2020.14>
- Prakash, S., Vasudevan, S., Banerjee, A., Joe, A. C., Geetha, K. N., & Mani, S. K. (2021). Sustainable Irrigation through Application of Hydrogel: A Review. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(2), 38–52. <https://doi.org/10.47059/alinteri/V36I2/AJAS21113>
- Rankel, K. (16 de diciembre de 2023). *Greg.App*. <https://n9.cl/1f07n>
- Rocohano, H. (2018). *Efecto de dosis de creolina en el control de insectos plagas en el cultivo de pepino (cucumis sativus L.) en Manglaralto, provincia de Santa Elena* [Tesis ingeniero agrónomo]. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Rodríguez, C. (2014). Evaluación del poliacrilato de potasio y de materiales genéticos de Zea mays L. en dos épocas climáticas del año en La Máquina, Cuyotenango, Suchitepéquez [tesis de ingeniero Agrónomo, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1394319>
- Saha, A., Sekharan, S., & Manna, U. (2020). Superabsorbent hydrogel (SAH) as a soil amendment for drought management: A review. *Soil and Tillage Research*, 204(2020), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104736>
- Sanz, J. (2015). *Characterization and effects of cross-linked potassium polyacrylate as soil amendment* [Tesis doctoral]. Universidad de Sevilla.
- Scafaro, A., Posch, B., Evans, J., Farquhar, G., & Atkin, O. (2023). Rubisco deactivation and chloroplast electron transport rates co-limit photosynthesis above optimal leaf temperature in terrestrial plants. *Nature Communications*, 14(2820), 1 - 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41467-023-38496-4>
- Schlering, C., Schweiggert, R., Dietrich, H., Frisch, M., & Zinkernagel, J. (2020). Effects of Moderately-Reduced Water Supply and Picking Time on the Chemical Composition of Pickling Cucumber (*Cucumis sativus* L.) in Open Field Cultivation. *Agronomy*, 10(8), 1 - 21. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy10081097>
- Skrzypczak, D., Mikula, K., Kosińska, N., Widera, B., Warchoń, J., Moustakas, K., Chojnacka, K., & Witek-Krowiak, A. (2020). Biodegradable hydrogel materials for water storage in agriculture - review of recent research. *Desalination and Water Treatment*, 194(1), 324–332. <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25436>
- Song, H., Li, Y., Xu, X., Zhang, J., Zheng, S., Hou, L., . . . Li, M. (2019). Analysis of genes related to chlorophyll metabolism under elevated CO<sub>2</sub> in cucumber (*Cucumis sativus*

L.). *Scientia Horticulturae*, 261(5), 1 - 10.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108988>

- Umeh, O., Ngwuta, A., Onyishi, G., & Anyanwu, C. (2019). Morphological characterization of cucumber germplasm for yield and yield associated traits in owerri area southeastern Nigeria. *International Journal of Agriculture and Rural Development*, 22(2), 4228–4236.
- Vargas, P., Méndez, A., Pérez, F., Pacheco, R., & Ferreira, O. (2023). Manejo del riego con aguas de salinidad media en la Casa de Cultivo Protegido Cabacú. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 32(1), 1 - 11. <https://cu-id.com/2177/v32n1e016>
- Varela, L. (2018). *Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de brócoli híbrido Avenger, en suelos del CADER* [Tesis Ingeniero agrónomo]. Universidad Central del Ecuador.
- Vasconcelos, C., Simmons, R., de Andrade, J., dos Santos, C., & Gomes, M. (2021). Potential of superabsorbent hydrogels to improve agriculture under abiotic stresses. *Journal of Arid Environments*, 189(1), 1 - 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104496>
- Wang, H. (2021). *Cucumber Economic Values and Its cultivation and Breeding* (Primera edición).
- Weng, Y. (2021). Cucumis sativus Chromosome Evolution, Domestication, and Genetic Diversity: Implications for Cucumber Breeding. *Plant Breeding Reviews*, 44(1), 79 - 111. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119717003.ch4>
- Yang, D. (2022). Recent Advances in Hydrogels. *Chemistry of Materials*, 34(5), 1987 - 1989. <https://doi.org/https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.chemmater.2c00188#>