



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto del fertirriego en el cultivo de pimiento (*capsicum annum L.*) bajo dos sistemas de riego en invernadero**

**VEGA SACA LAURA JOHANNA  
INGENIERA AGRONOMA**

**ZAMBRANO SAVINOVICH JORGE JOSSUE  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto del fertirriego en el cultivo de pimiento (*capsicum annum L.*)  
bajo dos sistemas de riego en invernadero**

**VEGA SACA LAURA JOHANNA  
INGENIERA AGRONOMA**

**ZAMBRANO SAVINOVICH JORGE JOSSUE  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Efecto del fertirriego en el cultivo de pimiento (*capsicum annum*  
L.) bajo dos sistemas de riego en invernadero**

**VEGA SACA LAURA JOHANNA  
INGENIERA AGRONOMA**

**ZAMBRANO SAVINOVICH JORGE JOSSUE  
INGENIERO AGRONOMO**

**CHABLA CARRILLO JULIO ENRIQUE**

**MACHALA  
2023**

# Trabajo Experimental Laura Vega, Jorge Zambrano.docx

*por* Jorge Jossue ZAMBRANO SAVINOVICH

---

**Fecha de entrega:** 06-mar-2024 11:08a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2313336670

**Nombre del archivo:** Trabajo\_Experimental\_Laura\_Vega\_Jorge\_Zambrano.docx (5.04M)

**Total de palabras:** 12274

**Total de caracteres:** 64416

# Trabajo Experimental Laura Vega, Jorge Zambrano.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

[repositorio.upse.edu.ec](http://repositorio.upse.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

2

[repositorio.ual.es:8080](http://repositorio.ual.es:8080)

Fuente de Internet

1%

3

Submitted to Universidad Tecnica De Ambato-  
Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE

Trabajo del estudiante

1%

4

[www.fao.org](http://www.fao.org)

Fuente de Internet

1%

5

[aes.ucf.edu.cu](http://aes.ucf.edu.cu)

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo



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

Los que suscriben, VEGA SACA LAURA JOHANNA y ZAMBRANO SAVINOVICH JORGE JOSSUE, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto del fertirriego en el cultivo de pimiento (*capsicum annum* L.) bajo dos sistemas de riego en invernadero, 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.



VEGA SACA LAURA JOHANNA

0704678127



ZAMBRANO SAVINOVICH JORGE JOSSUE

0704417021

# Índice de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
1.1. <i>Objetivo general</i> .....	11
1.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	11
<b>2. MARCO TEORICO</b> .....	<b>12</b>
2.1. <i>Características agronómicas del cultivo de pimiento</i> .....	12
2.2. <i>Agroecología del pimiento.</i> .....	13
2.3. <i>Necesidades hídricas del cultivo de pimiento</i> .....	13
2.4. <i>Nutrición del cultivo</i> .....	14
2.5. <i>Optimización de la nutrición en la solución hídrica</i> .....	16
2.6. <i>Calidad de agua de riego para fertirriego.</i> .....	17
2.7. <i>Pimiento bajo invernadero</i> .....	17
2.8. <i>Pimiento fertirrigado</i> .....	17
2.9. <i>Importancia del pH y conductividad eléctrica</i> .....	18
2.9.1. <b>pH</b> .....	18
2.9.2. <b>Conductividad eléctrica</b> .....	19
2.10. <i>Agronomía de la fertirrigación</i> .....	19
2.10.1. <b>Ventajas</b> .....	20
2.10.1.1. <b>Incremento en la eficiencia en la aplicación.</b> .....	20
2.10.1.2. <b>Control y dosificación</b> .....	20
2.10.1.3. <b>Control de profundidad y tiempo de aplicación</b> .....	20
2.10.1.4. <b>Posibilidad de usar fertilizantes líquidos</b> .....	20
2.10.1.5. <b>Evita la necesidad de dispersar el fertilizante</b> .....	21
2.10.2. <b>Inconvenientes</b> .....	21
2.10.2.1. <b>Toxicidad</b> .....	21
2.10.2.2. <b>Contaminación de aguas subterráneas</b> .....	21
2.10.2.3. <b>Adaptación de fertilizantes</b> .....	21
2.10.2.4. <b>Peligro de corrosión</b> .....	22
2.10.2.5. <b>Interacción entre los productos inyectados y el agua de riego</b> .....	22
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>23</b>
3.1. <i>Materiales</i> .....	23
3.1.1. <b>Área de estudio</b> .....	23
3.1.2. <b>Ubicación geográfica</b> .....	24
3.1.3. <b>Características edafoclimáticas</b> .....	24
3.2. <i>Metodología</i> .....	24
3.2.1. <b>Variables</b> .....	24
3.2.1.1. <b>Variables independientes</b> .....	24
3.2.1.2. <b>Variables dependientes</b> .....	24
3.3. <i>Diseño experimental</i> .....	25
3.3.1. <b>Factor de estudio y tratamientos</b> .....	25



3.3.2.	Especificidades del modelo .....	26
3.3.2.1.	Tratamientos .....	26
3.3.2.2.	Réplicas .....	26
3.3.2.3.	Unidad experimental .....	26
3.3.2.4.	Croquis del experimento. ....	27
3.3.2.5.	Unidades muestrales .....	27
3.3.3.	Métodos y técnicas.....	27
3.3.3.1.	Observación directa.....	27
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
4.1.	<i>Altura de planta (cm)</i> .....	30
4.2.	<i>Números de fruto por planta</i> .....	38
4.3.	<i>Peso del fruto (g)</i> .....	40
4.4.	<i>Longitud del fruto (cm)</i> .....	43
4.5.	<i>Diámetro del fruto (mm)</i> .....	46
4.6.	<i>Rendimiento por hectárea</i> .....	48
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
	<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>54</b>

## Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica del pimiento .....	12
Tabla 2 Valor nutricional de pimiento por cada 100 g .....	15
Tabla 3 características de la parcela .....	25
Tabla 4 Tratamientos y especificaciones de la frecuencia de riego.....	25
Tabla 5 Valores de dosificación para fertirriego (kg/ha).....	29
Tabla 7. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable altura de planta .....	30
Tabla 8. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta a las 4 semanas .....	31
Tabla 9. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta a las 8 semanas .....	33
Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta a las 12 semanas.....	35
Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta a las 14 semanas.....	37
Tabla 13. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable número de frutos por planta .....	38
Tabla 14. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable número de frutos por planta .....	39
Tabla 16. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable peso del fruto .....	41
Tabla 17. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable peso del fruto (g) .....	41
Tabla 19. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable longitud del fruto.....	43
Tabla 20. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable longitud del fruto .....	44
Tabla 22. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable .....	46
Tabla 23. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable diámetro del fruto .....	47
Tabla 24. Rendimiento de los tratamientos .....	49

## Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación espacial del área experimental .....	23
Figura 2 Croquis de Unidades experimentales .....	26
Figura 3 Croquis del área experimental.....	27
Figura 4. Diagrama de barras para la variable Altura de planta (cm) en semana 4 .....	32
Figura 5. Diagrama de barras para la variable Altura de planta en semana 8 .....	34
Figura 6. Diagrama de barras para la variable Altura de planta en semana 12 .....	36
Figura 7. Diagrama de barras para la variable Altura de planta (cm) en semana 14 .....	38
Figura 8. Diagrama de barras para la variable número de frutos por planta .....	40
Figura 9. Diagrama de barras para la variable peso de fruto (g) .....	42
Figura 10. Diagrama de barras para la variable longitud del fruto.....	45
Figura 11. Diagrama de barras para la variable longitud del fruto.....	48
Figura 12. Diagrama de barras para la variable rendimiento .....	49
Figura 13 Desinfección del suelo .....	55
Figura 14 Recolección de Humus.....	55
Figura 15 Siembra en bandejas germinadora .....	55
Figura 16 Arado de suelo .....	55
Figura 17 Formación de surcos.....	55
Figura 18 Instalación de sistemas de riego. ....	55
<i>Figura 19</i> Trasplante .....	55
Figura 20 Medición del tanque evaporímetro .....	55
Ilustración 20 Floración del cultivoFigura 19 Medición del tanque evaporímetro .....	55
Figura 21 <i>Floración</i> del cultivo .....	55
Figura 22 Toma de datos.....	55
Figura 23 Cosecha del cultivo .....	55
Figura 24 Matriz de datos en SPSS .....	55

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el área de la Granja Experimental Santa Inés, que pertenecen a la Universidad Técnica de Machala, provincia del El Oro, comprendido en el periodo noviembre de 2023 a enero de 2024. Ecuador es un país mayoritariamente agrícola con un clima semiárido, enfrenta el desafío de optimizar el uso del agua en la agricultura. Con aproximadamente la mitad de la superficie destinada al riego siendo efectivamente regada, la necesidad de incrementar la producción agrícola para satisfacer la demanda de una población en crecimiento es evidente. La fertirrigación se presenta como una técnica avanzada que fusiona la fertilización y el riego, mejorando la eficiencia del uso de nutrientes, particularmente en el cultivo de pimientos. En el contexto sudamericano, la producción de pimientos en Ecuador y otros países se destaca, aunque la falta de avances significativos en investigación y desarrollo tecnológico en este ámbito plantea desafíos. Los invernaderos emergen como herramientas clave para optimizar las condiciones de cultivo, ofreciendo rendimientos máximos y protección contra plagas y enfermedades. Adaptar la frecuencia de riego según el método empleado, considerando factores como el tipo de suelo, el clima y las pérdidas de agua entre periodos, se presenta como una práctica esencial en la gestión del recurso hídrico. El objetivo de este experimento fue comprobar el efecto del fertirriego en parámetros morfoagronómicos del cultivo de pimiento bajo invernadero. El diseño experimental a usar fue un experimento factorial completo completamente al azar (EFCCA) no fraccionado, con tres repeticiones, dos sistemas de riego: goteo y microaspersión. Las variables que se evaluaron en el estudio son las siguientes: Altura de planta (cm), número de frutos por planta, peso del fruto (g), longitud del fruto (cm), diámetro del fruto (mm) y rendimiento (kg/ha). El riego se realiza cada dos días en el tratamiento 1 y cada cuatro días en el tratamiento 2, tomando en cuenta las necesidades del cultivo. La investigación destaca la influencia crucial de la frecuencia de riego en el cultivo de pimiento. Se evidencia que el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días (T1) favorece el crecimiento de las plantas, resultando en mayor altura y un significativo número de frutos por planta (promedio de 9 frutos). Además, al comparar con el sistema de microaspersión (T2), se demuestra que el sistema de riego por goteo supera en varios aspectos, incluyendo peso, longitud y diámetro del fruto. Los resultados de rendimiento respaldan la eficacia del sistema de riego por goteo, con un rendimiento significativamente mayor en comparación con el sistema de microaspersión. Estos

hallazgos confirman la hipótesis de que la frecuencia y el tipo de sistema de riego impactan directamente en la productividad del cultivo de pimiento bajo invernadero.

**Palabras clave:** Sistemas de riego, fertirriego, intervalos.

## SUMMARY

The present research work was carried out in the area of the Santa Inés Experimental Farm, which belongs to the Universidad técnica de Machala, province of El Oro, from November 2023 to January 2024. Ecuador is a mostly agricultural country with a semiarid climate, facing the challenge of optimizing the use of water in agriculture. With about half of the irrigated area actually being irrigated, the need to increase agricultural production to meet the demand of a growing population is evident. Fertigation is presented as an advanced technique that merges fertilization and irrigation, improving the efficiency of nutrient use, particularly in the cultivation of peppers. In the South American context, pepper production in Ecuador and other countries stands out, although the lack of significant advances in research and technological development in this area poses challenges. Greenhouses are emerging as key tools for optimising growing conditions, offering maximum yields and protection against pests and diseases. Adapting the frequency of irrigation according to the method used, considering factors such as soil type, climate and water losses between periods, is an essential practice in the management of water resources. The aim of this experiment was to test the effect of fertigation on morphoagronomic parameters of pepper cultivation under greenhouses. The experimental design to be used was a completely randomized complete factorial experiment (EFCCA) without fractionation, with three replications, two irrigation systems: drip and micro-sprinkler. The variables that were evaluated in the study are the following: Plant height (cm), number of fruits per plant, fruit weight (g), fruit length (cm), fruit diameter (mm) and yield (kg/ha). Irrigation is carried out every two days in treatment 1 and every four days in treatment 2, taking into account the needs of the crop. The research highlights the crucial influence of irrigation frequency on pepper cultivation. It is evident that the drip irrigation system with an interval of 2 days (T1) favors the growth of the plants, resulting in greater height and a significant number of fruits per plant (average of 9 fruits). In addition, when compared to the micro-sprinkler system (T2), it is shown that the drip irrigation system outperforms in several aspects, including weight, length and diameter of the fruit. The yield results support the effectiveness of the drip irrigation system, with significantly higher yield compared to the micro-sprinkler system. These findings confirm the hypothesis that the frequency and type of irrigation system directly impact the productivity of the pepper crop under greenhouses.

