



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**EXTENSIÓN LA MANÁ**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“FERTIRRIGACIÓN PARA EL CULTIVO DE AJÍ (*Capsicum  
annuum*) MEDIANTE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN  
LA MANÁ”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Agrónomo

**Autores:**

Kevin Stiven Flores Paucar  
Anderson Efraín Miranda Calero

**Tutor:**

Ing. Alex Enrique Salazar Saltos. Msc.

**LA MANÁ-ECUADOR**  
**AGOSTO-2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Flores Paucar Kevin Stiven, con cédula de ciudadanía No. 1755217146, Miranda Calero Anderson Efraín, con cédula de ciudadanía No. 0503708018 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “FERTIRRIGACIÓN PARA EL CULTIVO DE AJÍ (*Capsicum annuum*) MEDIANTE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN LA MANÁ”**, siendo el Ing. Alex Salazar Saltos Msc. Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

La Maná, agosto del 2024



Flores Paucar Kevin Stiven  
C.C: 1755217146




Miranda Calero Anderson Efraín  
C.C: 0503708018

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“FERTIRRIGACIÓN PARA EL CULTIVO DE AJÍ (*Capsicum annuum*) MEDIANTE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN LA MANÁ”**, de Flores Paucar Kevin Stiven; Miranda Calero Anderson Efraín, de la carrera de Agronomía, consideramos que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, agosto del 2024



Ing. Alex Enrique Salazar Saltos Msc.

C.C: 1803595584

**TUTOR**

## APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Extensión La Maná; por cuanto, los postulantes: Flores Paucar Kevin Stiven ; Miranda Calero Anderson Efraín, con el título del Proyecto de Investigación: **“FERTIRRIGACIÓN PARA EL CULTIVO DE AJÍ (*Capsicum annuum*) MEDIANTE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN LA MANÁ”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

La Maná, agosto del 2024

Para la constancia firman:

  
MSc. Kleber Augusto Espinosa Cunuhay.  
C.I.: 0502612740  
**LECTOR (PRESIDENTE)**

  
MSc. López Bósquez Jonathan Bismar  
C.I. 1205419292  
**LECTOR 1 (MIEMBRO)**

  
MSc. Macías Pettao Klever Ramón  
C.I. 0910743285  
**LECTOR 2 (SECRETARIO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar un agradecimiento primeramente a dios y luego a nuestros padres y familiares que nos apoyaron a lo largo de esta carrera universitaria hasta llegar a este logro que es muy importante para nosotros, Por último, agradecer a la universidad que nos han permitido estudiar en sus aulas de aprendizaje, pero al mismo tiempo nos ha permitido obtener nuestro ansiado título. Agradezco a cada ingeniero por su trabajo y enseñanza, sin lo cual no estaríamos en las bases de concomimiento ni las condiciones para aprender y adquirir nuevos conocimientos.*

**Kevin  
Anderson**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres que me han inculcado principios y valores para ser una persona de bien, por su amor y apoyo incondicional, por ser mi ejemplo para seguir adelante y culminar mi carrera profesional.*

*A mis hermanos, mis mejores amigos, gracias por formar parte de mi vida de aprendizaje, por haber creído en mí y gracias por su amistad y colaboración.*

*A mi hija por ser mi más grande motivación, por su amor y ser la razón de mi vida, a ella, este logro.*

*A mí mismo por el sacrificio, perseverancia y dedicación.*

**Kevin**

## **DEDICATORIA**

*Dedico mi proyecto de grado a toda mi familia, en especial a mis padres por su comprensión y ayuda en malos y buenos momentos de mi carrera universitaria Y que ellos me han enseñado a encarar las adversidades de la vida sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con un gran amor y sin pedir nunca nada a cambio, Ellos son mi referencia para el presente y para el futuro.*

**Anderson**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## EXTENSIÓN LA MANÁ

**TÍTULO: “FERTIRRIGACIÓN PARA EL CULTIVO DE AJÍ (*Capsicum annuum*)  
MEDIANTE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN LA MANÁ”**

**Autores:**

Flores Paucar Kevin Stiven  
Miranda Calero Anderson Efraín

### RESUMEN

La presente investigación fue realizada en el Sector Recta de Vélez, del Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi, cuyo objetivo principal fue aplicar la fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) mediante un sistema de riego por goteo, por lo que se utilizó un diseño DBCA con cuatro tratamientos (soluciones minerales) mismas que fueron Nitrato de amonio, Fosfato Mono amónico y Nitrato de potasio, cinco repeticiones, además, se evaluaron variables agronómicas de gran importancia como fueron: altura de planta (cm), número de hojas (unidad), número de flores, diámetro ecuatorial del fruto (cm), diámetro del tallo, número de botones, peso del fruto (gr), largo del fruto (cm), número de frutos cosechados y rendimiento (kg/ha). En lo que respecta los resultados el T1 solución mineral al 120% fue la que obtuvo resultados superiores en las variables altura de planta con un valor de 85,14 cm, número de hojas con 140,25 unidades, número de flores 6,65, diámetro ecuatorial del fruto con 1,57 cm y número de botones con 10,90 unidades, en lo que respecta al diámetro del tallo el de mayor respuesta fue el T2 solución mineral al 100% con un valor de 1,16 cm, en el peso del fruto el T4 solución mineral al 60% obtuvo un peso de 75,75 g, largo del fruto con 12,73 cm, número de frutos 9,30 unidades y rendimiento con un promedio de 11362,50 kg/ha. En el caso del análisis económico el tratamiento con la solución al 60% fue el que mayor producción obtuvo con 11362,50 kg/ha, rindiendo un valor de \$ 33519,38 por hectárea, presentando una rentabilidad del 35%, demostrando que la fertirrigación es una alternativa fiable para la producción de ají.

**Palabras claves:** Fertirrigación, soluciones, variables, rendimiento, rentabilidad.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## EXTENSION LA MANA

**THEME: FERTIRRIGATION FOR THE CULTIVATION OF CHILI (*Capsicum annuum*) USING A DRIP IRRIGATION SYSTEM IN LA MANA.**

**Authors:**

Flores Paucar Kevin Stiven  
Miranda Calero Anderson Efraín

### ABSTRACT

This research was carried out in the Recta de Vélez Sector, Pujilí Canton, Cotopaxi Province, whose main objective was to apply fertigation for the cultivation of chili pepper (*Capsicum annuum*) through a drip irrigation system, for which a DBCA design was used with four treatments (mineral solutions) which were ammonium nitrate, monoammonium phosphate and potassium nitrate, five repetitions, in addition, agronomic variables of great importance were evaluated such as: plant height (cm), number of leaves (unit), number of flowers, equatorial diameter of the fruit (cm), stem diameter, number of buds, fruit weight (gr), fruit length (cm), number of fruits harvested and yield (kg / ha). Regarding the results, the T1 120% mineral solution was the one that obtained the best results in the variables plant height with a value of 85.14 cm, number of leaves with 140.25 units, number of flowers 6.65, equatorial diameter of the fruit with 1.57 cm and number of buds with 10.90 units, regarding the stem diameter the best was T2 100% mineral solution with a value of 1.16 cm, in the fruit weight the T4 60% mineral solution obtained a weight of 75.75 g, fruit length with 12.73 cm, number of fruits 9.30 units and yield with an average of 11362.50 kg / ha. In the case of the economic analysis, the treatment with the 60% solution was the one that obtained the highest production with 11,362.50 kg/ha, yielding a value of \$33,519.38 per hectare, presenting a profitability of 35%, demonstrating that fertirrigation is a reliable alternative for the production of chili pepper.

**Keywords:** Fertirrigation, solutions, variables, yield, profitability.

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
APROBACION DEL TRIBUNAL DE TITULACION.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
6. OBJETIVOS .....	5
6.1. Objetivo General.....	5
6.2. Objetivos Específicos .....	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ..	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....	7
8.1. Cultivo de ají .....	7
8.2. Propiedades medicinales del ají.....	7
8.3. Producción del cultivo de ají .....	8
8.4. Importancia económica del ají habanero .....	8
8.5. Variedades de ají .....	9
8.5.1. Ají habanero .....	9
8.5.2. Ají Jalapeño .....	9
8.6. Producción de ají habanero en Ecuador .....	9
8.7. Taxonomía del cultivo de ají .....	10
8.8. Descripción botánica del cultivo de ají.....	10
8.9. Propiedades y beneficios del ají .....	11
8.10. Requerimientos edafoclimáticos del ají.....	11
8.11. Fertirrigación .....	12
8.12. Soluciones minerales .....	13

8.13.	Fertilizantes para el fertirriego .....	13
8.13.1.	Nitrato de potasio .....	14
8.13.2.	Nitrato de amonio .....	14
8.13.3.	Fosfato mono potásico.....	15
8.13.4.	Micronutrientes.....	15
8.14.	Compatibilidad química entre fertilizantes solubles .....	16
8.15.	Sistema de riego por goteo .....	16
8.15.1.	Componentes de un equipo de riego por goteo .....	17
8.15.2.	Grupo de presión .....	17
8.15.3.	Equipo de filtrado .....	17
8.15.3.1.	Decantadores .....	18
8.15.3.2.	Hidrociclón .....	18
8.15.3.3.	Filtros de arena .....	18
8.15.3.4.	Filtro de malla.....	18
8.15.3.5.	Filtro de anillos.....	19
8.16.	Equipos de inyección de fertilizante (fertirrigación).....	19
8.16.1.	Tanques de fertilización.....	19
8.16.2.	Inyectores Venturi .....	19
8.17.	Cintas de riego .....	19
8.18.	Diseño agronómico.....	20
8.19.	Antecedentes de investigación .....	21
9.	HIPOTESIS .....	24
10.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	25
10.1.	Ubicación y duración del ensayo.....	25
10.2.	Tipo de investigación .....	25
10.2.1.	Investigación experimental.....	25
10.2.2.	Investigación bibliográfica .....	25
10.3.	Condiciones agro meteorológicas.....	25
10.4.	Materiales y equipos.....	26
10.5.	Tratamientos en estudio.....	26
10.6.	Diseño experimental .....	27
10.7.	Tratamientos en estudio.....	27
10.8.	Esquema del experimento.....	27
10.9.	Análisis de varianza.....	28