**Key words: Irrigation systems, fertigation, intervals.**

## **DEDICATORIA**

*A mi abuelo, Mario Saca quien es mi pilar fundamental y fuente de inspiración. Gracias por nunca dudar de mis capacidades y por ser mi cimiento en todo momento. Tu apoyo, sabiduría y amor incondicional han sido mi mayor fortaleza a lo largo de este camino académico.*

*A la memoria de mis adorados abuelos Flor Paz y Eduardo Vega quienes, aunque ya no están en este plano terrenal, siguen vivos en cada logro y meta alcanzado, siendo la fuente eterna de inspiración en mi vida. Sin duda aquí queda plasmado la huella de su amor, sabiduría y legado.*

*A mi querida madre, por su desmedida paciencia, aliento y cariño incondicional que me brinda cada día de mi vida, por ser mi principal modelo a seguir y mayor motivación para no rendirme jamás pese a las circunstancias.*

**Vega Saca, Laura Johanna.**



## **AGRADECIMIENTO**

*Principalmente a Dios, quien me permite seguir de pie, con salud e inteligencia, por iluminarme y siempre guiar mi camino.*

*A mis abuelos y madre por confiar en mi durante todo el proceso, por brindarme su confianza y apoyo, les dedico un profundo agradecimiento por ser mi constante soporte e inspiración.*

*A mi estimado tutor de Tesis Dr. Julio Chabla quien también es fuente de inspiración, agradezco su tiempo, orientación y guía durante este trabajo.*

*A mis docentes Eduardo Luna y Diego Villaseñor quienes han sido parte fundamental de mi trayectoria académica, siendo mi modelo a seguir.*

*A mi compañero de tesis, Jorge Zambrano le expreso mi extenso agradecimiento por su paciencia y apoyo durante todos estos años de vida académica, su compromiso y esfuerzo me han servido de gran motivación.*

*A mis compañeros, también amigos y futuros colegas Vladimir Cabrera y John Rosales quienes, con su apoyo, risas y aprecio han convertido este camino es una grata experiencia.*

**Vega Saca, Laura Johanna.**

## **DEDICATORIA**

*Con mucho aprecio dedico este logro a mis queridos padres, Jorge Zambrano y María Savinovich, quienes son forjadores de que este sueño se hiciera realidad. Su inquebrantable fe en mí, su sacrificio y su constante aliento han sido los pilares fundamentales que me han sostenido en los momentos difíciles y me han impulsado hacia el éxito. Su amor y apoyo son la razón de este logro y siempre serán mi mayor inspiración*

*A mis hermanas, Marisol y Lissette, por sus palabras de aliento y estar siempre presentes, en cada etapa de mi carrera, en especial a mi hermana Lorena, por estar siempre presente durante mi formación como profesional, y por ser mi fuerte inspiración durante mi última etapa universitaria.*

*Este logro es tanto de ustedes como mío, gracias por ser mi fuente de inspiración y motivación en cada paso de mi camino.*

**Zambrano Savinovich, Jorge Jossue.**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de mi camino para poder realizar mis actividades y cumplir mis metas.*

*Gracias a mis padres por siempre apoyarme en todos los momentos de mi carrera universitaria, por su amor, esfuerzo y dedicación.*

*Mi más sincero agradecimiento a mi tutor de tesis. Dr. Julio Enrique Chabla Carrillo, por su invaluable orientación y enseñanzas que han sido fundamentales para la culminación de mi trabajo de titulación.*

*A mis docentes Ing. Eduardo Luna y Dr. Diego Villaseñor, por sus enseñanzas en mi desarrollo académico y personal.*

*A mi compañera de tesis Laura Vega, gracias por ser mi apoyo constante durante todos estos años y en especial en este logro tan importante, te expreso mi profundo agradecimiento por tu aliento y por ser mi mejor aliada en esta travesía académica.*

*A mis grandes amigos y futuros colegas, John Rosales y Vladimir Cabrera, por estar siempre dispuestos a darme una mano durante toda nuestra etapa universitaria, su apoyo, risas y compañerismo formaron parte de estos años de estudio.*

**Zambrano Savinovich, Jorge Jossue.**

## 1. INTRODUCCIÓN

Según Garces Acosta, (2023) manifiesta que Ecuador se destaca por ser un país altamente agrícola y se estima que más de un tercio de la superficie total cuenta con un clima semiárido, por esta razón es necesario suplir los requerimientos hídricos de los cultivos utilizando sistema de irrigación de alta eficiencia. El área regada es aproximadamente de 853.332,00 ha, lo que representa menos de la mitad del total de la superficie destinada a regar que es de 3'130.000,00 ha (Zapata & Gasselin, 2005). Aproximadamente 12.000,00 ha se riegan por sistema de riego por goteo utilizando fertirrigación bajo condiciones de invernadero, mientras que en campo abierto se riegan 44.000,00 ha usando el mismo sistema de riego (Calvache, 2006).

El agua ejerce un rol importante en el desarrollo evolutivo de los seres vivos), por dicha razón este recurso debe ser utilizado de manera eficiente, debido a que en la actualidad existe un crecimiento acelerado de la población mundial y por lo tanto su disponibilidad es más limitada, hoy por hoy la agricultura de regadío es el principal consumidor de agua, puesto que requiere grandes cantidades de esta para un óptimo desarrollo de los cultivos el principal objetivo de la agricultura es cubrir las necesidades alimentarias de la población, es por esto que para los próximos treinta a cuarenta años se necesitará aumentar la producción agrícola entre 40 a 50 %. (Rivera Oquendo & Villareal Yepes, 2021).

Estefania (2023) menciona que la fertirrigación es una nueva herramienta, con técnica avanzada que combina la fertilización con el riego mediante la inyección de soluciones de nutrientes directamente en el sistema de riego, esto maximiza el uso eficiente de fertilizantes e incrementa el rendimiento de los cultivos al incorporar los nutrientes directamente al área radicular minimizando las pérdidas (Shukla et al., 2018). De acuerdo con (Ayers & Westcot, 1994) durante las últimas cinco décadas, el uso del riego ha desempeñado un papel estratégico en el aumento de la producción de alimentos. No obstante, se ha observado que su aplicación sin control ha dado lugar a varios problemas en el suelo y ha afectado negativamente la calidad de extensas áreas agrícolas en todo el mundo.

De acuerdo a Luna (2020) El empleo de la fertirrigación para el cultivo de pimiento debe estar estrechamente ligado a las necesidades nutrimentales del cultivo, y a los datos obtenidos de los análisis de suelo, agua y soluciones nutritivas. Esto es importante cuando se usan sustratos, ya que se debe prestar atención a la solución de drenaje. La composición óptima de la solución nutritiva para el cultivo está en dependencia del análisis del agua de riego, la fecha de siembra, la fase de desarrollo y las condiciones climáticas presentes (Vergara 2023).

La (FAO, 2020) menciona que el cultivo de pimiento es originario de América del sur, este es cultivado en distintos países como China, México, India, Turquía, España y Estados Unidos. Por ello, su producción a nivel mundial es de 36,771,482 t, las mismas están distribuidas en un área total de 1,990,423 ha, En el Ecuador, se producen aproximadamente 8,180 t en 2,142 ha en producción. No obstante, la deficiente investigación y desarrollo tecnológico en esta área, hace que su producción no esté sustentada en trabajos de importante relevancia que puedan contribuir en el área científica a la adopción de prácticas agrícolas.

Siendo el caso, países que se encuentran a cercanías de nuestro territorio nacional, siendo los principales potenciadores productores de América del Sur obteniendo los rendimientos que se dan a continuación: Chile cuenta con 77.2178 t, Argentina con 22.7386 t, Colombia cuenta con 63.724 t, Bolivia con 28.820 t y finalmente Perú con 15.8861 t (FAO, 2020)

Baptista, Bayley, Meneses, & Navas (2010) declaran que los invernaderos son construcciones diseñadas para optimizar las condiciones ambientales en la que se desarrollan los cultivos, con el objetivo de alcanzar su máximo rendimiento, controlar fenómenos biológicos que lo afecten negativamente tales como plagas y enfermedades.

Según PROAIN (2020) la frecuencia de riego está vinculado al método de riego que se va a emplear, esto influye en la condición de suelo, clima, pérdida en un periodo comprendido entre dos periodos. Este tiempo es igual para todos los riegos de la temporada

### **1.1.Objetivo general**

Comprobar el efecto del fertirriego en parámetros morfoagronómicos del cultivo de pimiento bajo invernadero

### **1.2.Objetivos específicos**

- Determinar la mayor eficiencia de la frecuencia de riego en el cultivo de pimiento a través de las variables morfoagronómicas.
- Evaluar dos sistemas de riego: goteo y microaspersión, en términos de productividad en el cultivo de pimiento.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1. Características agronómicas del cultivo de pimiento

Según Agropecuaria Terranova (2001), indica que el pimiento es una herbácea anual con tallo erecto y ramificado, su altura tiene una variación de 0,5 a 1,5 metros, y es caracterizada por una raíz pivotante profunda y sus numerosas raíces.

De acuerdo con Maroto (2002), las hojas son lisas y completas, de forma oval, con un ápice notablemente pronunciado y un peciolo largo. Las flores presentan una corola blanquecina, surgen de manera solitaria en cada nudo y se insertan aparentemente en la axila, con fecundación autógena.

Osorio (2003) clasifica al fruto de pimiento como una baya carnosa con dos a cuatro lóculos de formas y tamaños variados, y un peso que oscila entre 70 y 500 gramos. Su sabor se encuentra desde dulce hasta picante, lo cual depende de la variedad o cultivar. La pared del fruto puede ser gruesa, mediana o delgada, y se describe como una estructura hueca con forma de cápsula, compuesta por un pericarpio grueso y jugoso, así como un tejido placentario que conecta las semillas (Guzmán, 2017)

En cuanto a las semillas, Villegas (2013) indica que son redondeadas y ligeramente reniformes, con una longitud de 3 a 5 mm, y se insertan en una placenta cónica de disposición central con un color amarillo pálido

De acuerdo con Cabrera & Tapuy (2021) la clasificación taxonómica del pimiento es la siguiente:

Tabla 1 Clasificación taxonómica del pimiento

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Metaclamidea
<b>Orden</b>	Solanales
<b>Familia</b>	Solanácea
<b>Género</b>	Capsicum
<b>Especie</b>	annuum

Su patrón de crecimiento se caracteriza por ser restringido y erguido. Desde el punto de cruce, genera 2 o 3 ramificaciones y continúa bifurcándose de manera dicotómica a lo largo de su ciclo completo (Reyes Pérez et al., 2021).

## **2.2. Agroecología del pimiento.**

(Lopez, 2006) sostiene que la planta se adapta a climas tanto templados como cálidos y puede resistir bajas temperaturas, períodos de sequía y alta nubosidad.

Según (Reyes, 2010), el desarrollo óptimo de la planta se da a temperaturas diurnas de 20-25°C y temperaturas nocturnas de 16-18°C, con una humedad relativa del 50 al 70%. Además, requiere suelos profundos, fértiles, bien aireados y, sobre todo, bien drenados, y puede tolerar cierto grado de acidez con un pH que varía entre 5,5 y 8.

(Valencia, 2009) sugiere que la humedad relativa ideal está en el rango del 50 % al 70 %. Niveles muy altos de humedad relativa pueden propiciar enfermedades aéreas y dificultar la fecundación. La combinación de altas temperaturas y baja humedad relativa podría causar la caída de flores y frutos recién formados.

(Mendoza & Zambrano, 2010) argumentan que el pimiento es un cultivo altamente exigente en materia orgánica, susceptible a suelos salinos, y sus necesidades de agua para obtener una buena cosecha oscilan entre 600 y 1250 mm anuales.

## **2.3. Necesidades hídricas del cultivo de pimiento**

La evaporación ocurre por la radiación que llega directamente al suelo y disminuye en la medida que el dosel del cultivo proyecta más sombra sobre el suelo. En la medida que crece el cultivo se vuelve más importante la transpiración que la evaporación. Los componentes de la evapotranspiración (ET) son el cultivo en si mismo (ETc) y las variables climáticas (ETo). (Florián & Montero, 2002)

Para la determinación de la necesidad de riego, es necesario conocer el kc, que es un parámetro que refleja el nivel de desarrollo o la extensión del suelo cubierto por el cultivo al cual se pretende valorar en términos de consumo de agua. Es fundamental considerar las particularidades del cultivo en relación con sus demandas hídricas, lo que relaciona los coeficientes de kc con la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración específica del cultivo (León, 2014)



Esto va en dependencia a la naturaleza de cada cultivo y la variedad a utilizar, representada por una curva sigmoideal que experimenta cambios temporales. Inicialmente aumenta hasta alcanzar un punto máximo, manteniéndose de manera constante durante la cosecha para después de caer hasta concluir su temporada de riego. Para realizar el cálculo de los coeficientes se consideran tres fases distintas.

- **Etapa inicial:** Va desde la fecha de siembra hasta que llega al 10% de la extensión del suelo cubierto.
- **Etapa de desarrollo:** Va desde que el cultivo llega al 10% de cobertura hasta llegar al estado de floración.
- **Etapa de mediados:** Esta comprende desde la floración y el estado de madurez, esta etapa es corta para los cultivos hortícolas que son cosechados frescos para aprovechar su vegetación verde. Para esta etapa el coeficiente de kc alcanza su valor máximo (Ortega, Farías, & Acevedo, 2013)

El manejo agronómico va en dependencia de la variedad del cultivo al igual que los requerimientos hídricos del mismo cambian en función al clima. Para la determinación de las necesidades hídricas del cultivo hay dos formas, una de ellas es el empleo de lisímetros gravimétricos y como segunda forma es en base a los datos climatológicos y demás factores, además se hace uso de métodos de medición como el tanque evaporímetro o cenirrometro (FAO, 2015)

El uso del agua destinada para el riego se debe priorizar ya que de esta influye de manera eficiente la cantidad total de agua utilizada. Es crucial asegurar los rendimientos mínimos para que esta sea una actividad rentable en cuanto a la producción agrícola, el riego es de suma importancia para una óptima producción (Medrano H, y otros, 2007)

Se desencadena una serie de alteraciones fisiológicas en las plantas de pimiento como consecuencia del decrecimiento en el riego causando stress hídrico ya que retrasa su crecimiento, disminuye su peso en seco y existe un incremento en la proporción de la raíz (Qiushi , Hongling , Jian, & YanDong, 2009)

#### **2.4. Nutrición del cultivo**

El suelo óptimo para el correcto desarrollo del cultivo de pimiento son los francos arenosos, que sean profundos, que en su contenido presenten de 3 a 4% de materia orgánica y específicamente que tengan un buen drenaje. El adecuado pH del cultivo va de 6.5 a 7 pero en suelos enarenados permite un óptimo crecimiento vegetal del cultivo

cuando el pH se encuentra en un rango de 7 a 8. En lo que respecta al agua de riego el pH que más se adecua es de 5.5 a 7. El cultivo de pimiento presenta una baja resistencia frente a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego en comparación al cultivo de tomate, cuando existe un elevado índice de salinidad la planta presenta un bajo desarrollo y como consecuencia se obtiene un fruto pequeño y sin peso. Es recomendable llevar a cabo una desinfección antes de sembrar en suelos que hayan tenido historial de *Phytophthora* sp u otras infecciones, con el fin de prevenir posibles problemas (Solis, 2016).