10.10.	Procesamiento y análisis de la información recolectada .....	28
10.11.	Manejo del ensayo .....	28
10.11.1.	Determinación de los Requerimientos Hídricos .....	29
10.11.2.	Evapotranspiración .....	29
10.11.3.	Frecuencia de riego.....	30
10.11.4.	Tiempo de riego.....	30
10.11.5.	Programación de riego.....	30
10.11.5.1.	Estudios de topografía .....	32
10.11.5.2.	Consideraciones y criterios el trenzado y rediseño de la conducción principal .....	32
10.11.5.3.	Parámetros de rediseño para la conducción principal .....	32
10.11.5.4.	Diseño hidráulico.....	34
10.11.6.	Fertirriego .....	35
10.12.	VARIABLES A EVALUAR .....	36
10.12.1.	Altura de planta (cm).....	36
10.12.2.	Número de hojas (unidad) .....	36
10.12.3.	Diámetro del tallo (cm) .....	37
10.12.4.	Número de botones.....	37
10.12.5.	Número de flores .....	37
10.12.6.	Diámetro ecuatorial del fruto (cm) .....	37
10.12.7.	Peso del fruto (g) .....	37
10.12.8.	Largo del Fruto (cm) .....	37
10.12.9.	Número de frutos cosechados por tratamiento .....	37
10.12.10.	Rendimiento .....	38
10.12.11.	Análisis Económico.....	38
11.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	39
11.1.	Altura de planta .....	39
11.2.	Número de hojas (Unidad) .....	40
11.3.	Número de flores .....	40
11.4.	Diámetro ecuatorial del fruto (cm) .....	41
11.5.	Diámetro del tallo (cm) .....	42
11.6.	Número de botones.....	43
11.7.	Peso del fruto (g) .....	43
11.8.	Largo del fruto (cm) .....	44
11.9.	Número de frutos cosechados por tratamiento .....	45

11.10. Rendimiento kg/ha.....	45
11.11. Análisis económico .....	47
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS) .....	48
13. PRESUPUESTO.....	49
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	50
15. BIBLIOGRAFÍA .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas entorno a los objetivos planteados .....	6
Tabla 2. Taxonomía del ají ( <i>Capsicum annuum</i> ). .....	10
Tabla 3. Condiciones agrometeorológicas del sector .....	25
Tabla 4. Materiales y equipos.....	26
Tabla 5. Descripción de los tratamientos.....	27
Tabla 6. Esquema del experimento.....	28
Tabla 7. Análisis de varianza.....	28
Tabla 8. Programación del riego utilizado en la investigación.....	31
Tabla 9. Coeficiente de Hazen - Williams para algunos materiales .....	33
Tabla 10. Diseño hidraulico.....	34
Tabla 11. Tasa de inyección .....	35
Tabla 12. Requerimientos nutricional y agua en el cultivo de ají .....	35
Tabla 13. Requerimiento de nutrientes del cultivo de ají .....	36
Tabla 14. Fertirrigación para los tratamientos.....	36
Tabla 15. Altura de planta en la fertirrigación para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ) .....	39
Tabla 16. Número de hojas en la fertirrigación para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ).....	40
Tabla 17. Número de flores en la fertirrigación para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ) ...	41
Tabla 18. Diámetro ecuatorial del fruto en la fertirrigación para el cultivo de ají .....	42
Tabla 19. Diámetro del tallo en la fertirrigación para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ) ...	42
Tabla 20. Número de botones en la fertirrigación para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ).....	43
Tabla 21. Peso de fruto en la fertirrigación para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ) .....	44
Tabla 22. Largo de fruto en la fertirrigación para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ).....	44
Tabla 23. Número de frutos cosechados en la fertirrigación para el cultivo de ají .....	45
Tabla 24. Rendimiento en la fertirrigación para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ) .....	46
Tabla 25. Análisis económico de los tratamientos en estudio .....	47
Tabla 26. Presupuesto de la investigación.....	49

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del proyecto:**

Fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná.

**Fecha de inicio:** abril 2024

**Fecha de finalización:** agosto 2024

**Lugar de ejecución:** La Maná – Cotopaxi – Ecuador

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**Carrera que auspicia:** Agronomía

**Proyecto de Investigación:** Sector Agrícola

**Equipo de Trabajo:**

**Autor 1:** Flores Paucar Kevin Stiven

**Autor 2:** Miranda Calero Anderson Efraín

**Tutor:** Ing. Salazar Saltos Alex Enrique. Msc.

**Área de Conocimiento:** Agricultura, silvicultura y pesca

**Línea de Investigación:** Tecnologías agrícolas

**Sublínea de Investigación:** Tecnología para la agricultura

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El ají es un elemento esencial para la cocina y la gastronomía del Ecuador, este cultivo que presenta una alta demanda en plazas, mercados y supermercados, por lo que a nivel nacional se lo puede cultivar en cualquier época del año, siempre y cuando se mantenga un buen riego, razón por que en épocas de lluvia es la más óptima debido a la gran presencia de humedad, temperatura y luminosidad, lo que favorece el rendimiento de los cultivos (Soria J. , 2022).

El ají en Ecuador es muy importante siendo uno de los vegetales más utilizados como alimento y especia, este vegetal aporta beneficios positivos para la salud, brindando los efectos biológicos al organismo del ser humano, esto debido a la gran variedad de estructuras en sus compuestos químicos, lo que proporciona bienestar y salud a sus consumidores (Intriago & Valencia, 2023).

Por lo tanto, la fertirrigación es una de las técnicas agrícolas de excelencia, aportando una gran maximización y a su vez la reducción de la contaminación ambiental, por lo que, al incrementar la eficiencia del uso de fertilizantes, aumenta los beneficios económicos de las inversiones en los fertilizantes, además, la aplicación y concentración de los fertilizantes aplicados son de fácil manejo (Kafkafi & Tarchitzky, 2013). Es decir, la fertirrigación es una opción para el incremento del rendimiento de los cultivos, brindando alternativas para que los productores tengan mayor conocimiento sobre los beneficios que presenta.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La producción de ají en las últimas décadas ha tenido un incremento, esto se debe al incremento en la demanda de las diferentes variedades de ajís, siendo el jalapeño y habanero los que más se consumen, mientras los ajíes nacionales son pocos utilizados en las diferentes industrias, pero ese tipo de ají son muy utilizados en casas y restaurantes lo que hace que su producción vaya en aumento en todo el territorio nacional (Lema, 2018).

Los sistemas de riego por goteo son de gran aporte en la agricultura, debido a que su aplicación es localizada, siendo un sistema utilizado hace mucho tiempo en cultivos bajo cubierta, en la actualidad el sistema de riego por goteo aporta un gran beneficio en la agricultura, por lo que en la actualidad existen varias formas de automatización con la utilización de tecnologías de bajo costo, logrando la obtención de una rentabilidad y resultados favorables, lo que hace que

se satisfaga la demanda hídrica que llegue a tener el cultivo, por lo que la pérdida de agua por medio de la evaporación directa es mucho más baja (Franco, 2018).

La horticultura en Ecuador ha sufrido un incremento paulatino a partir de la década de los 90's, este incremento es debido al aumento en el consumo de hortalizas, por sus propiedades nutricionales y su alto régimen de ganancias lo que hace de este cultivo una producción de gran interés (Sánchez D. , 2017). Santo domingo de los Tsáchilas tiene una producción de 316 ha, por lo que brinda grandes oportunidades en el mercado nacional como internacional (Haro & Valarezo, 2022).

En el cantón La Maná cuenta con las condiciones climáticas idóneas para la producción del ají, por ende, los resultados de la presente investigación buscan beneficiar a los agricultores y demás personas que están relacionadas con la agricultura, ya que ofrecen opciones para la producción del ají, teniendo información sobre la fertirrigación, con ellos tendrán referencia de como orientarse al momento de la toma de decisiones sobre la tecnología de producción del cultivo. Por ello, el presente trabajo de investigación denominado Fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná, ayudará con técnicas avanzadas a los agricultores en el rendimiento de sus cultivos.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

El presente estudio buscó como **beneficiarios directos** a los agricultores/ productores de la zona de la Recta de Vélez, donde se realizó la investigación, quienes podrán emplear estas recomendaciones de producción en sus cultivos durante su crecimiento, conservando su área productiva como es el suelo al utilizar de forma correcta el sistema de riego por goteo.

Los **beneficiarios indirectos** son los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, quienes, mediante la investigación y el ensayo, logran adquirir conocimientos reales que fortalecen los teóricos en base no solo a labores sino a fertilización.

## 5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La producción del cultivo de ají a nivel mundial ha presentado un gran impacto, lo que se evidencia en el aumento de los productores en sus diferentes especies nativas que se pueden encontrar, así mismo, el uso no moderado de insumos ha perjudicado al medio ambiente, causando bloqueos en los suelos, lo que causa que los minerales que se encuentran en el suelo ya no son asimilables, por lo que ya no se puede acceder a ellos, el uso de fertilizantes convencionales han sido utilizados de mala manera, lo que ha generado efectos negativos en el medio ambiente (Cedeño & Vasconez, 2023).

Además, la ausencia de la información sobre las características y sobre la fertirrigación, hace que no se conoce con precisión variables esenciales para la toma de decisiones como lo son el caudal disponible, la superficie regada y cuál es la efectividad regada, así como la falta de información sobre la eficiencia del uso de agua o a los niveles de incorporación de tecnologías en los sistemas de riego (Gaybor, 2018).

Los inconvenientes que se presentan en el manejo del fertirriego son el mal manejo o a su vez el desconocimiento de la nutrición del cultivo, otro factor que se puede presentar es la inadecuada aplicación de sustancias incompatibles, lo que hace que al reaccionar con el agua llegan a presentarse unos compuestos insolubles, por lo que, es necesario tener en cuenta los fertilizantes ya sean macronutrientes o micronutrientes, con el fin de brindar un adecuado fertirriego a los cultivos (Pino & Barrera, 2022).

En el cantón La Maná, la falta de información y las pocas investigaciones sobre los sistemas de riego, hacen que los agricultores no implementen este tipo de prácticas para optimizar sus cultivos en épocas de sequía, por lo tanto, el presente proyecto pretende el planteamiento y posterior diseño de un sistema de riego y un plan de fertirrigación para el cultivo de ají con la instalación de un riego por goteo, con esto se busca el aprovechamiento del recurso hídrico de manera eficiente y buscando obtener resultados económicos mayores, los cuales permitirán la operación y mantenimiento del sistema de riego en forma sostenible.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1. Objetivo General**

- Aplicar la fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annum*) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná

### **6.2. Objetivos Específicos**

- Implementar un sistema de riego por goteo para el cultivo de ají (*Capsicum annum*) respuesta agronómica.
- Evaluar el efecto de cuatro soluciones minerales en los componentes agronómicos del cultivo de ají en rendimiento mediante un sistema de riego por goteo
- Realizar un análisis económico de los tratamientos evaluados.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1**

*Actividades y sistema de tareas entorno a los objetivos planteados*

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>MÉTODO DE VERIFICACIÓN</b>
Implementar un sistema de riego por goteo para el cultivo de ají ( <i>Capsicum annuum</i> ) respuesta agronómica.	Caracterización de la información técnica sobre la instrumentación utilizada en el sistema de riego Establecimiento del ensayo Aplicación de tratamientos	Toma de datos: Altura de planta, número de hojas, número de flores, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro del tallo, peso del fruto,	Libro de campo Fotografías
Evaluar el efecto de cuatro soluciones minerales en los componentes agronómicos del cultivo de ají en rendimiento mediante un sistema de riego por goteo	Evaluación de las diferentes variables a evaluar	Toma de variables: altura de planta, número de hojas, diámetro del fruto, largo del fruto.	Libro de campo Fotografías
Realizar un análisis económico de los tratamientos evaluados.	Determinar los costos de producción del cultivo de ají, rentabilidad y beneficio costo	Relación beneficio/costo Rendimiento Costos de producción	Excel Cálculo del análisis económico

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. Cultivo de ají**

El ají *Capsicum annum* remota del nuevo mundo, siendo este un cultivo de cultura para los pueblos Mesoamericanos, esta especie fue la primera en ser domesticada por el ser humano, mucho antes que los cultivos de maíz y frijol, debido a sus propiedades nutritivas, condimentales y medicinales que contiene capsaicinoides, la capsaicina y dihidrocapsaicina este ha sido introducido a muchos países. Al mismo tiempo se encontraron compuestos menores como nordihidrocapsaicina, homocapsaicina, homodihidrocapsaicina y nonivamida (Huang *et al.* 2013).

Dentro del género *Capsicum*, se puede encontrar más de 30 especies tanto comerciales y silvestres esta exhibe una extensa versatilidad genética en gama de colores, formas, aromas, sabores y grados de pungencia, entre las cuales cinco de este género fueron domesticadas por el hombre siendo *Capsicum annum* la más planta a nivel mundial (Scaldaferro *et al.* 2014).

El ají se ha transformado en unos de los ingredientes más importantes para los platos orientales como mexicanos, ya que son una fuente rica de vitamina A y C, destacando por su sabor y pungencia (Jäger *et al.* 2013). Es empleado por su gran variedad en salsas, polvos, encurtidos, condimentos y en forma de frutas frescas en los mercados, mostrando una fuerte demanda por sus diversas características (Rodríguez E. , 2009).

### **8.2. Propiedades medicinales del ají**

Del mismo modo muestra propiedades farmacéuticas y medicinales, funcionando como estimulantes en el tratamiento de dificultades por presión arterial, impidiendo los trastornos que son ocasionados por los coágulos en la sangre e inclusive del reforzamiento de las arterias y ataques cardiacos, la Capsaicina posee características que sirven como efectos antiinflamatorios y contrairritantes, calmando dolores musculares, reduciendo y apaciguando dolores provocados por hemorroides y problemas de artritis, reumatismo, neuralgias, osteoartritis, dolores dentales y cicatrices quirúrgicas (López G. , 2003). En los últimos años, el uso y aplicación de esta especie vegetal ha tenido un crecimiento exponencial.

Esta especie es una fuente importante de nutrientes. Debido a su alto contenido de vitamina A que cualquier otra planta comestible, al mismo tiempo de ser una fuente proveedora de vitaminas B y C, Hierro, niacina, tiamina, potasio, magnesio y riboflavina. Para las personas

que requieren tener cuidado en determinados alimentos, el ají es adecuado por sus grasas saturadas y está libre de colesterol. También es recomendable debido a su contenido de dietas bajas en sodio y altas fibras. Consumir ají puede aumentar el metabolismo (Mera & Ochoa, 2011).

### **8.3. Producción del cultivo de ají**

La superficie cultivada de *Capsicum* mediante los informes realizados es de alrededor de 1.914.685 hectáreas, con una producción de 31.171.567 toneladas, los países donde más se cultiva esta especie vegetal son China. Turquía e Indonesia, en comparación con América Latina México, Argentina y Venezuela son los mayores productores (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2014).

### **8.4. Importancia económica del ají habanero**

Entre las hortalizas cultivadas en el país, el ají ocupa el primer lugar en importancia conjuntamente con el ajo y la cebolla, siendo este el más consumido como condimento (López L. , 2015)

El ají (*C.annuum*) es una hortaliza muy apreciada en mercados y supermercados debido a su alto contenido de demandas que genera. Además de requerir mano de obra, este cultivo genera empleo en los centros de consumos, ya que su comercialización está en gran parte en manos de vendedores informales (Robles, 2020).

La agricultura es una de las actividades humanas más antiguas que existen, desde el principio de esta actividad el clima ha sido un factor imprescindible que ha generado desafíos significativos para los cultivos, por lo que se ha mostrado problemas severos por deficiencia de agua debido a las precipitaciones y al mismo tiempo inconveniente por la escasez, por su utilización y uso el agua ha pasado hacer el recurso natural con mayor valor en el planeta, en los cultivos de ají, el agua no solo es un elemento indispensable, sino que juega un papel crucial para cumplir funciones importantes como sus procesos vitales, la velocidad de la absorción del agua depende de muchos factores ya sea por condiciones climáticas como temperatura, viento, humedad y condiciones físicas como la textura y permeabilidad, en Ecuador aproximadamente se estima que 180.000 ha, están ubicadas en ambientes con precipitaciones escasas e irregulares, contribuyendo esto como uno de los principales problemas, dando paso a un bajo rendimiento, debido por la necesidad de los recursos hídricos (Intriago & Sacón , 2012).

## **8.5. Variedades de ají**

### **8.5.1. Ají habanero**

Esta especie es de ciclo anual, que alcanza 12 meses de vida, de acuerdo al manejo agronómico. La altura puede ser entre 75 y 120 centímetros en condiciones de invernadero. Posee un tallo robusto, erecto y grueso; siendo semideterminado su crecimiento. Las hojas son alternas, lisas, simples y de forma lanceolada, su tamaño y color varía, puede presentar desde tonos desde verde, según su variedad. Su sistema radicular es pivotante, que alcanza en profundidad de 0,40 a 1.20 metros, siendo un sistema bien desarrollado, su floración inicial se da cuando la planta empieza a ramificarse. Las flores suelen ser solitarias o se presentan en pequeños grupos de dos o más en cada una de las axilas, siendo estas de color blancas. El tamaño va de desde 1.5 y 2.5 centímetros de diámetro de la corola, su fruto tiene forma de baya con poca carnosidad y hueco; presenta entre tres y cuatro lóbulos, las semillas son lisas y pequeñas que se alojan en las placentas, están pueden variar de un color café a oscuro, la germinación se va entre los ochos y quince días, esta especie tiene un promedio de seis frutos por axila; con un tamaño de 2 y 6 centímetros, en los tiernos se manifiesta un color verde y cuando están maduros estos pueden presentar coloraciones de anaranjados, amarillos, rojos o cafés, presentan un sabor picante, el nivel picor depende del cultivar (Ruiz *et al.* 2011).

### **8.5.2. Ají Jalapeño**

Chile jalapeño, su nombre surge de Jalapa, Veracruz, porque se cultiva antiguamente, esta variedad es de color verde, con una forma cónica alargada, su largo es de 6 cm aproximadamente por 2,5 cm de ancho, cuando alcanza el estado de maduración este se torna de color rojo intenso, esta especie tiene de derivados con pequeñas diferencias que va desde su forma y grado de picor, estas presentan un picor que los caracteriza de las variedades, variando de 250 mil unidades , sienta un producto adecuado para su consumo (Intriago & Valencia, 2023).

## **8.6. Producción de ají habanero en Ecuador**

Según datos del Ministerio de Agricultura, la producción de ají se ha mantenido estable en los últimos 4 años con un promedio de producción de 370 toneladas métricas al año, sin embargo en el 2006 la registro un aumento significativo, con una superficie cosechada de 177 por hectárea ,una producción de 445 toneladas y rendimiento de 2572 kg por hectárea, en la costa

ecuatoriana, un grupo de 285 campesinos se unieron para formar la Red de Productiva, con la finalidad de implementar las buenas prácticas agrícolas y consolidar la producción de ají para la exportación, esta cadena productiva incluye a agricultores de varias provincias como Santo Domingo de los Tsáchilas, La Unión (Esmeraldas), Los Ríos, Pedernales (Manabí) y Chongon (Guayas), quienes han reemplazado cultivos como café, tomate, maíz, por ají experimentando un cambio positivo en su vida gracias a esta actividad productiva que involucra a toda la familia, además han aprendido a utilizar de manera racional los productos químicos en el cultivo, lo que se refleja en la calidad del producto final y contribuye a mejorar la salud de las personas. (Mera & Ochoa, 2011).

### 8.7. Taxonomía del cultivo de ají

En la tabla 2 se muestra la taxonomía del cultivo de ají

**Tabla 2**

*Taxonomía del ají (Capsicum annuum).*

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Subreino:</b>	Traqueobionta
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase:</b>	Asteridae
<b>Orden:</b>	Solanales
<b>Genero:</b>	<i>Capsicum</i>
<b>Especie:</b>	<i>Chinense</i>

*Nota.* Fuente (Hanan & Mondragón , 2023)

### 8.8. Descripción botánica del cultivo de ají

El ají es una planta anual que crece erguida, alcanzando alturas que varían entre 50 cm y más de 2 metros. Se ramifica en cada nudo, dando lugar a hojas alternas, pecioladas de color verde oscuro. Posee una baya hueca con forma alargada, que va desde un color amarillo hasta rojo en maduración, es fino y picante, existen variedad de ají con crecimiento arbustivo, que pueden alcanzar alturas máximas de 1.60 m a los 10 meses de edad y también hay plantas de porte bajo (raquíticas) que no alcanzan a superar los 0.80 m de altura. Algunas de estas últimas tienen entrenudos muy cortos y ramas que se desarrollan paralelas al suelo a muy bajas alturas de apenas 0.50m (Terol, 2015).

En cada nudo la planta presenta flores individuales con pedicelos que pueden estar erectos o ligeramente doblados en la antesis, en la unión del pedicelo no presenta constricción anular. La corola es de color blanco con matices que van desde verde claro hasta la crema, cuenta con pétalos ligeramente revolutos, además presenta manchas amarillas en la base de los pétalos, ubicadas ambos lados de los pétalos centrales (Nuez *et al.* 2010).