Tabla 2 Valor nutricional de pimiento por cada 100 g

	<b>Por 100g de porción comestible</b>	<b>Por unidad mediana (100g)</b>
<b>Energía (Kcal)</b>	23	19
<b>Proteínas (g)</b>	0,9	0,7
<b>Lípidos totales (g)</b>	0,2	0,2
<b>Hidratos de carbono (g)</b>	3,7	3,0
<b>Fibra (g)</b>	1,2	1,0
<b>Agua (g)</b>	94	76,1
<b>Calcio (mg)</b>	12	9,7
<b>Zinc (mg)</b>	0,2	0,2
<b>Sodio (mg)</b>	2	1,6
<b>Potasio (mg)</b>	210	170
<b>Fósforo (mg)</b>	25	20,3
<b>Hierro (mg)</b>	0,5	0,4
<b>Yodo (mg)</b>	1	0,8
<b>Tiamina (mg)</b>	0,05	0,004
<b>Riboflavina (mg)</b>	0,04	0,03
<b>Vitamina C (mg)</b>	131	106
<b>Vitamina A: Eq. Retinol</b>	34	27,5

**Fuente:** (Coexphal, 2014)

## **2.5. Optimización de la nutrición en la solución hídrica**

Para los productores de pimientos en suelo o en un sustrato arenado, la forma más simple de controlar el inicio de los riegos es instalar una serie de tensiómetros a diferentes profundidades. Estos dispositivos permiten evaluar la humedad del área donde las raíces están activas, debido a que la mayor área del sistema radicular de los pimientos se encuentra en los primeros 30-40 centímetros del suelo. Los tensiómetros ubicados a mayor profundidad proporcionan información sobre la pérdida de agua por drenaje que escapa de la zona de actividad radicular. Es importante calcular las necesidades de drenaje según la salinidad del suelo y del agua de riego. La tensión en el tensiometro debe oscilar entre 11-14 cb en el tensiómetro menos profundo, a una profundidad de 15-20 centímetros. Otro tensiómetro se coloca a la profundidad de enraizamiento, generalmente entre 30-50 centímetros, dependiendo del tipo de suelo, lo cual permite monitorear el movimiento del agua en el entorno de las raíces. Para determinar las pérdidas de agua por drenaje profundo, se coloca un tercer tensiómetro ligeramente más profundo, valores inferiores a 20-25 cb en este último tensiómetro indican pérdidas significativas de agua debido a la lixiviación (Alarcon, S.F).

En estas condiciones, es importante que los equipos automatizados de fertirrigación desempeñen un papel fundamental. Se busca lograr un suministro de riego con dosis fijas previamente calculadas, que permita el lavado de sales del suelo sin un excesivo desperdicio de agua, y con una frecuencia variable que comienza cuando se detecta un déficit hídrico. Esta detección puede realizarse mediante diferentes dispositivos, como medidores de agua en el suelo, como sondas de neutrones o la sonda TDR, medidores del potencial de agua en el suelo, como tensiómetros o bloques porosos, sondas de conductividad eléctrica (CE) en suelos salinos para determinar la necesidad de lavado, lectura de la temperatura de la superficie de la planta utilizando termómetros de infrarrojos, medición del potencial de agua del xilema mediante una cámara de presión, monitoreo de micro variaciones dimensionales de los órganos de la planta, sensores de radiación como solarímetros que activan el riego al alcanzar un cierto valor de radiación acumulada, unidades evaporimétricas que actúan de manera similar, entre otros. (Alarcon, S.F)

## **2.6. Calidad de agua de riego para fertirriego.**

La calidad de agua de riego es uno de los factores más significativos en la producción intensiva de cultivos la cual se segmenta en química y agronómica. En el riego de los cultivos a menudo surge la problemática de que no se especifica la calidad química del agua que se utiliza, la cual está directamente determinada por factores tales como el tipo de cultivo, condiciones climáticas, sistemas de riego, drenaje del suelo y prácticas de manejo de agua, el suelo y planta (Aceves, 1979). La calidad de agua utilizada para riego también se ve influenciada por la concentración y composición de los componentes disueltos en ella, por lo que la calidad de dicha agua es un aspecto crucial al tomar en cuenta las condiciones de salinidad o el contenido de sodio intercambiable en cualquier área de riego. Las propiedades que más se destacan y determinan su calidad son: **1)** La cantidad total de sales solubles presentes; **2)** La proporción de sodio en comparación con otros cationes; **3)** La concentración de elementos como el boro que pueden resultar toxicidad; **4)** La relación entre la concentración de bicarbonatos y la concentración de calcio y magnesio (Richards, 1985).

## **2.7.Pimiento bajo invernadero**

Según (Wittwer & Castilla , 1995) el uso de los invernaderos se ha expandido a nivel mundial con grandes resultados. Estos permiten controlar de una manera más eficiente las variables de producción en los cultivos, como las condiciones climáticas, riego, fertilización, tutorado, poda y el uso de sustratos para la respectiva siembra. (Gil, Sánchez, & Miranda, 2003)

La tecnología de producción en invernadero ha tenido un crecimiento en el rendimiento por área. Según unos autores, el rendimiento de pimiento en invernadero puede alcanzar las 80 ton/ha (Zúñiga, y otros, 2004), mientras que, para otros investigadores, diferencian que el mismo se sitúa entre 8,2 y 42,9 ton/ha a campo abierto, y entre 30,0 y 150,0 ton/ha bajo ambiente protegido. (Jiménez, y otros, 2007)

## **2.8.Pimiento fertirrigado**

La principal ventaja del riego por goteo no radica solo en la capacidad de utilizar aguas salinas, sino también en el ahorro de recursos hídricos y la posibilidad de llevar a cabo una fertilización diaria, conforme a las variables agroclimáticas que se presentan. Es ilógico no aprovechar al máximo estos sistemas. En mi opinión, es mucho más beneficioso para las plantas mantener sus condiciones óptimas de nutrición hídrica y mineral mediante una fertirrigación frecuente en intervalos cortos, en lugar de aplicar

pocas veces grandes volúmenes de agua y fertilizantes. El enfoque ideal sería tratar el suelo como un sustrato hidropónico, suministrando constantemente solución nutritiva agua de riego más fertilizantes, en dosis pequeñas y con alta frecuencia, incluso varias veces al día si se cuenta con sistemas de fertirrigación automatizados adecuados (Alarcón, S.F.).

De acuerdo con Solis (2016) la cantidad de agua que se debe proporcionar al cultivo de pimiento va a estar en dependencia de la etapa fenológica en la que se encuentra, también se prioriza las condiciones climáticas, los tipos de suelo, la calidad de agua que se utiliza para regar, etc.

En el cultivo en suelo y enarenado, la determinación del momento y la cantidad de agua a aplicar puede basarse en los siguientes parámetros:

- Medición de la tensión del agua en el suelo mediante la instalación de tensiómetros.
- Consideración del tipo de suelo, incluyendo su capacidad de retención de agua, capacidad de campo, y su punto de marchitez permanente (PMP)
- Evaluación de la evapotranspiración del cultivo.
- Consideración de la eficacia del riego en términos de uniformidad.
- Evaluación de la calidad del agua de riego, donde a una calidad más baja se requerirá un mayor volumen de agua.
- Utilización de bombas de extracción o extractores de muestras que recojan la fase líquida del suelo para medir la conductividad eléctrica (CE) del agua y evaluar su salinidad.

## **2.9. Importancia del pH y conductividad eléctrica.**

### **2.9.1. pH**

Existen diversas razones para establecer un pH adecuado tanto en los tanques de solución nutritiva como en el flujo de agua de riego. Mantener un pH óptimo es importante por varias razones: ayuda a evitar reacciones químicas no deseadas de los fertilizantes en las líneas de conducción, facilita la absorción adecuada de nutrientes, especialmente fósforo y micronutrientes. Un pH elevado puede generar obstrucciones en los componentes del sistema de fertirrigación debido a la formación de precipitados. Por otro lado, un pH muy bajo puede favorecer la asimilación de elementos tóxicos para las

plantas, por lo tanto, se recomienda mantener el pH en el rango de 5 a 6 antes de añadir los nutrientes (Rodríguez, 2004).

### **2.9.2. Conductividad eléctrica**

Al hablar sobre la calidad del agua de riego, se suele hacer referencia a la salinidad como criterio principal. Sin embargo, es fundamental tener en cuenta que existen otros aspectos relevantes, como los microbiológicos y físicos, que son de gran importancia en el contexto de la fertirrigación. El contenido de sales solubles en el agua utilizada para riego debe ser considerado, siendo óptimo tener una Conductividad Eléctrica (CE) de 0.2. Si la CE es mayor, la absorción de agua disminuye debido a una mayor presión osmótica externa. La salinidad se refiere a la cantidad de sólidos disueltos en el agua de riego, y esta aumenta a medida que se añaden más sólidos, lo que facilita la conducción de corriente eléctrica. La conductividad eléctrica se mide en ds/m (Rodríguez, 2004).

### **2.10. Agronomía de la fertirrigación**

La fertilización mediante fertirrigación brinda una flexibilidad superior en la aplicación de nutrientes en comparación con los métodos convencionales (Soler Méndez y Molina Martínez, 2020). Esta técnica permite fertilizar en cualquier momento durante el riego, y se adapta a diversos sistemas de riego por presión, como aspersión, goteo, microaspersión y pivote central, entre otros. Esta versatilidad la convierte en una opción altamente adecuada para satisfacer las necesidades de los agricultores, tanto desde una perspectiva económica como profesional, ya que presenta numerosas ventajas en comparación con los enfoques tradicionales. (CIQA, 2001)

Dentro del ámbito de la fertirrigación, se comprende que su máximo beneficio se logra al realizar aplicaciones frecuentes con dosis moderadas a lo largo de la temporada de riego, adaptándose a las necesidades particulares de las plantas, en lugar de efectuar una única aplicación. (Burgueño, 1999)

Fertirriego desempeña una función esencial al impulsar un desarrollo más destacado de los cultivos. Asimismo, se ha constatado que el uso adecuado de los fertilizantes se traduce en beneficios aumentados tanto para los consumidores como para los productores (Cedeño, 1993).

## **2.10.1. Ventajas**

### **2.10.1.1. Incremento en la eficiencia en la aplicación.**

- La fertiirrigación distribuye el fertilizante de manera más homogénea al ser aplicado en forma disuelta en el agua de riego. Cada planta recibirá una cantidad precisa de nutrientes junto con el riego.
- La técnica de fertiirrigación posibilita aplicar los nutrientes de acuerdo con las necesidades específicas del cultivo, incluso permitiendo modificar las proporciones entre ellos durante todo el ciclo del cultivo, según lo requiera. (CIQA, 2001)

### **2.10.1.2. Control y dosificación**

- Mediante el uso de sistemas de control automáticos y programas preestablecidos, es posible regular con precisión los volúmenes exactos de fertilizante que se aplican. Esta capacidad de control total del proceso permite la inyección de micronutrientes a través del sistema de riego, logrando una administración más eficiente y precisa de los nutrientes. (CIQA, 2001)

### **2.10.1.3. Control de profundidad y tiempo de aplicación**

- La fertiirrigación con aplicaciones frecuentes y dosis bajas contribuye a evitar la percolación y las pérdidas de nutrientes causadas por lluvias intensas y riegos frecuentes que podrían arrastrar los nutrientes por debajo de la zona de raíces de las plantas.
- Gracias a la técnica de fertiirrigación, es posible mantener un nivel nutricional adecuado en suelos de baja fertilidad y con poca capacidad de retención de nutrientes, lo que posibilita el cultivo en terrenos que, de otra manera, serían poco propicios para el desarrollo de las plantas (CIQA, 2001).

### **2.10.1.4. Posibilidad de usar fertilizantes líquidos**

- Se evita el uso de grandes bolsas, disolución, filtración, etc.
- El uso de soluciones fertilizantes compuestas en una formulación está en constante incremento. En las mismas aparecen todos los nutrimentos que la planta requiere. Estas formulaciones son preparadas en fábricas, y son más concentradas que la que puede preparar el productor disolviendo fertilizantes sólidos en el campo (CIQA, 2001)

#### **2.10.1.5. *Evita la necesidad de dispersar el fertilizante***

- La fertirrigación elimina la necesidad de utilizar grandes bolsas de fertilizantes, así como procesos de disolución y filtración complicados.
- El uso de soluciones fertilizantes compuestas en una formulación completa está en aumento constante. Estas soluciones contienen todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas. Dichas formulaciones son preparadas en fábricas y son más concentradas que las mezclas que un productor podría preparar en el campo al disolver fertilizantes sólidos.