La diversidad de forma y tamaños en los frutos de esta especie hace que sea difícil asignar categorías específicas, la superficie de los frutos pueden variar desde ser libre hasta presentar pliegues longitudinales que comprenden parte o todo el fruto, lo que resulta en una amplia gama de formas. A menudo el sabor picante se asocia con el color amarillo, los frutos son bayas con dos a cuatro lóbulos, presentando una cavidad entre la pared del fruto y la placenta, la parte comestible de la planta. Generalmente hay una diversidad de formas, tamaños en los frutos, se los agrupa por alargados y redondeados, su color puede variar con la madurez, pasando de un verde a un amarillo o rojo púrpura dependiendo de la variedad cultivada. Además, se compone de pericarpio y semillas (Nuezatal, 2006).

### **8.9. Propiedades y beneficios del ají**

Buendía & Villavicencio (2018), nos mencionan que el ají es un fruto que ofrece numerosos beneficios para el campo de la salud, gracias a sus compuestos activos, este por un lado mejora la circulación periférica, lo que ayuda a aliviar dolores en el sistema nervioso en diferentes partes del cuerpo, también tiene un efecto positivo en la presión arterial reduciendo sus valores, siendo rico en cantidades de vitaminas C y A, por otro lado tiene una excelente capacidad para eliminar bacterias del estómago, lo que lo convierte en un aliado natural para mantener una buena digestión.

### **8.10. Requerimientos edafoclimáticos del ají**

El ají es un cultivo que se prospera en temperaturas óptimas que va entre 21 a 28°C, se adaptan a suelos bien drenados, profundos con un pH de 5,8 a 7, este cultivo puede crecer desde una altitud de 0 hasta 1000 msnm, sin embargo este cultivo es sensible a la salinidad del suelo, por lo que es crucial utilizar agua de riego de buena calidad para evitar la acumulación de sales en el bulbo de riego, este cultivo requiere de mucha luminosidad durante su crecimiento, especialmente en la etapa de floración, si se presenta escasa luz las flores serán más débiles y la planta tendera a estirarse, lo que puede debilitar los tallos y afectar la producción de los

frutos, es importante proporcionarle suficiente luminosidad para asegurar un desarrollo saludable y una cosecha abundante (Trujillo, 2021).

### **8.11. Fertirrigación**

La fertirrigación es una técnica esencial para aprovechar el sistema de riego existente para suministrar nutrientes a las raíces del cultivo. El riego por goteo es el método más común para implementar la fertirrigación, donde se instalan equipos especializados en el cabezal del sistema. Esto permite aplicaciones frecuentes y precisas de fertilizantes en dosis bajas adaptándose a las necesidades específicas del cultivo en cada etapa de su ciclo. De esta manera la fertirrigación proporciona una nutrición vegetal integral y un suministro de agua adecuado para cada fase de crecimiento del cultivo, lo que resulta en un desarrollo saludable y óptimo (Olivar, 2022).

El fertirriego, es una aplicación que se emplea de forma exacta y uniforme directamente en las zonas de las raíces del cultivo. De esta manera permite adaptar la cantidad y concentración de agua y nutrientes a las necesidades del cultivo en cada etapa de crecimiento, esto resulta en altos rendimientos con una excelente calidad de producto cosechado. Además, el control de nutrientes en la tasa de aplicación minimiza la contaminación de aguas subterráneas y reduce las pérdidas por evaporación o erosión. Este método también reduce la necesidad de labores culturales, como el control de riego, y permitiendo que los productores cultiven en zonas con aguas salinas, ya que las sales se acumulan en las zonas externas. La ausencia de maquinaria agrícola evita la compactación del suelo y permite su uso en áreas con topografía variada. El riego localizado facilita la automatización e incluso en operación manual, requiere mínima mano de obra, lo que lo hace ideal en situaciones de escasez de personal (Torri, 2023).

El fertirriego sin embargo presenta ciertas desventajas significativas, la principal desventajas es el alto costo de inversión y mantenimiento, ya que requiere fertilizantes solubles y una infraestructura especializada para el riego, como son filtros, mangueras, emisores, contenedores y bombas, entre otros; además el uso de fertilizantes en el agua puede generar problemas como el taponamiento de los emisores o líneas de riego, lo que lleva a una distribución desigual de agua y nutrientes, otro inconveniente es la corrosión de las partes metálicas debido a la acción de algunos fertilizantes, lo que puede reducir la eficiencia y durabilidad del sistema (Melgar & Camozzi, 2002).

### **8.12. Soluciones minerales**

Las soluciones minerales son el medio líquido que contiene los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas, especialmente en los cultivos hidropónicos y sustratos. Por lo general una solución mineral completa debe contener una variedad de nutrientes como son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, azufre, molibdeno, boro, cobre, níquel y zinc. Todos estos nutrientes deben estar en forma de iones para que las plantas puedan absorberlos fácilmente. Es importante destacar que cada cultivo tiene sus propias necesidades nutricionales únicas y requiere soluciones personalizadas según su etapa de crecimiento y variedad. Actualmente, las soluciones minerales son específicas al nivel de variedades. Además, factores como el clima y los métodos de cultivo también influyen en la formulación de la solución mineral. Por lo tanto, es crucial considerar todas estas variables para crear soluciones minerales optimizadas. El triunfo de las soluciones minerales depende de la combinación adecuada de nutrientes. La relación entre la conductividad, los iones minerales y el pH (Inagri, 2017).

### **8.13. Fertilizantes para el fertirriego**

La fertirrigación es una de las técnicas nutricionales que son más aplicadas en el agua de riego, lo que permite un buen control de las dosis, las concentraciones y la relación que existe entre los fertilizantes, muy independiente del sistema utilizado la fertirrigación siempre son aplicados en agua, así favorece la absorción por la raíz, el objetivo de la fertirrigación es mantener una buena relación equilibrada entre los sistemas acuosos, por otra parte, los fertilizantes utilizados siempre deben tener una alta solubilidad y una buena concentración nutrimental, la solubilidad de los fertilizantes está determinado por tres factores mismos que son la temperatura, la presión y pH, otro factor que se debe tener en cuenta es la preparación de las soluciones, ya que al solubilizarse en el agua estas liberan iones, que a su vez actúan en la solución, por lo que estas situaciones pueden llegar a la limitación en la disponibilidad de los nutrimentos, porque llegan a ser no asimilables para las raíces de las plantas, además, pueden llegar a provocar una obstrucción en los emisores, lo que hace que disminuya la eficiencia de los fertilizantes que son utilizados para nutrir el cultivo (Fetilab, 2016).

A continuación, se muestran los fertilizantes solubles utilizados en la investigación:

### **8.13.1. Nitrato de potasio**

El nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) una fuente esencial soluble que normalmente es importante y es utilizada como fertilizante para aquellos cultivos que se benefician con la nutrición de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y una fuente de potasio (K) libre de cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), dándoles un alto valor a los cultivos, generalmente, es considerada una fuente única por su valor nutricional de potasio, contribuyendo en la salinidad y en el rendimiento de la plantación. El nitrato de potasio aumenta los rendimientos y incrementa la mejoría de la calidad de las hortalizas, frutales, cultivo de flores y frutales de nuez, el nitrato de potasio sin embargo minimiza la absorción de cloruro en las plantas, no obstante, se encuentra presente en la solución de suelo o en el agua, el potasio de nitrato neutraliza solo evitando los efectos negativos. Es por eso que el nitrato de potasio es crucial en cultivos sensibles a la salinidad, más cuando estos son empleados en malas aguas. Este es absorbido de una manera eficiente. El  $\text{K}^+\text{NO}_3^-$  tiene un efecto sinérgico que permite la fácil absorción de estos nutrientes, permitiendo el ingreso por las raíces de las plantas. Cabe destacar que la carga negativa que tiene el nitrato y la carga positiva que posee el potasio disminuye el efecto de las absorciones que hay en las partículas del suelo, esto hace que se mantenga disponible para las plantas durante un periodo más prolongado, el potasio reduce la transpiración y en consecuencia disminuye la necesidad del agua. Además, una nutrición adecuada con potasio mejora la capacidad de las plantas para absorber agua del suelo de manera eficiente. El nitrato de potasio también juega un papel importante al prevenir la acumulación de sales en el suelo, lo que elimina la necesidad de aportar agua adicional para lavarlas, de esta manera, el nitrato de potasio optimiza el uso del agua y reduce las cargas de sales en el suelo (Soquimich, 2019).

### **8.13.2. Nitrato de amonio**

El nitrógeno (N) juega un papel crucial en la fertilización de los cultivos durante su crecimiento y desarrollo debido a la gran importancia que este tiene. Se encuentran en las siguientes formas para que las plantas puedan aprovechar como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), la mayoría de los estudios sobre las formas del nitrógeno suministradas a las raíces de las plantas y su impacto en el crecimiento y desarrollo han involucrado la exposición total de las raíces a diferentes combinaciones y concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  en la solución mineral, la interacción entre  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$  obtiene el papel de  $\text{NO}_3^+$  como una señal que desencadena una diversidad de respuestas bioquímicas en las plantas, la absorción de  $\text{NO}_3^-$  por las plantas puede alcalinizar la rizosfera, lo que limita la acidificación asociada con la nutrición de  $\text{NH}_4^+$  sin embargo este

efecto puede ser parcial o requerir lo que es un alta proporción de  $\text{NO}_3^-$  en relación con  $\text{NH}_4^+$  en la solución mineral, ya que el  $\text{NH}_4^+$  puede inhibir significativamente la absorción de  $\text{NO}_3^-$  en algunos casos hasta un 50%, mientras que la absorción de  $\text{NH}_4^+$  puede ser empleada de forma moderadamente por  $\text{NO}_3^-$  (Rivera *et al.* 2014).

Las soluciones de UAN ofrecen una flexibilidad excepcional como fuente de nutrición para las plantas. Gracias a sus características químicas, el UAN se combina fácilmente con otros nutrientes y productos agroquímicos, lo que permite crear mezclas personalizadas que incluyen fósforo (P), potasio (K) y otros nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal. De esta manera, los fertilizantes líquidos pueden ser adaptados para satisfacer las necesidades específicas de cada suelo o cultivo, según sea lo necesario. (International Plant Nutrition Institute [IPNI], 2013).

### **8.13.3. Fosfato mono potásico**

Es un fertilizante que aporta fósforo y potasio de manera eficiente y soluble, lo que permite que las plantas los absorban fácilmente, la ventaja de este fertilizante es que no contiene nitrógeno, lo que lo hace ideal para aquellos cultivos que requieren una ingesta reducida de este elemento, además, su uso puede mejorar significativamente la calidad de los frutos, aumentando los niveles de azúcares y optimizando su producción (Rizzo, 2021).