#### **2.10.2. Inconvenientes**

##### **2.10.2.1. *Toxicidad***

En muchos sistemas de riego, el agua utilizada está conectada al suministro de agua potable, lo que significa que contiene productos químicos que la hacen no apta para el consumo humano (Acosta Rada y Massa Samper, 2023). Por esta razón, es crucial que se coloquen carteles visibles para advertir a los operarios y transeúntes sobre el riesgo de beber esta agua. Además, es necesario proporcionar una fuente de agua potable separada, no solo para beber, sino también para preparar soluciones de pesticidas y otros fines que requieran agua limpia y segura. Esta medida busca garantizar la salud y seguridad tanto de quienes trabajan con el sistema de riego como de quienes se encuentran en las cercanías de este. (CIQA, 2001)

##### **2.10.2.2. *Contaminación de aguas subterráneas***

Si no se lleva a cabo un riego preciso y supervisado adecuadamente, lo que inicialmente se destacó como una ventaja puede convertirse en una desventaja, ya que los diversos productos químicos aplicados en el agua de riego podrían filtrarse a las aguas subterráneas si no se aplican de manera correcta. (CIQA, 2001)

##### **2.10.2.3. *Adaptación de fertilizantes***

La fertirrigación se adapta a fertilizantes solubles o líquidos solamente. Muchos fertilizantes que no son completamente solubles en agua y que son muy difundidos, no son aplicables para el fertirriego. (CIQA, 2001)



#### ***2.10.2.4. Peligro de corrosión***

Es esencial que todos los elementos del sistema que entren en contacto con los materiales inyectados sean altamente resistentes para minimizar la corrosión. (CIQA, 2001).

#### ***2.10.2.5. Interacción entre los productos inyectados y el agua de riego***

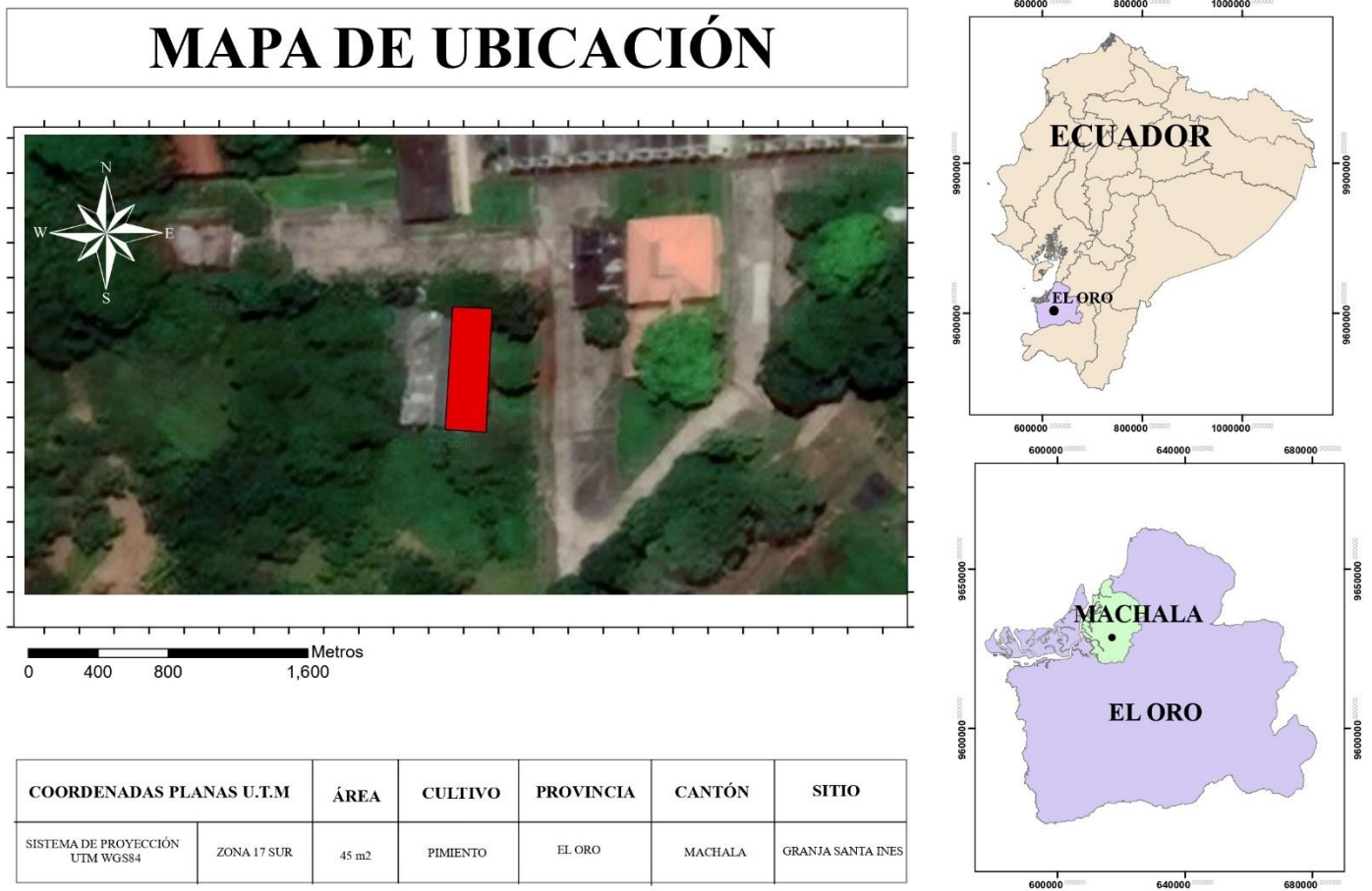
Es importante realizar una evaluación de todos los materiales inyectados para determinar si reaccionan con el agua de riego. Es común que las fuentes de cloruro utilizadas en los sistemas de micro-riego sean oxidantes, lo que puede provocar la precipitación de carbonatos de calcio y magnesio, óxido de hierro, entre otros compuestos. (CIQA, 2001)

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Materiales

##### 3.1.1. Área de estudio

La presente investigación se realizó en La Granja “Santa Inés” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, que se ubica a 5,5 kilómetros de la vía Machala-Pasaje, de la parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.



**Figura 1** Mapa de ubicación espacial del área

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

### **3.1.2. Ubicación geográfica**

Las coordenadas y altitud correspondientes del área de estudio son:

**Coordenadas geográficas:** 79° 54' 05'' W (longitud); 03° 17' 16'' (latitud)

**Coordenadas UTM:** 9636128 longitud; 620701 latitud.

### **3.1.3. Características edafoclimáticas**

**Altitud:** 15 msnm

**Clima:** 19 a 34 °C

**Precipitación:** 1788 mm

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Variables**

#### ***3.2.1.1. Variables independientes***

##### ***3.2.1.1.1. Sistema de riego***

Los sistemas de riegos utilizados en este trabajo de investigación: goteo y microaspersión.

##### ***3.2.1.1.2. Frecuencia de riego.***

La frecuencia utilizada es cada 2 días y cada 4 días

#### ***3.2.1.2. Variables dependientes***

##### ***3.2.1.2.1. Altura de planta***

Se realizó la medición en centímetros todas las semanas, desde su trasplante hasta la semana de su cosecha, se midió de manera constante para observar como varia su tamaño de acuerdo a la frecuencia establecida para el cultivo. Se toma la respectiva medida de todas las plantas a nivel del suelo hasta el ápice.

##### ***3.2.1.2.2. Número de frutos por planta.***

Este dato fue recopilado previo a la cosecha con el propósito de determinar la cantidad de frutos por planta.

##### ***3.2.1.2.3. Peso del fruto***

El peso del fruto va expresado en gramos y se lo midió usando una balanza.

#### 3.2.1.2.4. *Largo del fruto*

Fue tomado en centímetros desde la base del pedúnculo hasta la punta del fruto.

#### 3.2.1.2.5. *Diámetro del fruto*

Con un calibrador se midió en milímetros el diámetro del fruto.

#### 3.2.1.2.6. *Rendimiento del cultivo*

El peso de los frutos en cada área de tratamiento se convirtió en kilogramos por hectárea.

### 3.3. Diseño experimental

Se realizó un experimento factorial completo completamente al azar (EFCCA) no fraccionado  $2^2$

Tabla 3 características de la parcela

Experimento factorial	EFCCA
Superficie total del área experimental	18 m x 5 m = 95 m <sup>2</sup>
Superficie área de goteo	45 m <sup>2</sup>
Superficie área de microaspersión	45 m <sup>2</sup>
Distancia entre plantas	0.35 m
Distancia entre surcos	0.50 m

#### 3.3.1. Factor de estudio y tratamientos

En la tabla 4 se detalla la aplicación de los tratamientos indicando los tipos de tratamientos a emplear junto con sus correspondientes frecuencias de riego.

Tabla 4 Tratamientos y especificaciones de la frecuencia de riego.

Tratamientos	Identificación	Características
T1	Morado	Su frecuencia de riego es cada 2 días
T2	Rojo	Su frecuencia de riego es cada 4 días.

### 3.3.2. Especificidades del modelo

#### 3.3.2.1. Tratamientos

El experimento cuenta con 2 tratamientos:

T1 (morado) = Frecuencia de riego cada dos días

T2 (Rojo) = Frecuencia de riego cada 4 días

#### 3.3.2.2. Réplicas

Se realizó un total de 3 réplicas por cada tratamiento.

#### 3.3.2.3. Unidad experimental

Al existir 2 tratamientos y 3 réplicas por cada tratamiento da un total de 12 unidades experimentales por sistema de riego, es decir 12 para sistema de riego por goteo y 12 para sistema de riego por microaspersión, dando un total de 24 unidades experimentales.

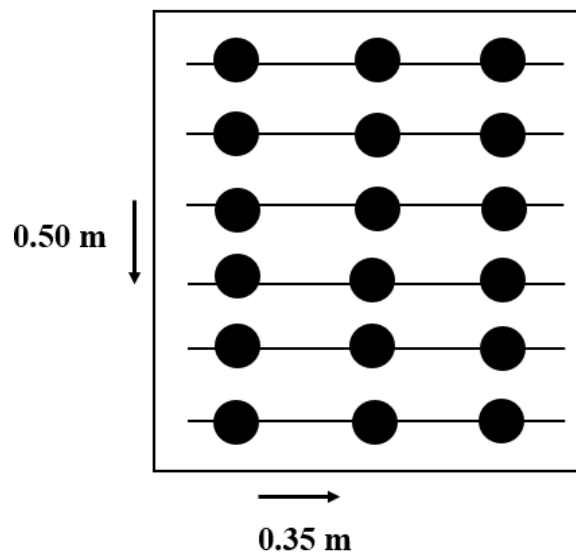
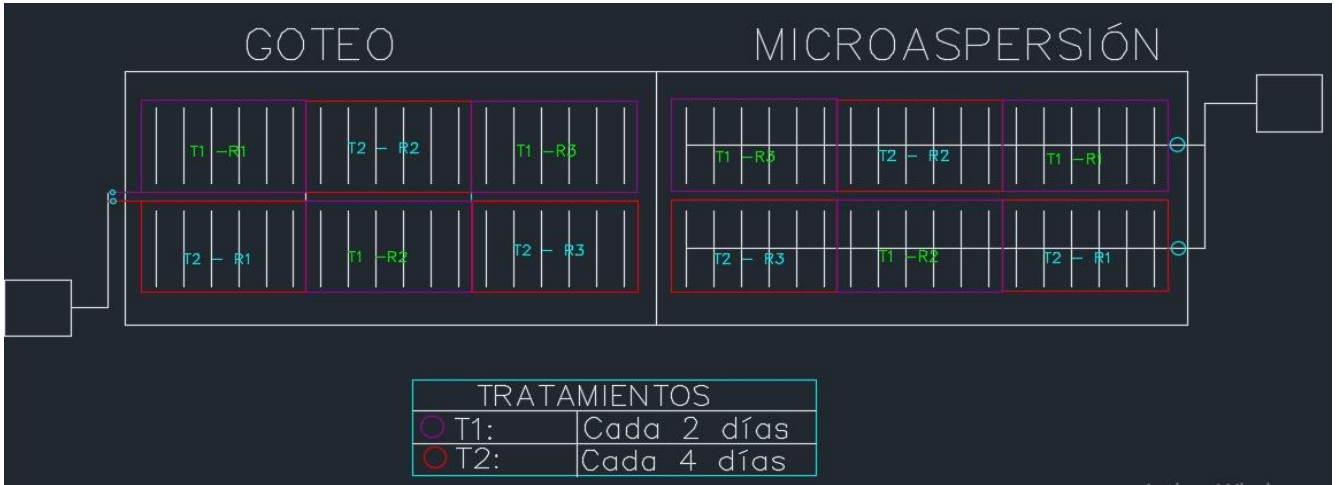


Figura 2 Croquis de Unidades experimentales

### 3.3.2.4. Croquis del experimento.



Fuente: Vega y Zambrano, 2024

Figura 3 Croquis del área experimental

### 3.3.2.5. Unidades muestrales

Las unidades muestrales están representadas por cada planta, hay 12 Unidades experimentales y en cada una existen 18 unidades muestrales, por lo tanto, en todo el experimento hay un total de 216 de unidades muestrales.

### 3.3.3. Métodos y técnicas.

#### 3.3.3.1. Observación directa

En esta metodología se hace uso del tanque evaporímetro, el valor de  $K_c$

$$NRD = EB \times K_p \times K_c \times P_s \times A_u$$

Donde:

NDR = Necesidades de riego diarias (litro/planta/día)

EB = Evaporación de la bandeja

$K_p$  = Coeficiente del tanque

$K_c$  = Coeficiente del cultivo

$P_s$  = Porcentaje de cobertura (%)

$A_u$  = Área asignada al cultivo  $m^2$

### **3.3.4. Manejo del ensayo**

#### **3.3.4.1.Preparación del terreno**

La preparación del terreno empezó con:

- Desinfección del suelo con óxido de calcio (cal) 15 días antes del trasplante.
- Medición del área
- Se aró el suelo
- Se realizó surcos de 0.50 m de distancia entre surco y surco.

#### **3.3.4.2. Instalación del riego**

La instalación del riego se realizó 15 días previos al trasplante para que no exista ningún tipo de anomalías, se usó cinta para identificar cada frecuencia de riego; Morado (cada 2 días) y Rojo (cada 4 días).

#### **3.3.4.3.Siembra - trasplante**

La siembra se realizó en bandejas germinadoras, después de aproximadamente 15 días cuando empezaron a aparecer las hojas verdaderas se procedió a trasplantar en el área de estudio.

#### **3.3.4.4. Riego**

Para regar se tomó en cuenta parámetros como Etc, kc y datos del tanque evaporímetro y dosificación para realizar la programación del respectivo riego.

El sistema de riego empleado fue un sistema por goteo, se utilizó goteros con una tasa de salida de agua de 1,7 lph, con una distancia de 0,50 metros y mangueras de 16 mm de diámetro.

Para el sistema de microaspersión se utilizó microaspersores de 25,14 lph.

#### **3.3.4.5.Control de plaga e insectos**

Se realizó un tipo de control químico para prevenir la presencia de hormigas y trips en el cultivo de pimiento que suelen ser los más comunes y perjudiciales.

#### **3.3.4.6. Cosecha**

Se llevó a cabo 14 semanas después de su trasplante cuando el fruto aún esta verde y tiene un tamaño apropiado.

### 3.4. Dosificación de fertirriego

Tabla 5 Valores de dosificación para fertirriego (kg/ha)

<b>FASES</b>	<b>Intervalo ddt</b>	<b>N (UREA)</b>	<b>P2O5 Pentaoxido de Difósforo (DAP)</b>	<b>K2O Muriato de Potasio</b>
Vegetativa	0 -15	5	1	5
Vegetativa	15 – 30	10	2	10
Vegetativa	30 -45	10	3	15
Desarrollo	45 – 60	15	4	20
Desarrollo	60-75	15	8	25
Reproductiva	75-90	20	8	30
Reproductiva	90-105	25	10	40

**Fuente:** (Rincón, 2003).

### 3.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y homogeneidad de las variables por la prueba de Levene. Las variables altura de planta, número de frutos por planta, peso del fruto, longitud del fruto y diámetro del fruto. Todas las varianzas de tratamientos resultaron inferiores al nivel de significancia ( $p$ -valor  $< 0.05$ ) por lo que se destinó a un análisis de varianza no paramétrico por el método de Kruskal-Wallis.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Altura de planta (cm)

En la tabla 7 se encuentran los valores que corresponden a la prueba de homogeneidad de varianzas de la variable altura de planta, cuyos datos fueron medidos cada semana posterior al trasplante y ejecutados con la prueba de Levene al 5% de significancia estadística, de acuerdo con los resultados obtenidos se evidencia la presencia de heterocedasticidad, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal y se aplican pruebas no paramétricas en este caso se realizó la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 7. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable altura de planta

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	p-valor.
Altura de planta (cm)	Se basa en la media	46.335	3	3018	.000
	Se basa en la mediana	41.431	3	3018	.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	41.431	3	2811.098	.000
	Se basa en la media recortada	45.192	3	3018	.000

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

La Tabla 8 analizada mediante la prueba de Kruskal-Wallis, revela la ausencia de diferencias significativas. Este resultado se fundamenta en el nivel de significancia convencionalmente establecido en 0.05, confirmando la homogeneidad entre los sistemas de riego por microaspersión y goteo en el intervalo de riego a los 4 días, al igual que riego por goteo y microaspersión en un intervalo de riego a los 2 días no se evidencian diferencias significativas en la semana 4.

Tabla 8. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta a las 4 semanas

<b>Muestra 1 – Muestra 2</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>p-valor.</b>
Microaspersión -4 días – Goteo 4 días	22.713	1.891	.059	.352
Microaspersión -4 días – Goteo 2 días	118.15	9.84	.000	.000
Microaspersión -4 días – Microaspersión 2 días	118.46	9.86	.000	.000
Goteo – 4 días – Goteo -2 días	95.44	7.96	.000	.000
Goteo – 4 días – Microaspersión -2 días	-95.75	-7.970	.000	.000
Goteo – 2 días – Microaspersión -2 días	-.306	-.025	.980	1.00

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

En la figura 4 se evidencia que los sistemas de riego por goteo y microaspersión en el intervalo de 2 días de riego (T1) son los que presentan una mejor respuesta al crecimiento de la planta en la semana 4.

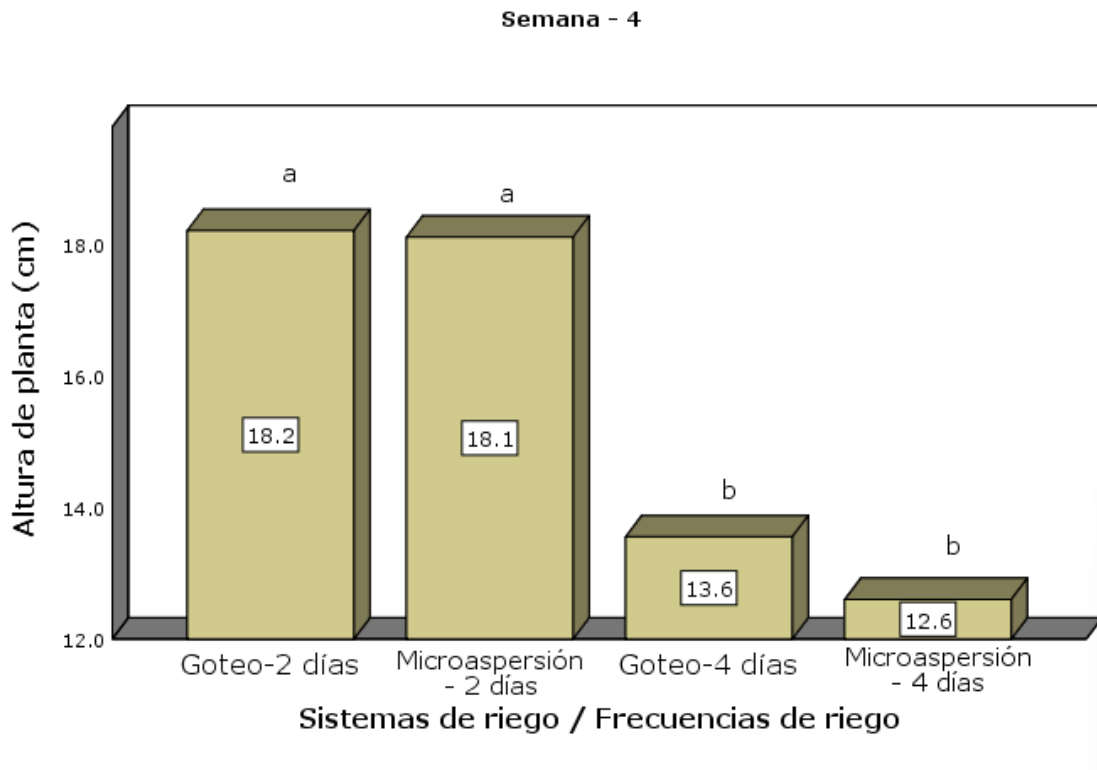


Figura 4. Diagrama de barras para la variable Altura de planta (cm) en semana 4

La Tabla 9 analizada mediante la prueba de Kruskal-Wallis, revela la ausencia de diferencias significativas. Este resultado se fundamenta en el nivel de significancia convencionalmente establecido en 0.05, confirmando la homogeneidad entre los sistemas de riego por microaspersión y goteo en el intervalo de riego a los 4 días, al igual que riego por goteo y microaspersión en un intervalo de riego a los 2 días no se evidencian diferencias significativas en la semana 8.

Tabla 9. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta a las 8 semanas

<b>Muestra 1 – Muestra 2</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>p-valor.</b>
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 4 días</b>	30.056	2.503	.012	.074
<b>Microaspersión -4 días – Microaspersión 2 días</b>	116.620	9.712	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 2 días</b>	118.46	10.779	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Microaspersión -2 días</b>	95.44	-7.209	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Goteo -2 días</b>	-95.75	8.276	.000	.000
<b>Microaspersión – 2 días – Goteo 2 días</b>	12.815	1.067	.286	1.000

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

En la figura 5 se crean dos subconjuntos homogéneos, los sistemas de riego por goteo y microaspersión con un intervalo de riego a los 2 días manifiestan la mayor altura de planta por el contrario los sistemas de riego por goteo y microaspersión con un intervalo de 4 días fueron los que obtuvieron el menor resultado en cuanto al crecimiento de la planta, las diferentes letras difieren en estadísticamente para p-valor menor a 0.05.

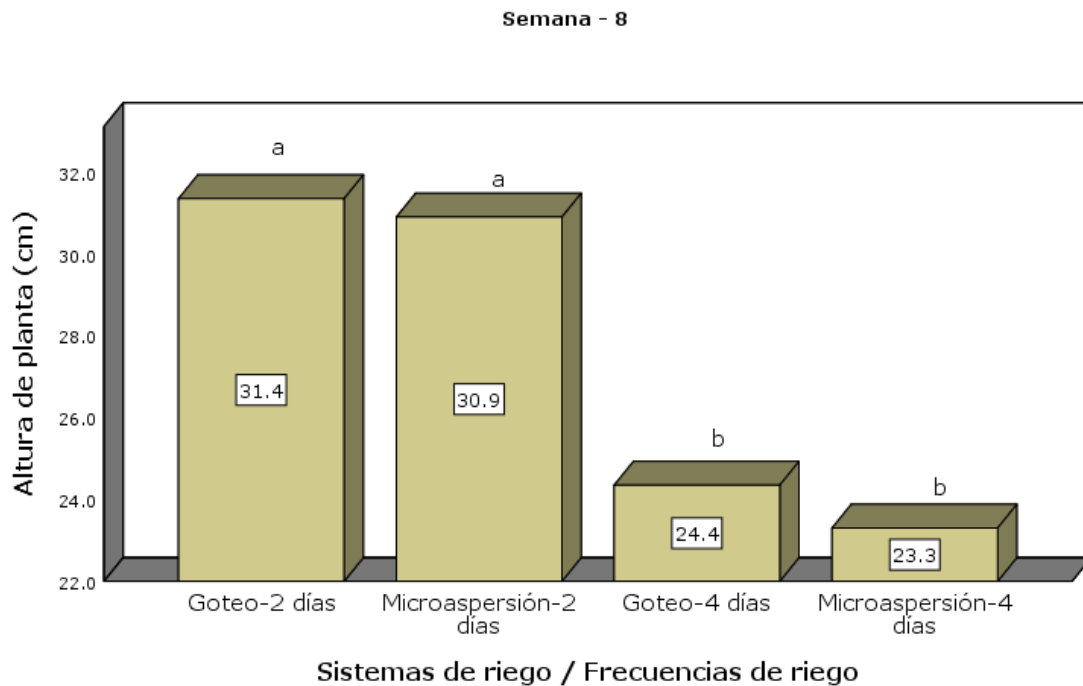


Figura 5. Diagrama de barras para la variable Altura de planta en semana 8

La tabla 10 nos indica a través del análisis de la prueba de Kruskal-Wallis que, si existen diferencias significativas, este resultado se fundamenta en el nivel de significancia convencionalmente establecido es 0.05, cuando comparamos los sistemas de riego por microaspersión y goteo en intervalos de 2 días (T1) y 4 días (T2), se confirma que existen diferencias notables entre ellos.

Tabla 10. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta a las 12 semanas

<b>Muestra 1 – Muestra 2</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>p-valor.</b>
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 4 días</b>	54.565	4.538	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Microaspersión 2 días</b>	109.163	9.145	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 2 días</b>	159.472	13.262	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Microaspersión -2 días</b>	-55.398	-4.507	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Goteo -2 días</b>	104.907	8.7256	.000	.000
<b>Microaspersión – 2 días – Goteo 2 días</b>	45.509	4.117	.000	.000

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

En la figura 6 se crean cuatro subconjuntos heterogéneos, el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de riego a los 4 días manifiesta la menor altura de planta en esta semana, el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días fue el que obtuvo el mayor resultado en cuanto al crecimiento de la planta, las diferentes letras difieren estadísticamente para p-valor menor a 0.05.