El fosfato mono potásico se encuentra como una sal soluble del hidróxido de potasio y del ácido fosfórico. Este contiene alrededor de 51,5% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y 34% de  $\text{K}_2\text{O}$ . generalmente se lo usa en fertirrigación en caso de ser recomendada en un suministro diario de P y en cultivos que sean en arenas. Sin embargo, debido al bajo contenido de residuo salino, es adecuado para empleado en aguas salinas a campo abierto en la agricultura (Kafkafi & Tarchitzky, 2016)

El fosfato mono potásico se puede aplicar en combinación con otros fertilizantes para proporcionar las necesidades nutricionales durante todo el ciclo del cultivo. Debido a su pureza y solubilidad en agua lo convierten en el ideal en un fertilizante para la aplicación en fertirrigación y aplicación foliar (Morales, 2023).

### **8.13.4. Micronutrientes**

Los micronutrientes juegan un papel importante en el complejo desarrollo y salud de un cultivo. Dentro de estos roles relevantes incluyen lo que son síntesis de clorofila, fotosíntesis,

funciones de las enzimas, formación de hormonas, procesos metabólicos y la disminución de nitratos a formas utilizables, estos micronutrientes impulsa el crecimiento en los cultivos, produciendo mayores producciones, incrementando la calidad de la cosecha, produciendo al máximo eventualmente la genética de la planta, la presencia de estos micronutrientes puede ocasionar un gran impacto en lo que trasciende el desarrollo radicular, en la formación de los frutos de los frutos, la viabilidad de la semilla, el vigor y la salud de la planta, estos se producen de manera natural en los minerales del suelo, que son aquellos que se descomponen gradualmente de los minerales de rocas, estos micronutrientes se liberan en forma que pueden ser absorbidos por las plantas, por ende los micronutrientes vuelven a incorporarse al suelo mediante la descomposición de la materia orgánica de plantas y animales (Cooper & Ghanem, 2017).

En el suelo la cantidad de micronutrientes que se puede encontrar son variables llegando a tener un 5% en la presencia en el suelo, generalmente su origen dependerá del material, por lo que se podría decir que el contenido de los micronutrientes en el suelo no llega a ser relevantes, porque no aseguran una biodisponibilidad para los cultivos, por lo que se recomienda aplicaciones de nutrientes para que la planta pueda tener una mayor concentración (Álvarez *et al.* 2010).

#### **8.14. Compatibilidad química entre fertilizantes solubles**

La fertiirrigación consiste en una técnica que se aplique sustancias nutritivas que son necesarias para los vegetales en el agua de riego, según sea lo requerido por la planta en su etapa de crecimiento, los fertilizantes deben cumplir características importantes al momento de ser incorporados en un sistema de fertiirrigación que son las siguientes: alta solubilidad (> 100 g/L), alta pureza (> 95 %), y baja salinidad y toxicidad, la solubilidad es un parámetro crucial que se lo relaciona con la compatibilidad de los fertilizantes y el agua de riego, ya que varios iones pueden interactuar en la solución y producir los que son compuestos insolubles, lo que implica el peligro de los emisores se taponen y que las raíces no estén disponibles, esto puede causar deficiencia nutricional y estrés hídrico en las plantas (Intagri, 2016).

#### **8.15. Sistema de riego por goteo**

Consiste en sistemas que emplean riego que no pasan de los 16L/h por gotero, empapando exclusivamente en el área que se deseada optimizar con el agua disponible, estos sistemas pueden ser de alta frecuencia, siendo posible regar de una a dos veces por día, eso va a depender

del tipo de suelo y las necesidades que requiere el cultivo. De acuerdo a las altas posibilidades que tienen los sistemas de riego al ser efectuados, estos permiten disminuir lo que es un estrés hídrico en la planta, debido a que estos mantienen la humedad del suelo durante muchos períodos volviéndolos óptimos para el cultivo y por ende mejorando las condiciones para el desarrollo del cultivo (Carpio, 2017).

Los beneficios principales que este sistema brinda, es conservar el consumo del agua, los agroquímicos empleados en la aplicación van directamente a la raíz de la planta, otro beneficio es que presenta en la operación del sistema bajas presiones y hay una disminución de enfermedades de tipo fungosas en las partes aéreas de la planta. Sin embargo debido a la alta inversión que tiene, hace que se vuelva una desventaja, de igual maneja este tipo de sistema puede presentar lo que son obstrucciones de goteros si no se le da el mantenimiento adecuado y al quedar expuestas las tuberías están pueden dañarse por los roedores, para que este sistema tenga una mejor función debe contar de una bomba centrífuga que tenga un distribuidor, un impulsor, cuerpo de la bomba, corona directriz y el cono, también se puede usar bombas de jet sumergibles, también debe contar con un filtrado como es el caso de los decantadores, filtros de arena, filtros de anillos y el hidrociclón (Gamboa, 2013).

#### **8.15.1. Componentes de un equipo de riego por goteo**

Dentro de los principales componentes de un equipo de riego por goteo se encuentran los siguientes dispositivos:

#### **8.15.2. Grupo de presión**

Según Moya (2009), este tipo de sistemas usan bombas que son de centrifugas, ya que aprovechan la fuerza que genera al tirar la turbina, para poder impulsar el agua, las centrifugas obedecen a las partículas que se proyectan por la centrifuga y una fuerza natural es la que desarrolla la energía de la corriente líquida, las bombas de centrífuga están compuestas de los siguientes: Impulsor, Corona, Distribuidor, Corona directriz, cuerpo de la bomba, Impulsión, Aspiración.

#### **8.15.3. Equipo de filtrado**

El equipo de filtrado es una de las operaciones más importante dentro del sistema. Dentro de estos elementos se destacan los más importantes:

### **8.15.3.1. Decantadores**

Son Los decantadores son soluciones sencillas y económicas que se usan para la eliminación de los sólidos como en caso de arenas, limos y arcillas, y también algunos químicos como es el hierro, que se dan al momento que se forma la airearse el agua, la sedimentación de estas se dan por cuatro factores que pasan por forma simultánea, sedimentación libre, es cuando la concentración es baja, las partículas en el transcurso del proceso de sedimentación aumentan de velocidad y tamaño, estas se encuentran en las fuerzas de atracción y en concentración inmediata que se retrasan en la formación de los depósitos (Gamboa, 2013).

### **8.15.3.2. Hidrociclón**

El hidrociclón consiste en un aparato que no poseen elementos móviles, que facilitan la eliminación de las partículas que tienen un tamaño superior a 74 micras que (equivale a 200 mesh). El agua que contiene arena pasa por el hidrociclón tangencialmente a la parte cilíndrica superior, lo que desencadena un torbellino descendente. La fuerza efectuada por la centrifuga estimula las partículas sólidas contra las paredes de la parte cónica (Gamboa, 2013)

### **8.15.3.3. Filtros de arena**

Son tanques poliéster o metálicos, en el interior de estos filtros se instala una capa gruesa de arena a través por la cual el agua se filtra, la instalación de estos filtros es necesaria cuando el agua proviene de los ríos, estanques abiertos o acequias, esta ingresa por la parte superior y transciende por la capa de arena, paralizando todas las impurezas, entre mayor sea la capa de arena con longitud, este mejor el infiltrado que establece, cuando estas superan los 3 m.c.a ser ocasionan pérdidas y se deben limpiar, el flujo de agua varia dentro de los filtros (Moya, 2009).

### **8.15.3.4. Filtro de malla**

Es un filtro con un cuerpo cilíndrico, puede ser de plástico o metálico, en el interior de esta se puede encontrar una malla de acero inoxidable o de plástico, el agua al entrar penetra en el filtro y para salir esta atraviesa las paredes llegando a la red general, estos filtros ejecutan la retención total de las impurezas superficial, haciendo que su colmatación sea más rápida, por lo general se usan aguan que no estén sucias para poder contener partículas inorgánicas (Moya, 2009).

Para seleccionar un filtro se debe tomar en cuenta las características técnicas que son de este tipo: caudal máximo recomendado, presión de trabajo, máxima y mínima, grado de filtración (mesh o milímetros).

#### **8.15.3.5. Filtro de anillos**

Para Gamboa (2013), mencionan que los elementos para un filtro de anillos son ranurados que se comprimen al roscar la carcasa, dando por formado un cilindro de anillos.

### **8.16. Equipos de inyección de fertilizante (fertirrigación)**

#### **8.16.1. Tanques de fertilización**

Para Pizarro (1996), es un depósito que está conectado a la red del riego, el tanque debe tener una resistencia para la presión de la red, se debe llenar hasta la mitad de agua, posteriormente se añade los abonos disueltos y se debe cerrar la tapa herméticamente. El mismo autor nos manifiesta que estos tanques sobre todos abonados son muy populares, por el bajo costo y por qué no requieren de energía para su función, aprovechando la presión del agua, siendo posible el uso de esta red en cualquier punto. Los principales inconvenientes que presentan estos tanques son los siguientes:

- No presentan una constante concentración del abono durante la estancia del riego.
- Existen una limita automatización debido a que el abono el tanque debe reponerse en cada riego.

#### **8.16.2. Inyectores Venturi**

Estos dispositivos de una pieza, con forma de T que tienen en su interior un tubo Venturi, el Venturi es una pieza que ocasiona un aumento de velocidad en el agua, que causa una succión que encaja a la red de la solución del fertilizante. Por general este dispositivo se adapta a la tubería principal del riego (Gamboa, 2013).

### **8.17. Cintas de riego**

Las cintas de goteo consisten en tuberías de polietileno que se conforman de orificios de diferentes distancias, se ubican por lo general en las hileras de los cultivos. Este elemento está estructurado de la siguiente manera; una doble cámara, una interna y externa de diámetro tanto

mayor como menor, que van conectadas entre sí, permitiendo a la tubería tener un flujo largo e uniforme, el ingreso del agua es mediante la cámara interna, mientras avanza esta puede variar la presión, pero al ingresar por la cámara externa su flujo se homogeniza y los orificios de cada caudal se vuelve constante (Franco, 2018).

### 8.18. Diseño agronómico

Para el diseño agronómico, las condiciones del cultivo deben conocerse, así como el agua requerida en cada etapa de siembra, el suelo y evapotranspiración son el soporte (Rodríguez A., 2022), las fórmulas para el diseño agronómico son las siguientes:

**Au** = Es la cantidad de agua rápidamente aprovechable en el suelo teniendo en cuenta el nivel de reposición porcentaje de agotamiento entendiéndolo su lámina

**Cálculo de agua utilizable (AU) =  $10 \times (CC - PMP) / 100 \times da \times Pr$  mm**

Cc: Capacidad de campo [%].