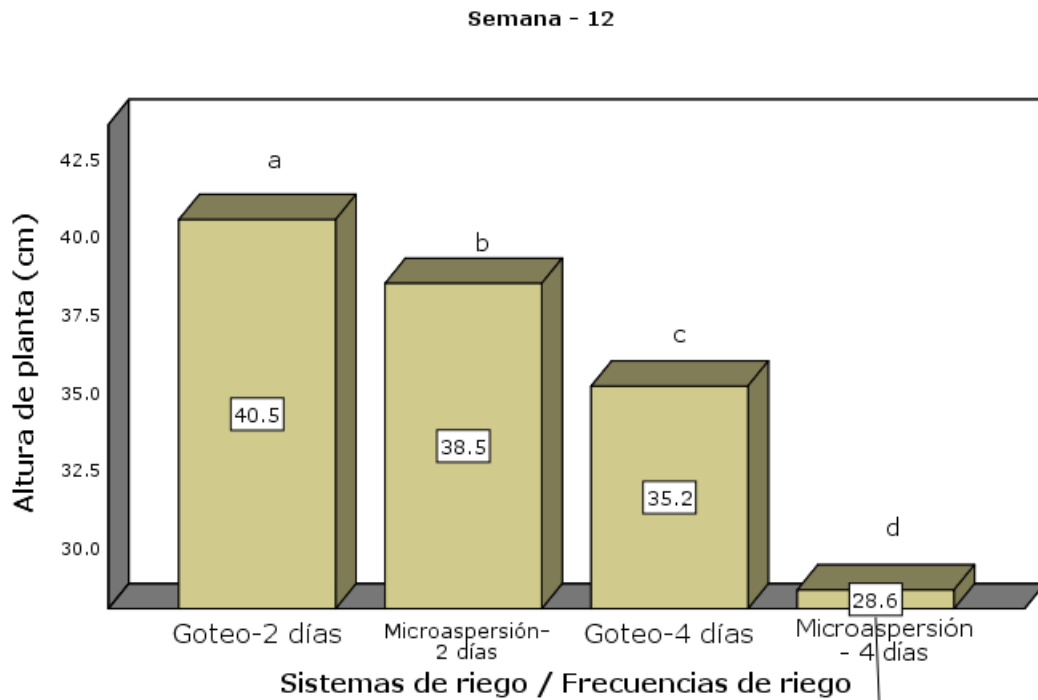


Figura 6. Diagrama de barras para la variable Altura de planta en semana 12

La tabla 11 nos demuestra a través del análisis de la prueba de Kruskal-Wallis que, si existen diferencias significativas, este resultado se fundamenta en el nivel de significancia convencionalmente establecido es 0.05, cuando contrastamos los sistemas de riego por microaspersión y goteo en intervalos de 2 días (T1) y 4 días (T2), se confirma que existen diferencias notables entre ellos.

Tabla 11. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable altura de planta a las 14 semanas

<b>Muestra 1 – Muestra 2</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>p-valor.</b>
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 4 días</b>	64.676	5.381	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Microaspersión 2 días</b>	98.037	8.157	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 2 días</b>	161.287	13.419	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Microaspersión -2 días</b>	33.361	2.776	.000	.033
<b>Goteo – 4 días – Goteo -2 días</b>	96.611	8.038	.000	.000
<b>Microaspersión – 2 días – Goteo 2 días</b>	63.250	5.262	.000	.000

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

En la figura 7 nos indica que el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días representó la mejor respuesta en lo que respecta a la altura de planta durante todas sus etapas, el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de riego a los 4 días manifiesta la menor altura de planta, las diferentes letras difieren en estadísticamente para p-valor menor a 0.05



Semana - 14

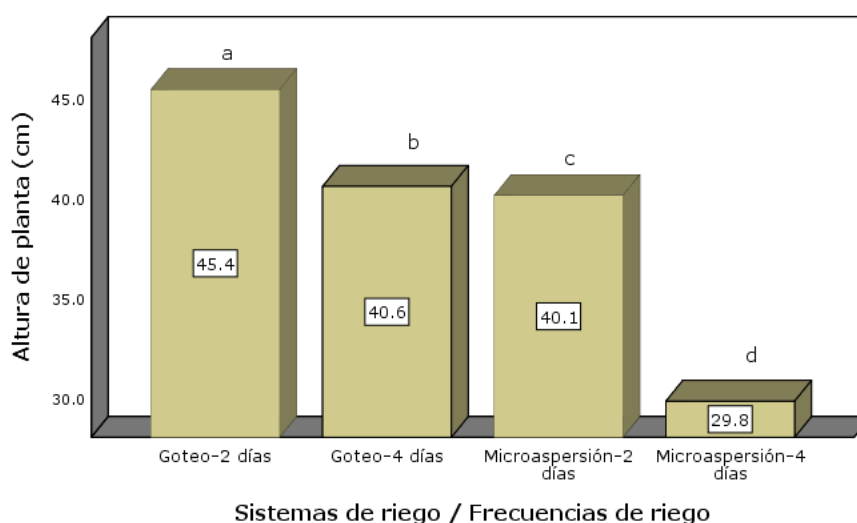


Figura 7. Diagrama de barras para la variable Altura de planta (cm) en semana 14

#### 4.2. Números de fruto por planta

La tabla 13 indica los datos correspondientes a la prueba de homogeneidad de varianzas de la variable número de frutos de planta, cuyos valores fueron tomados en la cosecha y ejecutados con la prueba de Levene al 5% de significancia estadística, de acuerdo con los resultados obtenidos se evidencia la presencia de heterogeneidad, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal y se aplican pruebas no paramétricas en este caso se realizó la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 13. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable número de frutos por planta

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	p-valor.
Número de frutos	Se basa en la media	23.053	3	209	.000
	Se basa en la mediana	12.644	3	209	.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	12.644	3	186.743	.000
	Se basa en la media recortada	22.101	3	209	.000

Fuente: Vega y Zambrano (2024)

La tabla 14 correspondiente al análisis de la prueba de Kruskal-Wallis indica que, si existen diferencias significativas, este resultado se fundamenta en el nivel de significancia convencionalmente establecido es 0.05, cuando comparamos los sistemas de riego por microaspersión y goteo en intervalos de 2 días (T1) y 4 días (T2), se confirma que existen diferencias evidentes entre los tratamientos.

Tabla 14. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable número de frutos por planta

<b>Muestra 1 – Muestra 2</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>p-valor.</b>
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 4 días</b>	31.532	2.570	.000	.046
<b>Microaspersión -4 días – Microaspersión 2 días</b>	87.509	7.517	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 2 días</b>	142.861	12.271	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Microaspersión -2 días</b>	55.977	4.739	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Goteo -2 días</b>	111.329	9.425	.000	.000
<b>Microaspersión – 2 días – Goteo 2 días</b>	55.352	4.755	.000	.000

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

En la figura 8 se crean cuatro subconjuntos heterogéneos que demuestra que el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días se evidenció la mejor respuesta en la variable número de frutos por planta, el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de riego a los 4 días manifiesta la cantidad más baja de número de frutos por planta, las diferentes letras difieren en estadísticamente para p-valor menor a 0.05

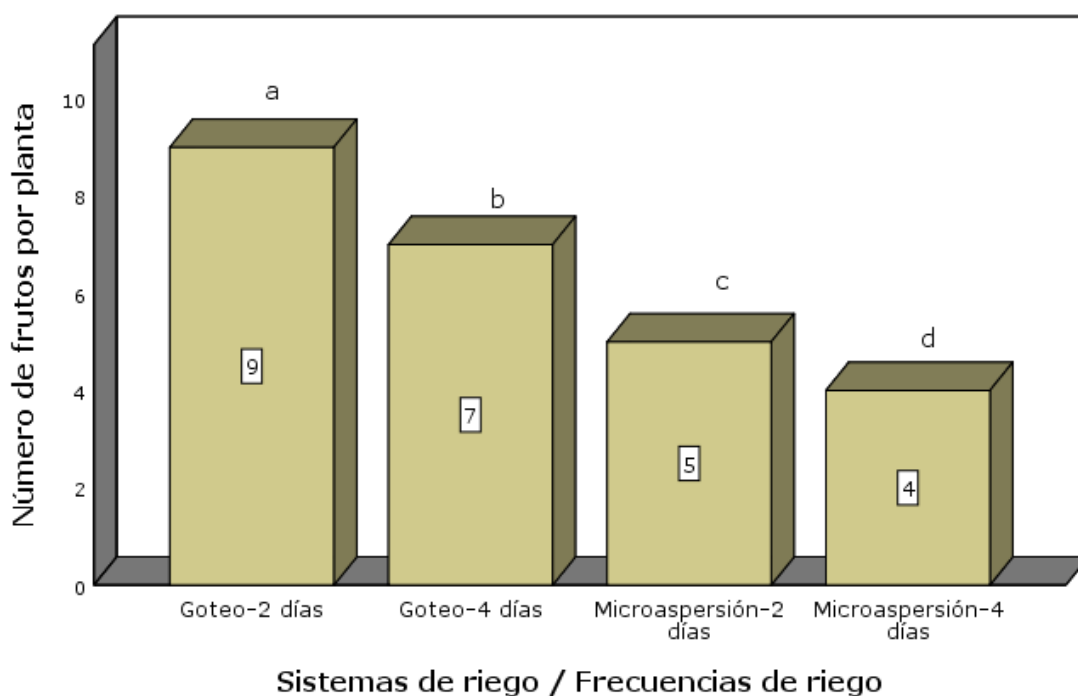


Figura 8. Diagrama de barras para la variable número de frutos por planta

#### 4.3. Peso del fruto (g)

En la tabla 16 se muestra los valores que corresponden a la prueba de homogeneidad de varianzas de la variable peso del fruto, los datos fueron medidos en la cosecha y ejecutados con la prueba de Levene al 5% de significancia estadística, de acuerdo con los resultados obtenidos se muestra la presencia de heterocedasticidad, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal y se aplican pruebas no paramétricas en este caso se realizó la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 16. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable peso del fruto

		<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>			
		<b>Estadístico de</b>			
		<b>Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>p-valor.</b>
<b>Peso de fruto (g)</b>	Se basa en la media	102,650	3	1338	,000
	Se basa en la mediana	102,330	3	1338	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	102,330	3	973,500	,000
	Se basa en la media recortada	102,560	3	1338	,000

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

La tabla 17 correspondiente al análisis de la prueba de Kruskal-Wallis indica que, si existen diferencias significativas, este resultado se fundamenta en el nivel de significancia convencionalmente establecido es 0.05, cuando comparamos los sistemas de riego por microaspersión y goteo en intervalos de 2 días (T1) y 4 días (T2), se confirma que existen diferencias evidentes entre los tratamientos.

Tabla 17. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable peso del fruto (g)

<b>Muestra 1 – Muestra 2</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>p-valor</b>
<b>Microaspersión -4 días – Microaspersión 2 días</b>	245.694	7.078	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 4 días</b>	569.929	17.639	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 2 días</b>	990.429	31.841	.000	.000
<b>Microaspersión -2 días – Goteo – 4 días</b>	324.235	10.466	.000	.000
<b>Microaspersión – 2 días – Goteo -2 días</b>	744.735	25.057	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Goteo 2 días</b>	420.500	15.645	.000	.000

---

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

En la figura 9 se crean cuatro subconjuntos heterogéneos que demuestra que el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días presenta la mejor respuesta en la variable peso del fruto, el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de riego a los 4 días representa el menor peso de los frutos, las diferentes letras difieren en estadísticamente para p-valor menor a 0.05

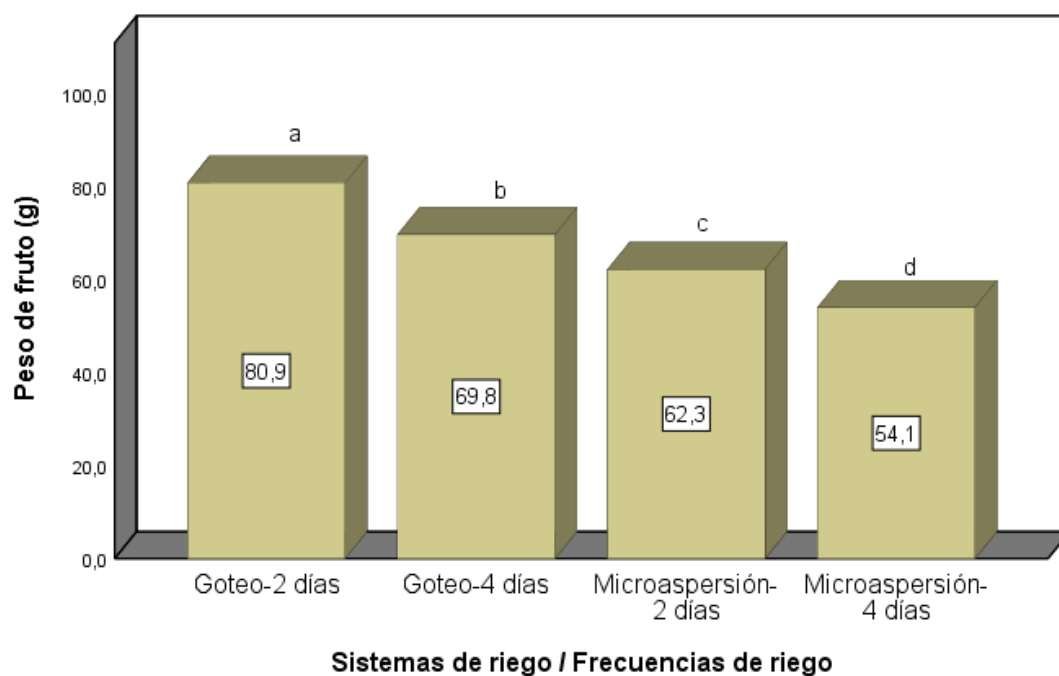


Figura 9. Diagrama de barras para la variable peso de fruto (g)

#### 4.4. Longitud del fruto (cm)

La tabla 19 muestra los valores que corresponden a la prueba de homogeneidad de varianzas de la variable longitud del fruto, cuyos datos fueron tomados en la cosecha y ejecutados con la prueba de Levene al 5% de significancia estadística, de acuerdo con los resultados obtenidos se evidencia la presencia de heterocedasticidad, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal y se aplican pruebas no paramétricas en este caso se realizó la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 19. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable longitud del fruto

		<b>Prueba de homogeneidad de varianzas</b>			
		<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>p-valor.</b>
<b>Longitud del fruto (cm)</b>	Se basa en la media	536,216	3	1338	,000
	Se basa en la mediana	442,046	3	1338	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	442,046	3	388,988	,000
	Se basa en la media recortada	524,704	3	1338	,000

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

La tabla 20 correspondiente al análisis de la prueba de Kruskal-Wallis indica que no existen diferencias significativas en el sistema de riego por goteo en un intervalo de riego de 4 días (T2) y el sistema de riego por microaspersión en un intervalo de 2 días (T1).