Ln: Lamina neta [m].

Cc: Capacidad de campo [%].

PMP: Punto de marchitez permanente [%].

Pe: Peso específico del suelo [g/cm<sup>3</sup>].

Prof: Profundidad radicular [m].

Agotamiento permisible de la humedad del suelo (Ah)

Dosis neta de riego (Dn) = (Ah) x (AU) / 100

**Evapotranspiración**= La evapotranspiración se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

$$E_{tr} = E_{to} * K_c$$

## Evapotranspiración

Donde:

Etr: Evapotranspiración real [mm/día].

Eto: Evapotranspiración potencial [mm/día].

Kc: Coeficiente del cultivo [adimensional]

**Frecuencia de riego**= La frecuencia del riego se define como la frecuencia con que se aplica agua a un cultivo en particular en una etapa determinada de crecimiento; se expresa en días.

$$Fr = \frac{Ln}{Etr}$$

## Frecuencia de riego

Donde:

Fr: Frecuencia de riego [días].

Ln: Lamina neta [mm].

Etr: Evapotranspiración real [mm/h]

## 8.19. Antecedentes de investigación

La presente investigación se basó en tres cintas de goteo (Lin, Streamlina e Hydrodrip) emplearon dos distancias laterales (1.00 y 0.80 m), se efectuó en zona agroecológica con suelos franco- arenosos en el Sector de Pilligloma, Parroquia Ignacio Flores, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi. Usaron diseño de bloques completamente al azar, con arreglo factorial de A x B (3x2) con 3 repeticiones, obtuvieron resultados como son: para la variable Área bajo riego, con el mejor tratamiento ( cinta Hydrodrip con distancia de 1.00 m entre laterales) con 0,0255 m<sup>2</sup>, para la variable Coeficiente de uniformidad del goteo, el tratamiento A1B2 (cinta Hydrodrip con distancia de 1.00 m laterales) que predomina con 92% , de igual forma el Coeficiente de uniformidad de distribución influye el tratamiento A1B1 ( cinta Hydrodrip con distancia de 0.80 m laterales), con 88,66%, según el análisis estadísticos la variable Coeficiente

de uniformidad de la emisión del agua por gotero, no registraron significativamente diferentes los resultados, en la variable Desviación de caudal medio, el mejor tratamiento es A1B2 (cinta de riego Hydrodrip x distancia 1 m laterales) con un promedio 76,12% debido a la variación caudal con caudal nominal es menor que el resto de tratamientos dado por su fabricante (Franco, 2018).

El presente estudio de investigación se estableció un Diseño e Implementación de un Sistema de Riego por Goteo para el Pimiento (*Capsicum annuum L.*) en un área Convencional, ESPAM-MFL, mediante la fórmula de Blasius obtuvieron los cálculos de Diseño Hidráulico para un mejor manejo de sistema y del Diseño Agronómico se obtuvo como resultados; en la parte hidráulica, el caudal para un lateral es necesario es de 189 L/h y la presión de 14.524 psi. El caudal que es para una terciaria es de 11718 L/h con el diámetro comercial de tubería de 47.20 mm, la presión utilizada fue de 16.905 psi, para la conducción de la tubería es de 63 mm de diámetro la obtuvieron con cálculos, la misma que se usa para la conducción a otro sistema de goteo, con mismas características hidráulicas. En el diseño agronómico se considera las condiciones necesarias hídricas en el cultivo, por ende, las reservas de agua para el pimiento, los intervalos de riego son de 1.5 días y el tiempo fue de 51.40 minutos días (Intriago & Sacón, 2012).

El objetivo del estudio fue evaluar tres dosis de fertirriego en el cultivo de ají jalapeño (*Capsicum snnuum L.*) bajo invernadero, se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) que utiliza un arreglo de parcelas divididas con dos repeticiones, utilizando tres dosis de fertirriego (50%, 100%, 150%) con frecuencia de 3 días, los parámetros evaluar fueron: número de frutos cortados por planta, peso del fruto, tamaño del fruto y rendimiento en Kg/ha. En el análisis estadístico se usó el Tukey al 5%, demostrando que existen diferencias significativas para los números de frutos, peso y tamaño en relación con el tratamiento 2, en el rendimiento alcanzaron un promedio de 28,9 T/ha y en el beneficio/ costo de 1,75\$. Demostrando que el mejor fertirriego T2 (dosis fertirriego 100% + dosis fertilización foliar 150%) que produjo frutos de mayor tamaño y peso (Chicaiza, 2022).

Esta investigación se realizó en San Carlos, Costa Rica. Con la finalidad de evaluar el crecimiento vegetativo, producción de frutos y la extracción nutricional, los ensayos se realizaron en dos especies hortícolas de la familia Solanaceae. Utilizando cultivares 4212 y Nathalie para el chile dulce (*Capsicum annuum L.*) y los cultivares JR y Lyro para el tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Los ensayos contaron de tres repeticiones para dos tratamientos con

un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial. En el cultivo de chile dulce se mostró mayor altura de planta debido a que regaron con SNA. De la misma manera el número de frutos cuajados por planta presento diferencias, las que mayor cantidad obtuvieron fueron las plantas regadas con la SN-A. Sin embargo, en el número de hojas por planta, numero de frutos cosechados y peso de cosecha, peso seco vegetativo no presentaron diferencias significativas (Campos & Arguedas, 2017).

La presente investigación tiene como mejorar y aumentar la producción de fresas en la comunidad de Santa Cruz de Chumalica mediante un sistema de riego por goteo automático, para lograr esto, se llevó a cabo una investigación de campo para determinar el área de aplicación utilizando la densidad del fluido, caudal de trabajo y la distancia de descarga para elegir una bomba de agua eléctrica que puede abastecer las dos zonas de plantación de fresas, las entradas analógicas AM2 del módulo permite tomar lectura de los sensores de humedad que existen en las zonas de plantación; las electroválvulas se activan en dos horarios, de 7h00 a 7h30 y de 18h00 a 18h30, para el sistema de bombeo se utilizó un caudal de 14 m<sup>3</sup>/h lo que en una hora diaria de riego equivale a 1400 litros en las zonas de plantación de fresa, siendo el aumento de producción de 60 kg a 120 kg semanales, equivalente a un 50% más, esto reduce la cantidad de agua empleada por el otro sistema en un 41,66% y en costo de energía eléctrica genera un ahorro aproximadamente del 47,57% (Arias & Paucar, 2022).

El presente estudio se realizó en el sector Togueros, parroquia San Pedro de la Bendita, cantón Catamayo, perteneciente a la provincia de Loja, con el principal objetivo de contribuir a la tecnificación del riego, con la finalidad de dar un uso eficiente al recurso hídrico y así el mejoramiento de la producción de los cultivos, se empleó un modelo estadístico de mono factorial con bloques al azar, conformado por tres tratamientos y cuatro repeticiones bajo el sistema de riego por goteo. Los tratamientos empleados en la investigación fueron: tratamiento 1 frecuencia de riego diario; tratamiento 2, frecuencia de riego cada dos días; y tratamiento 3, frecuencia de riego cada tres días, los valores de Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>), estos se los obtuvo mediante el método de casero del recipiente de evaporación, siendo mayores a los obtenidos por los métodos de Thorthwaite y Hargreaves, con un porcentaje relativa de 33,2% y 33,7% (Sivisaca, 2013).

Esta investigación se realizó en la “Hacienda Durand” ubicada en el centro poblado Chical Alto- distrito Oyotún. Se implemento un sistema automatizado de riego por goteo, para ello, se utilizó un PLC similar al de la marca Scheider Electric modelo SR3B261FU, se programó con

el software Zelio Soft 2 de esta manera lograron una interfaz fácil de usar para controlar el suministro de agua y nutrientes necesarios para el cultivo de maíz en cada etapa de crecimiento, esto no solo permitió aumentar la producción de maíz, sino también reducir horas de trabajo en el campo y la laboriosidad de las tareas agrícolas (Chang, 2020).

La presente investigación se centró en la creación e instalación de un sistema de riego por goteo para el cultivo de pepino en el área convencional de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí ESPAM- MFL. Tras realizar los cálculos necesarios para el diseño hidráulico y agronómico del sistema, se obtuvieron los siguientes resultados. Para el diseño agronómico se tomaron en cuenta las condiciones climáticas y las necesidades de agua del cultivo de pepino, determinado un intervalo de riego de dos días, con una duración de una hora y una presión de 16.92 PSI. El diámetro calculado para la línea de conducción fue de 50 mm, pero se instaló una tubería de 63 mm para abastecer otro sistema similar de riego por goteo. Los costos totales del diseño e implementación del sistema ascendieron a \$2080.33, distribuidos de la siguiente manera: materiales \$1810.3, mano de obra \$150 e imprevistos \$120 (Zambrano & García, 2012)

## **9. HIPOTESIS**

**Ho.** Ningún tratamiento con las soluciones minerales aplicadas mediante fertirrigación en el cultivo de ají tiene efectos en los componentes agronómicos.

**Ha.** Al menos un tratamiento con las soluciones minerales aplicadas mediante fertirrigación en el cultivo de ají tiene efectos en los componentes agronómicos.

## 10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 10.1. Ubicación y duración del ensayo

Esta investigación se realizó en el sector de la recta de Vélez perteneciente al cantón Pujilí provincia de Cotopaxi, que consta de su ubicación geográfica con una latitud de S0° 56' 27", Longitud W 79° 13' 25", y una altitud de 220 msnm, en el que el proyecto tuvo una duración de 120 días.

### 10.2. Tipo de investigación

#### 10.2.1. Investigación experimental

El presente proyecto es de tipo experimental, ya que ayuda a la manipulación de los resultados obtenidos, permitiendo obtener los mejores resultados en el sistema de riego por goteo, empleado en el cultivo de ají.

#### 10.2.2. Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación es utilizada para determinar la información más importante que aporte a la solución del problema de la propuesta tecnológica, porque proporciona las características esenciales acerca de ciertos equipos e instrumentos que pueden ser utilizados para concretar el sistema de control en el riego por goteo.

### 10.3. Condiciones agro meteorológicas

A continuación, se muestran las características climáticas del área donde se realizó el ensayo de campo:

**Tabla 3**

*Condiciones agrometeorológicas del sector*

<b>Parámetros</b>	<b>Promedios</b>
Altitud	220 (m.s.n.m)
Temperatura media anual °C	18-23 (°C)
Humedad Relativa %	82 (%)
Precipitación anual	1400-1800 (mm/año)
Heliofanía	765 horas-luz/año
Evapotranspiración	744 mm/año

*Nota.* Fuente (Rivera & Luna , 2017) Elaborado por Miranda & Flores (2023)

#### 10.4. Materiales y equipos

En la tabla 4 se puede observar los materiales y equipos que fueron utilizados en la presente investigación, se muestra a continuación:

**Tabla 4**

*Materiales y equipos*

<b>Materiales y equipos</b>	<b>cantidad</b>
Semillas de ají	100 m
Manguera	100 m
Cinta de goteo	1
Piola	1
Libreta de campo	1
Flexómetro	1
Cinta métrica	46
Abrazadera banariego	60
Adap banariego 10x17MM	4
Adap banariego 25X3/4 H	46
Adap banariego 32X1 M	43
Adap flex	60
Caucho banariego	2
Codo banariego 25	4
Codo banariego 32X90°	4
Codo Flex 1	2
Collarin banariego	2
Llave banariego 25 mh	23
Llave banariego rosca 1 ploma	1
Llave banariego 32mh	1
Manguera punta verde	1
Cinta banariego	1
Bomba banariego	43
Tapon Sold	60
Tapon final	23
Tee Banariego	23
Tee Flex	2
Venturi Banariego	1
Teflon Banariego industrial	

*Nota.* Elaborado por Miranda & Flores (2024)

#### 10.5. Tratamientos en estudio

Esta investigación está compuesta por diferentes soluciones minerales:

## Solución mineral

- Solución mineral 1 (120%) requerimiento
- Solución mineral 2 (100 %) requerimiento
- Solución mineral 3 (80%) requerimiento
- Solución mineral 4 (60 %) requerimiento

### 10.6. Diseño experimental

En la investigación se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), se realizó cuatro tratamientos (soluciones minerales) con cinco repeticiones cada repetición tuvo 16 plantas de las cuales se seleccionó 4 plantas para muestreo por repetición

### 10.7. Tratamientos en estudio

Los tratamientos de estudio empleados en la presente investigación se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 5**

*Descripción de los tratamientos*

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>T1</b>	120% Solución mineral (Calculada)
<b>T2</b>	100 % Solución mineral (Calculada)
<b>T3</b>	80% Solución mineral (Calculada)
<b>T4</b>	60% Solución mineral (Calculada)

*Nota.* Fuente Miranda & Flores (2023)

### 10.8. Esquema del experimento

En la siguiente tabla se muestra el esquema del experimento, donde el 120% equivale a 3,20 mg/kg de nitrato de potasio, 0,2 mg/kg de Fosfato Mono amónico, 2mg/kg de Nitrato de potasio, para la solución mineral al 100% se utilizó 2,64 mg/kg de Nitrato de amonio, 0,16 mg/kg de Fosfato Mono amónico y 1 mg/kg de Nitrato de potasio, para la solución mineral al 80% se utilizó 2,1 mg/kg de Nitrato de amonio, 0,1 mg/kg de Fosfato Mono amónico y mg/kg de Nitrato de potasio, finalmente para la solución mineral al 60% se utilizó 1,6 mg/kg de Nitrato de amonio, 0,1 mg/kg de Fosfato Mono amónico y 1 mg/kg de Nitrato de potasio.

**Tabla 6***Esquema del experimento*

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Plantas/U. E</b>	<b>Total</b>
T1 = 120% Solución mineral	5	18	90
T2 = 100 % Solución mineral	5	18	90
T3 = 80% Solución mineral	5	18	90
T4 = 60% Solución mineral	5	18	90
<b>Total</b>			<b>360</b>

*Nota.* Fuente Miranda & Flores (2023)

### 10.9. Análisis de varianza

El presente trabajo de investigación se realizó con un total de 19 grados de libertad de acuerdo con los cálculos establecidos en el ANOVA mostrado en la siguiente tabla:

**Tabla 7***Análisis de varianza*

<b>Fuente de variación</b>		<b>Grados de libertad</b>
Bloques	(r - 1)	4
Tratamientos	(t- 1)	3
Error experimental	(t-)(r-1)	12
<b>Total</b>	<b>(t*r)-1</b>	<b>19</b>

*Nota.* Fuente Miranda & Flores (2023)

### 10.10. Procesamiento y análisis de la información recolectada

Los resultados obtenidos de las variables evaluadas en campo, fueron analizados estadísticamente empleando el paquete estadístico INFOSTAT, con sus respectivas pruebas de rangos múltiples de Tukey al 95% de fiabilidad (Balzarini *et al.* 2008).

### 10.11. Manejo del ensayo

Se empezó limpiando el terreno para luego proceder hacer el invernadero luego que ya estaba hecho el invernadero de procedió a realizar las respectivas camas luego de eso a instalar el sistema de riego por goteo también se hizo de elevar un tanque de 1000 lt a una altura de 2 metros después que estaba todo funcionando se instaló el Venturi q también para q tengo una buena presentación de adsorción se elevó el valde de 10 lt a una altura de 2.50 m al ver q todo

trabajaba a la perfección de procedió a trasplantar las plántulas de ají, al pasar 45 días del trasplante procedió a la primera toma de datos y cada 3 días se realizaba el fertirriego, para poder regar con presión se colocó un tanque evaporímetro de clase a artesanal para ver la evapotranspiración y ver la frecuencia de riego, una vez instalado el sistema de riego, los datos fueron tomados cada 15 días.

### 10.11.1. Determinación de los Requerimientos Hídricos

De acuerdo al análisis textural del suelo se determinó la textura dada un suelo franco arcilloso entendiéndose la parte física del suelo

$$\text{Agua utilizable (AU)} = 10 \times (\text{CC-PMP}) / 100 \times d_a \times \text{Pr} \text{ mm}$$

Agotamiento permisible de la humedad del suelo (Ah) 40 %

$$\text{Dosis neta de riego (Dn)} = (\text{Agotamiento permisible}) \times (\text{Agua utilizable})$$

**Evapotranspiración**= La evapotranspiración se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

$$E_{tc} = E_{to} * K_c$$

### 10.11.2. Evapotranspiración

Donde:

Etc: Evapotranspiración real [mm/día].

Eto: Evapotranspiración potencial [mm/día].

Kc: Coeficiente del cultivo [adimensional]

**Frecuencia de riego**= La frecuencia del riego se define como la frecuencia con que se aplica agua a un cultivo en particular en una etapa determinada de crecimiento; se expresa en días.

$$Fr = \frac{Ln}{E_{tc}}$$

### 10.11.3. Frecuencia de riego

Donde:

Fr: Frecuencia de riego [días].

Ln: Lamina neta [mm].

Etr: Evapotranspiración real [mm/h]

**Tiempo de riego**= Se refiere al momento en que debemos reponer el agua al suelo y que ha sido consumida por los cultivos entre dos riegos.

$$Tr = \frac{Dh}{pv \text{ gotero}}$$

### 10.11.4. Tiempo de riego

Donde:

Tr.: Tiempo de riego [h]

Dh: Demanda [mm]

Pv: pluviometría gotero [mm/h]

### 10.11.5. Programación de riego

En la tabla 8, se muestra el programa de riego utilizado en la investigación.

Según Jaramillo (2017), el ají requiere un caudal de 0,82 litros/seg/ha, con un rendimiento de agua de 4,12 mm/día, con un requerimiento total de 1124 m<sup>3</sup>/ha en todo su periodo vegetativo, basado en nuestro programa de riego, se puede decir que los rangos en la demanda mm/día son similares a los que menciona el autor. Por otro lado, Sánchez *et al.* (2014), menciona que en su investigación utilizó diferentes dosis de riego con un rango de 1,32 a 5,35 litros/planta, de acuerdo a nuestro programa de riego se utilizaron dosis similares para cubrir la demanda de agua en el cultivo de ají.

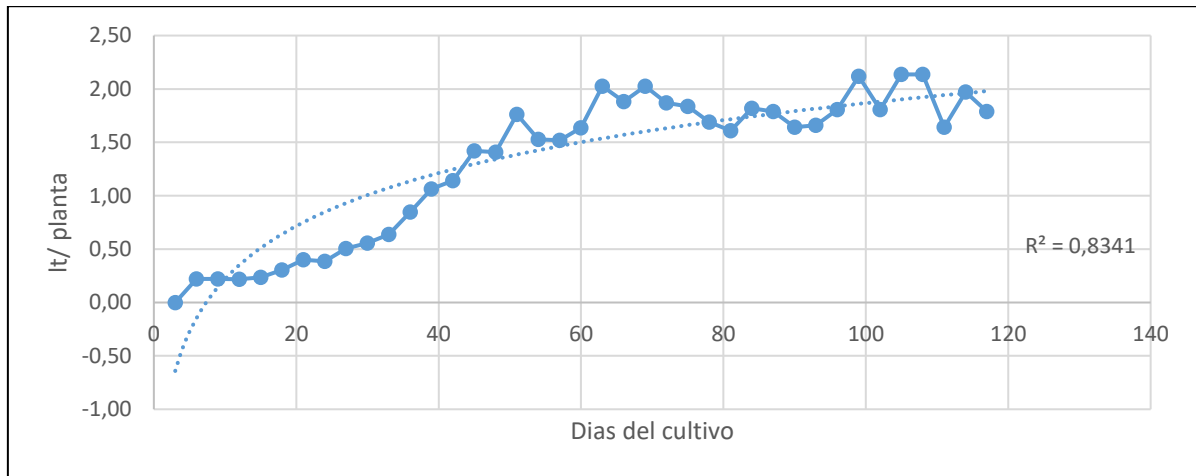
**Tabla 8***Programación del riego utilizado en la investigación*