Tabla 20. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable longitud del fruto

<b>Muestra 1 – Muestra 2</b>	<b>Estadístico de contraste</b>	<b>Desv. Estadístico de contraste</b>	<b>Sig.</b>	<b>p-valor.</b>
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 4 días</b>	365.472	11.314	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Microaspersión 2 días</b>	393.589	11.341	.000	.000
<b>Microaspersión -4 días – Goteo 2 días</b>	867.841	27.586	.000	.000
<b>Goteo – 4 días – Microaspersión -2 días</b>	-28.117	-.908	.364	1.000
<b>Goteo – 4 días – Goteo -2 días</b>	492.369	18.324	.000	.000

**Microaspersión – 2 días – Goteo 2 días**

464.252

15.624

.000

.000

---

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

En la figura 10 se crean tres subconjuntos que demuestra que los sistemas de riego por goteo con un intervalo de 4 y microaspersión con un intervalo de 2 no presentan diferencias estadísticas significativas entre ambos intervalos de riego en cuanto al riego por goteo con un intervalo de riego a los 2 días es el presenta mayor longitud.

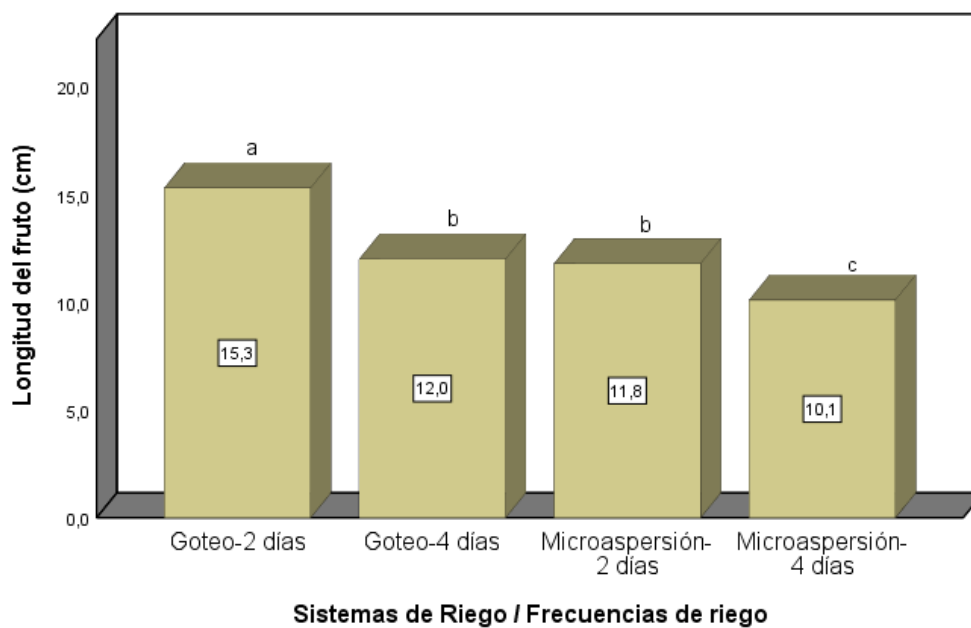


Figura 10. Diagrama de barras para la variable longitud del fruto



#### 4.5. Diámetro del fruto (mm)

En la tabla 22 se encuentran los valores que corresponden a la prueba de homogeneidad de varianzas de la variable diámetro del fruto, cuyos datos fueron tomados en la cosecha y ejecutados con la prueba de Levene al 5% de significancia estadística, de acuerdo con los resultados obtenidos se evidencia la presencia de heterogeneidad, lo que indica que los datos no siguen una distribución normal y se aplican pruebas no paramétricas en este caso se realizó la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 22. Prueba de homogeneidad de varianzas para la variable

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	p-valor.
<b>Diámetro del fruto (mm)</b>	Se basa en la media	58.456	3	1338	.000
	Se basa en la mediana	57.355	3	1338	.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	57.355	3	400.739	.000
	Se basa en la media recortada	58.189	3	1338	.000

Fuente: Vega y Zambrano (2024)

La tabla 23 que corresponde al análisis de la prueba de Kruskal-Wallis indica que, si existen diferencias significativas, este resultado se fundamenta en el nivel de significancia es establecido es 0.05, cuando comparamos los sistemas de riego por microaspersión y goteo en intervalos de 2 días (T1) y 4 días (T2), se confirma que existen diferencias evidentes entre los tratamientos.

Tabla 23. Prueba de Kruskal-Wallis para la variable diámetro del fruto

Muestra 1 – Muestra 2	Estadístico de contraste	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	p-valor
Microaspersión -4 días – Microaspersión 2 días	232.208	6.690	.000	.000
Microaspersión -4 días – Goteo – 4 días	544.208	17.155	.000	.000
Microaspersión -4 días – Goteo 2 días	977.067	31.417	.000	.000
Microaspersión – 2 días – Goteo – 4 días	322.000	10.395	.000	.000
Microaspersión – 2 días – Goteo -2 días	744.878	25.066	.000	.000

**Fuente:** Vega y Zambrano (2024)

La figura 11 nos muestra la presencia de cuatro subconjuntos heterogéneos y se evidencia que el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días presenta la mayor respuesta en la variable diámetro del fruto, el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de riego a los 4 días representa el menor valor de diámetro del fruto, las diferentes letras difieren estadísticamente para p-valor menor a 0.05

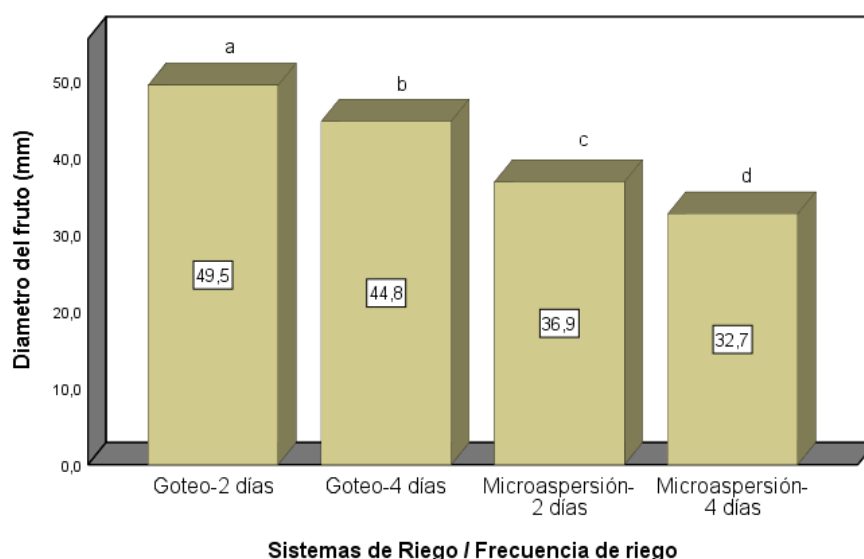


Figura 11. Diagrama de barras para la variable longitud del fruto

#### 4.6. Rendimiento por hectárea

A continuación, en la tabla 24 se demuestra el rendimiento expresado en kg/ha, el proceso para la obtención del respectivo rendimiento fue la sumatoria de los pesos de los frutos en gramos y transformados en kg/ha.

En esta tabla se evidencia que el sistema de riego por goteo en un intervalo de 2 días presentó el mayor rendimiento dando un total de 15758,3 kg/ha en este tratamiento se obtuvieron más frutos por consiguiente el peso del fruto fue mayor al momento de recolección de datos.

En el sistema de riego por goteo con un intervalo de 4 días y microaspersión con un intervalo de 2 días no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos.

El sistema de riego por microaspersión con un intervalo de 4 días es el que presentó el rendimiento más bajo en cuanto a producción.

Tabla 24. Rendimiento de los tratamientos

Tratamiento	Rendimiento kg/ha
Goteo -2 días	15758,3 a
Goteo- 4 días	7804,4 b
Microaspersión – 2 días	7955,2 b
Microaspersión – 4 días	5607,1 c

Fuente: Vega y Zambrano (2024)

En la figura 12 se evidencia la presencia de tres subconjuntos heterogéneos y se muestra que el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días presenta la mayor respuesta en la variable diámetro del fruto, el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de riego a los 4 días representa el menor valor de diámetro del fruto, las diferentes letras difieren en estadísticamente para p-valor menor a 0.05

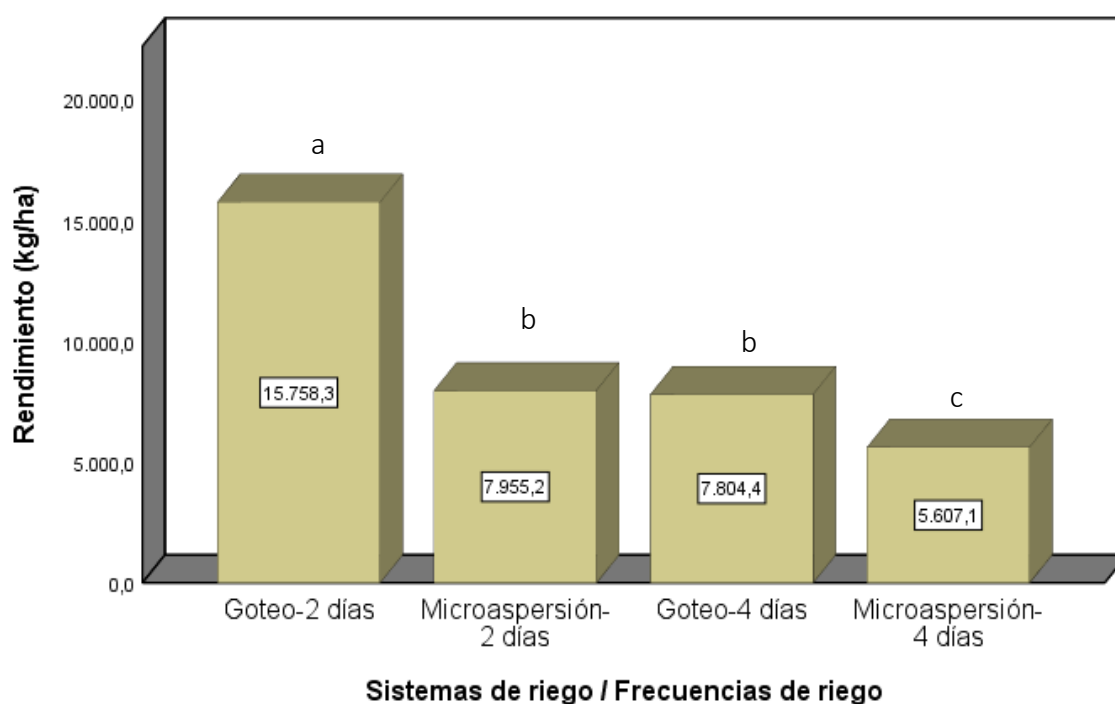


Figura 12. Diagrama de barras para la variable rendimiento

## 5. DISCUSIÓN

En la presente investigación se determinó el comportamiento agronómico del cultivo de pimiento, con los resultados obtenidos se discute a lo siguiente:

En la variable altura de planta expresada en cm se observó que el sistema de riego por goteo en un intervalo de 2 días (T1) alcanzó valores estadísticos altos a los 105 días después del trasplante se obtuvo un promedio de 45.4 cm demostrando que existe mayor disponibilidad de agua en el suelo y se encuentra a capacidad de campo, como resultado hay una mejor respuesta del cultivo en su desarrollo de acuerdo a lo que indica Guiracocha (2020) que a mayor frecuencia de riego para el cultivo mejor será su desarrollo en sus características fisiológicas. Por el contrario, en el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de 4 días (T2) presentó valores estadísticos bajos con un promedio de 29.8 cm.

En cuanto al número de frutos por planta se observó que el sistema de riego por goteo en un intervalo de 2 días alcanzó valores estadísticos altos con un promedio de 9 frutos por planta, el cual obtuvo mayor impacto en todo su ciclo vegetativo resultado que coincide con Villota (2014) quien obtuvo 9 frutos por planta de pimiento.

En los promedios del peso del fruto que fue obtenido en el sistema de riego por goteo en un intervalo de 2 días del tratamiento 1 fue de 80.9 gramos que tiene relación con Monge Pérez & Loría Coto (2023) y manifiestan que el rango varía entre 61.1 y 323 gramos.

En cuanto a los promedios de longitud del fruto se pudo demostrar que el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días (T1) presentó una mejor respuesta en comparación al resto de tratamientos con un promedio de 15.3 cm lo que concuerda con Munzón, Holguin, & Chávez (2022) que expresan que el promedio de longitud del fruto es de 13 cm aplicando sistema de riego por goteo.

Los promedios del diametro del fruto que se obtuvieron por el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días (T1) se evidenciaron valores estadísticos altos y se obtuvo un promedio de 49.5 mm en comparación con el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de 4 días (T2) que presenta un promedio de 32.7 mm.

En lo que respecta a los promedios de rendimiento se demostró que el tratamiento 1 que corresponde al sistema de riego por goteo con un intervalo 2 días presentó un alto rendimiento en comparación al T2, teniendo un valor estadístico de 15758,3 kg /ha, en el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de 4 días presento un valor estadístico bajo de 5607,1 kg /ha lo que concuerda con El-Hady & Wanas (2006) que el rendimiento aumenta exponencialmente en mayor cantidad de agua de riego, esto se debe a que existe un mayor porcentaje de humedad en el suelo.

## 6. CONCLUSIONES

En cuanto a la frecuencia de riego se confirma la influencia significativa de la misma en el desarrollo del cultivo de pimiento. Se observa que el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días (T1) favorece el crecimiento de las plantas, expresado en una mayor altura (45.4 cm) y un número significativo de frutos por planta (promedio de 9 frutos). Estos resultados respaldan el objetivo específico de determinar la eficiencia de la frecuencia de riego en el cultivo de pimiento, mostrando que una mayor frecuencia de riego, en este caso, cada 2 días, resulta en un desarrollo más óptimo de la planta.

Realizando la comparación entre los sistemas de riego, se demuestra que el sistema de riego por goteo (T1) supera al sistema de microaspersión (T2) en varios aspectos. El primero no solo proporciona una mayor altura y número de frutos, sino que también se refleja en un peso promedio del fruto significativamente mayor (80.9 gramos), longitud del fruto (15.3 cm), y diámetro del fruto (49.5 mm).

En base a los resultados de rendimiento, el sistema de riego por goteo con un intervalo de 2 días (T1) mostró un alto rendimiento con un valor estadístico de 15758.3 kg/ha, en comparación con el sistema de riego por microaspersión con un intervalo de 4 días (T2) que presentó un rendimiento significativamente menor (5607.1 kg/ha). Estos resultados respaldan la hipótesis de que la frecuencia de riego y el tipo de sistema de riego tienen un impacto directo en la productividad del cultivo de pimiento bajo invernadero.

## **7. RECOMENDACIONES**

De acuerdo al trabajo investigativo realizado, efecto del fertirriego para el cultivo de pimiento bajo dos sistemas de riego en invernadero en el cultivo de pimiento, se recomienda lo siguiente:

Se recomienda realizar un estudio previo al suelo en la zona, para medir la infiltración de la humedad y tener conocimiento de las respectivas necesidades del suelo.

Se recomienda un monitoreo regular de las condiciones del cultivo y ajustes en el programa de riego según sea necesario. La adaptabilidad a las necesidades específicas de las plantas contribuirá al máximo rendimiento y calidad del cultivo.

Al planificar el sistema de riego, es esencial tener en cuenta el rendimiento del cultivo. El sistema de riego por goteo con intervalo de 2 días mostró un rendimiento significativamente superior, respaldando la importancia de esta variable en la toma de decisiones.



## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceves, E. (1979). *El ensalitramiento de los suelos bajo riego (identificación, control, combate y adaptación)*. Chapingo, México: Colegio de Postgraduados.
- Agropecuaria Terranova. (2001). *Enciclopedia: Producción agrícola*. Bogota.
- Alarcon, A. (S.F). *Fertirrigación del pimiento dulce en invernadero*. España.
- Alarcón, A. (S.F.). *Fertirrigación del pimiento dulce en invernadero. Compendios de horticultura*, 45-52.
- Ayers, R., & Westcot, D. (1994). *Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage*. Roma, Italia.
- Baptista, F., Bayley, B., Meneses, J., & Navas, L. (2010). Greenhouses climate modelling. Tests, adaptation and validation of a dynamic climate model. *Spanish Journal of agricultural research*, 8(2), 285-298. doi:ISSN: 1695-971-X
- Burgueño. (1999). . *La fertigración en cultivos con acolchado plástico*. Vol. 2 Burgas S.A de C.V pp 10-15. .
- Cabrera , G., & Tapuy, J. (2021). *Evaluación de tres dosis de micorrizas en el cultivo de pimiento (Capsicum annuum) (Tesis de pregrado)*. La Maná, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Calvache, M. (2006). *Fertirriego en Ecuador, presente y futuro*. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo .
- Cedeño. (1993). *Respuesta a la Dosificación de Nutrientos en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Tomate (Lycopersicon esculentum MILL.) bajo Condiciones de Invernadero*. México: Tesis Licenciatura. División de Agronomía. Departamento de Horticultura. UAAAN.
- CIQA. (2001). *Manual de Fertirrigación*. . Centro de Investigación en Química Aplicada.
- Coexphal. (3 de marzo de 2014). *Ficha nutricional de pimiento*. Recuperado el 26 de Febrero de 2024, de Coexphal: <https://coexphal.wordpress.com/2014/03/03/ficha-nutricional-de-pimiento/>
- El-Hady, S., & Wanas, A. (2006). Water and fertilizer used efftciency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogel. *ournal of Applied Sciences Research.*, 2(12), 1293-1297. Obtenido de <http://www.aensiweb.com/old/jasr/jasr/2006/1293-1297.pdf>
- Estefania, L. G. (2023). *Efecto de la fertirrigación sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea Mays L.) en el cantón Santa Lucía*. Santa Lucía: Universidad Agraria Del Ecuador.
- FAO. (2015). *Programa de acción Internacional sobre el agua y el desarrollo agrícola sostenible*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/003/t0800s/t0800s09.htm>
- FAO. (2020). *Producción/Rendimiento de Chiles, Pimientos Picantes, Pimientos (Verdes) En Mundo*. FaoStat.

- Florián, M. P., & Montero, J. I. (2002). *El cultivo protegido en clima mediterráneo Roma: dirección de producción y protección vegetal*. Fao Organiz.
- Garces Acosta, J. E. (2023). *Conocimiento, manejo y uso de agrobiodiversidad en 3 provincias de la sierra ecuatoriana como aporte a la adaptación al cambio climático*. Sede Ecuador: Universidad Andina Simón Bolívar.
- Gil, I. V., Sánchez, F. d., & Miranda, I. V. (2003). *Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero*. Chapingo, México.: Serie de publicaciones Agibot.
- Guiracocha, K. (2020). *Evaluación para el uso eficiente del agua de riego en la producción del cultivo de pimiento (Capsicum Annum)*. Guayaquil, Ecuador.
- Guzmán, J. (2017). *El cultivo de pimiento y el ají*. Caracas, Venezuela.: Espasande S.R.I.
- Jiménez, U., Campos, H., Vicente, J., Marín, S., Barrantes, L., & Carrillo, M. (2007). *Agrocadena regional: Cultivo del chile dulce*. Grecia, Alajuela, Costa Rica.: Dirección Regional Central Occidental, Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- León, M. (2014). *Efecto de diferentes láminas de riego en el comportamiento productivo del pimiento (Capsicum Annum L.) en la Península de Santa Elena*. Santa Elena .
- Lituma Calle, J. (2005). *Efecto de los nemátocidas nemanen, econem, nematron y NET-X; sobre Meloidogyne incógnita en el cultivo de pimiento (Capsicum Annum L), en la zona de Milagro*. Provincia del Guayas: Universidad Agraria del Ecuador.
- Lopez. (2006). *Los sistemas de riego por goteo, p.2.* .
- Luna, F. R. (2020). *Respuesta ecofisiológica del pimiento morrón a la frecuencia de fertirriego y al volumen de suelo sustituido por perlita en la zona radicular de la planta*.
- Maroto, B. J. (2002). Horticultura herbácea especial. *Mundi-Prensa*, 702.
- Medrano H, Bota, J., Cifre, J., Flexas, M., Ribas, c., & Gulías, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones geográficas*, 63-84.
- Mendoza, & Zambrano. (2010). *Efecto agroproductivo de tres bioestimulantes aplicados en la etapa postrasplante en el cultivo de pimiento (Capsicum annum) en el valle del Rio Carrizal, p.4*.
- Monge Pérez, J., & Loría Coto, M. (2023). Híbridos de pimiento (Capsicum Annum L.); evaluación agronómica. *Revista de I+D tecnológico*, 19(2), 76-81. Obtenido de <http://revistas.utp.ac.pa>
- Munzón, M., Holguin, B., & Chávez, G. (15 de Enero de 2022). Respuesta agronómica de cultivo de pimiento (Capsicum annum L) a dos condiciones de riego. 1-8. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience>
- Ortega, Farías, & Acevedo. (2013). *Programación del riego en sistemas por surco y goteo*. Recuperado el 29 de Febrero de 2024, de [http://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=factores%2Bclimaticos%2B](http://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=factores%2Bclimaticos%2B)
- Osorio. (2003). *El cultivo de chile dulce. Guía Técnica*. San Salvador, El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria .

- PROAIN. (03 de Septiembre de 2020). *PROAIN Tecnología agrícola*. Recuperado el 29 de Febrero de 2024, de Frecuencias y tiempos de riego para los cultivos agrícolas: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/frecuencia-y-tiempos-de-riego-para-los-cultivos-agricolas>
- Qiushi , F., Hongling , L., Jian, C., & YanDong, G. (2009). Effects of water stress on photosynthesis and associated physiological characters of *Capsicum Annum L.* *Scientia Agricultura Sinica*, 42(5), 1859-1866.
- Reyes. (2010). *Determinacion de parámetros de riego para el cultivo de cebolla de bulbo en el distrito de riego de alto chicamocha*. Bogota, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Richards, L. (1985). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. México: Quinta reimpresión. Limusa. USDA.
- Rincón, L. (2003). La fertirrigación del tomate y del pimiento grueso. *Vida Rural*, 36-40.
- Rivera Oquendo, J. A., & Villareal Yepes, D. (2021). *Desarrollo de un sistema de monitoreo y control de riego de agua aplicado a cultivos de café en un sistema a pequeña escala*.
- Rodríguez, D. (2004). Problemática en el manejo del fertirriego. *Seminario Internacional De Fertirriego*, 10-39.
- Shukla, M., Sadhu, A. C., Chinchmalatpure, A. R., Prasad, I., hrvan, & Camus, D. (2018). *Fertigation – Modern Technique of Fertilizer Application*. Bharuch - India: Indian Farmer.
- Solis, Á. (2016). *El pimiento en invernadero con fertirrigación*. México.
- Valencia. (2009). *Efecto del riego deficitario controlado en la producción del cultivo de pimiento (Capsicum annum), en el cantón Babahoyo*. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo.
- Villegas, L. (2013). *Influencia en aplicación en aplicación de diferentes láminas de riego sobre el desarrollo vegetativo y producción de (Capsicum Annum L.)*.
- Villota, J. (2014). *Comportamiento agronómico de dos híbridos de pimiento (Capsicum Anuum L.) con 3 niveles de nitrógeno* . Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Wittwer , S., & Castilla , N. (1995). Protected Cultivation of horticulture crops worldwide. *Hort Technology*, 5(1), 6-22.
- Zapata, A., & Gasselin, P. (2005). *El riego en el Ecuador: Problemática, debate y política*. Quito - Ecuador: CAMARE.
- Zúñiga, E., Martínez, H., Baca, C., Martínez , G., Tirado, T., & Kohashi, S. (2004). Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Agrociencia*, 38(2), 207-218.

## ANEXOS



Figura 13 Desinfección del suelo



Figura 14 Recolección de Humus





Figura 15 Siembra en bandejas germinadora



Figura 16 Arado de suelo



Figura 17 Formación de surcos.



Figura 18 Instalación de sistemas de riego.





*Figura 19* Trasplante



*Figura 20* Medición del tanque evaporímetro



Figura 21 *Floración del cultivo*



Figura 22 *Toma de datos*





Figura 23 Cosecha del cultivo

VARIABLES\_ALTURA.sav [ConjuntoDatos2] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	SIST_RIEGO	FRECUENCIAS	SEMANAS	ALT_PLANTA	FF	var	var	var	var	var	var
1	Goteo	2 días	S-1	5,5	Goteo-2 días						
2	Goteo	2 días	S-1	5,2	Goteo-2 días						
3	Goteo	2 días	S-1	5,8	Goteo-2 días						
4	Goteo	2 días	S-1	5,4	Goteo-2 días						
5	Goteo	2 días	S-1	5,9	Goteo-2 días						
6	Goteo	2 días	S-1	5,1	Goteo-2 días						
7	Goteo	2 días	S-1	5,9	Goteo-2 días						
8	Goteo	2 días	S-1	5,2	Goteo-2 días						
9	Goteo	2 días	S-1	6,0	Goteo-2 días						
10	Goteo	2 días	S-1	5,7	Goteo-2 días						
11	Goteo	2 días	S-1	6,0	Goteo-2 días						
12	Goteo	2 días	S-1	5,9	Goteo-2 días						
13	Goteo	2 días	S-1	5,8	Goteo-2 días						
14	Goteo	2 días	S-1	6,0	Goteo-2 días						
15	Goteo	2 días	S-1	5,4	Goteo-2 días						
16	Goteo	2 días	S-1	5,8	Goteo-2 días						
17	Goteo	2 días	S-1	5,5	Goteo-2 días						
18	Goteo	2 días	S-1	5,8	Goteo-2 días						
19	Goteo	2 días	S-1	5,5	Goteo-2 días						
20	Goteo	2 días	S-1	5,6	Goteo-2 días						
21	Goteo	2 días	S-1	5,7	Goteo-2 días						
22	Goteo	2 días	S-1	6,0	Goteo-2 días						
23	Goteo	2 días	S-1	5,3	Goteo-2 días						

Vista de datos Vista de variables

Ve a Configuración

Figura 24 Matriz de datos en SPSS