Fecha	DIAS	hora	Ev	KP	ETO	KC	ETC	Demanda mm/día	lt/planta	Intervalos de riego (días)	Tiempo de riego (min)	
18/3/2024	0	3	16:00	13,4	0,65	8,71	0	0	0	0	0	
21/3/2024	3	6	16:00	12,3	0,65	7,995	0,1	0,7995	0,89	0,22	27	3
20/3/2024	3	9	16:00	12,3	0,65	7,995	0,1	0,7995	0,89	0,22	27	3
24/3/2024	3	12	16:00	10,1	0,65	6,565	0,12	0,7878	0,88	0,22	28	3
27/3/2024	3	15	16:00	10,1	0,65	6,565	0,13	0,85345	0,95	0,24	26	3
30/3/2024	3	18	16:00	11,2	0,65	7,28	0,15	1,092	1,21	0,30	20	4
2/4/2024	3	21	16:00	12,3	0,65	7,995	0,18	1,4391	1,60	0,40	15	5
5/4/2024	3	24	16:00	11,2	0,65	7,28	0,19	1,3832	1,54	0,38	16	5
8/4/2024	3	27	16:00	13,3	0,65	8,645	0,21	1,81545	2,02	0,50	12	6
11/4/2024	3	30	16:00	12,3	0,65	7,995	0,25	1,99875	2,22	0,56	11	7
14/4/2024	3	33	16:00	10,4	0,65	6,76	0,34	2,2984	2,55	0,64	10	8
17/4/2024	3	36	16:00	10	0,65	6,5	0,47	3,055	3,39	0,85	7	11
20/4/2024	3	39	16:00	11,1	0,65	7,215	0,53	3,82395	4,25	1,06	6	13
23/4/2024	3	42	16:00	11,5	0,65	7,475	0,55	4,11125	4,57	1,14	5	14
26/4/2024	3	45	16:00	12,3	0,65	7,995	0,64	5,1168	5,69	1,42	4	18
29/4/2024	3	48	16:00	11,3	0,65	7,345	0,69	5,06805	5,63	1,41	4	18
2/5/2024	3	51	16:00	13	0,65	8,45	0,75	6,3375	7,04	1,76	3	22
5/5/2024	3	54	16:00	10,2	0,65	6,63	0,83	5,5029	6,11	1,53	4	19
8/5/2024	3	57	16:00	9,9	0,65	6,435	0,85	5,46975	6,08	1,52	4	19
11/5/2024	3	60	16:00	10,3	0,65	6,695	0,88	5,8916	6,55	1,64	4	21
14/5/2024	3	63	16:00	12,6	0,65	8,19	0,89	7,2891	8,10	2,02	3	26
17/5/2024	3	66	16:00	11,7	0,65	7,605	0,89	6,76845	7,52	1,88	3	24
20/5/2024	3	69	16:00	12,6	0,65	8,19	0,89	7,2891	8,10	2,02	3	26
23/5/2024	3	72	16:00	11,5	0,65	7,475	0,9	6,7275	7,48	1,87	3	24
26/5/2024	3	75	16:00	11,3	0,65	7,345	0,9	6,6105	7,35	1,84	3	23
29/5/2024	3	78	16:00	10,4	0,65	6,76	0,9	6,084	6,76	1,69	4	21
1/6/2024	3	81	16:00	9,9	0,65	6,435	0,9	5,7915	6,44	1,61	4	20
4/6/2024	3	84	16:00	11,2	0,65	7,28	0,9	6,552	7,28	1,82	3	23
7/6/2024	3	87	16:00	11	0,65	7,15	0,9	6,435	7,15	1,79	3	23
10/6/2024	3	90	16:00	10	0,65	6,5	0,91	5,915	6,57	1,64	4	21
13/6/2024	3	93	16:00	10,1	0,65	6,565	0,91	5,97415	6,64	1,66	4	21
16/6/2024	3	96	16:00	11	0,65	7,15	0,91	6,5065	7,23	1,81	3	23
19/6/2024	3	99	16:00	12,9	0,65	8,385	0,91	7,63035	8,48	2,12	3	27
22/6/2024	3	102	16:00	11	0,65	7,15	0,91	6,5065	7,23	1,81	3	23
25/6/2024	3	105	16:00	13	0,65	8,45	0,91	7,6895	8,54	2,14	3	27
28/6/2024	3	108	16:00	13	0,65	8,45	0,91	7,6895	8,54	2,14	3	27
1/7/2024	3	111	16:00	10	0,65	6,5	0,91	5,915	6,57	1,64	4	21
4/7/2024	3	114	16:00	12	0,65	7,8	0,91	7,098	7,89	1,97	3	25
7/7/2024	3	117	16:00	11	0,65	7,15	0,9	6,435	7,15	1,79	3	23

Nota. Fuente Miranda &amp; Flores (2023)

## Gráfica 1

### Consumo Hídrico del vegetal



Nota. Elaborado por Flores & Miranda (2024)

#### 10.11.5.1. Estudios de topografía

El análisis de alternativas y de diseño definitivo de la infraestructura de riego, se utilizó un levantamiento topográfico satelital georreferenciado utilizando UTM, misma que establece que una red básica englobe la zona y nos permita obtener coordenadas precisas de todos los puntos observados (Benz, 2010).

#### 10.11.5.2. Consideraciones y criterios el trenzado y rediseño de la conducción principal

El sistema de conducción en tubería de PVC para sistemas de riego a gravedad y/o presurizados, sistemas de captación de aguas subterráneas y todo tipo de instalaciones para uso agropecuario, cuya fabricación y control de calidad de la línea de tuberías flex y accesorios para presión está basado en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1373 (Dorta *et al.* 2021).

#### 10.11.5.3. Parámetros de rediseño para la conducción principal

Periodo de diseño (vida útil) = 25 años

Caudal de diseño = Q80% = 4-6 l/s

Velocidad máxima= 3.50 m/s

Velocidad mínima= 0.50 m/s

Según Alegret & Martínez (2019), para el cálculo Hidráulicos se utilizó el método Hazen – Williams (1905) que es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias

(5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad “C” no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

$$H_f = K \times 1012 * (Q/C)^{1,852} * D^{-4,871} * L$$

En donde:

H<sub>f</sub>: pérdida de carga o de energía (m) K: constante (1.212)

Q: caudal (l/s)

C: coeficiente de rugosidad (150 - adimensional) D: diámetro interno de la tubería (mm)

L: longitud de la tubería (m)

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente de rugosidad de Hazen- Williams para diferentes materiales:

**Tabla 9**

*Coefficiente de Hazen - Williams para algunos materiales*

<b>Material</b>	<b>C</b>	<b>Material</b>	<b>C</b>
Abesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

*Nota.* Fuente Miranda & Flores (2023)

De acuerdo al análisis hidráulico de las presiones de la red principal conjuntamente a los datos se instaló a una altura de siete m.c.a del rango de presión de trabajo máxima del sistema es de 10 mca para asegurar que exista una presión en el rango mínimo de velocidad de hasta 2 m/s.

#### 10.11.5.4. Diseño hidráulico

**Tabla 10**

*Diseño hidráulico*

C =	150	FORMULA		Hann-													
		UTILIZADA		Willins													
Constante	1.212	$H_f = K \times 10^{12} * (Q/C)^{1,852} * D^{-4,87}$															
K=																	
TURNO	CODIGO	DIST. HORIZ. m.	LONG. m.	Q L./seg.	D. INT. mm.	D.NOMINAL	ALTITUD msnm.	P. UNIT. FRIC. (Hf.) m.	PERD. CARGA m.	PERD. ACUM. m.	PRES. PARC. m.	PRES. TOTAL m.	PRES. MON. Mpa.	PERD. FLEX m.	PRES. OPER. m.	VELOCIDAD m/seg	
<b>Tanque reservorio</b>							233.00								7.00		
	P1	7	13.89	1.15	28.80	32	221.00	11.44	1.59	1.59	10.41	12.00	1.25	0.5		OK	
<b>Válvula de control</b>	P2	4.50	4.61	1.15	28.80	32	220.00	11.44	0.53	2.12	10.88	13.00	1.25	1	9.91	1.77	OK
	secundaria 40	5.00	5.10	1.15	28.80	32	219.00	11.44	0.58	2.70	11.30	14.00	1.25	1	9.88	1.77	OK
	Goteros	5.00	5.10	0.58	28.80	32	220.00	3.17	0.16	2.86	10.14	13.00	1.25	1	10.30	1.77	OK
															9.14	0.88	

*Nota.* Fuente Miranda & Flores (2023)

**Tabla 11***Tasa de inyección*

	<b>CAUDAL GOTEO</b>	<b>l/h</b>
Número de goteros		365.00
Caudal del ensayo		0.365
Tasa inyección (sistema)		164.384
Volumen tanque		5
Requerimiento mineral/ 1 Etapa 40 días		4.26
Requerimiento mineral/ 5L 2 Etapa 55 días		0.006
Requerimiento mineral /día 3 Etapa 25 días		0.107

*Nota.* **QL**= Caudal litro/segundo **DINT.MM.** = Diámetro interno **D.NO**= Diámetro nominal **ALTITUD**= Altitud **P. UNIT.FRIC**= Perdida unitaria de fricción **PERD.CARGA**= Perdida de carga **PER.ACUM**= Pérdida acumulada **PRES.PARC**= Perdida parcial **PRES.TOTAL**= Perdida total **PRE.MON**= Presión de trabajo **PRES.OPER**= Presión de operación **VELOCIDAD m/seg**= Velocidad.

#### 10.11.6. Fertirriego

Los programas de fertirrigación dependen de las necesidades del cultivo, por lo cual se determina si requiere riego diario o semanal, esto dependerá del plan de manejo de nutrientes, por lo tanto, se lo debe realizar de acuerdo al análisis de agua, suelo y su requerimiento, se realizó un balance de sus nutrientes teniendo en cuenta su déficit en Nitrógeno, Fosforo, potasio, como se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 12***Requerimientos nutricional y agua en el cultivo de ají*

<b>Mineral</b>	<b>Minerales del suelo mg/kg</b>	<b>Minerales en Agua mg/kg</b>	<b>Total de minerales mg/kg</b>	<b>Factor de conversión</b>	<b>Forma comercial</b>	<b>Demanda del cultivo</b>	<b>EQUILIBRIO</b>
N	28.80	0.00	28.80	1.00	29	200	171
P	17.00	0.00	17.00	2.29	39	50	11
K	162.536	0.48	163.02	1.20	196	270.48	75
Ca	1489.60	8.51	1498.11	1.40	2097	134	-1963
Mg	319.07	2.26	321.33	1.66	533	42.8	-491
B	3.58	0.060000	3.64	3.22	12	1.8	

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

**Tabla 13***Requerimiento de nutrientes del cultivo de ají*

<b>Para 120 días bajo fertirrigación</b>			
<b>Minerales</b>	<b>N</b>	<b>P2O5</b>	<b>K2O</b>
Requerimiento de minerales 100%	171.20	11.07	74.86
Eficiencia fertilizante	80%	40%	60%
requerimiento total de minerales(kg/ha <sup>-1</sup> )	214.00	27.68	124.77
1era etapa 40 días (kg/ha <sup>-1</sup> )	40.00	6.64	22.46
2da etapa 55 días (kg/ha <sup>-1</sup> )	55.00	3.87	44.92
3era etapa 25 días (kg/ha <sup>-1</sup> )	25.00	0.55	7.49

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)**Tabla 14***Fertirrigación para los tratamientos*

<b>Tratamientos</b>	<b>Nitrato de amonio (kg)</b>	<b>Fosfato Mono amónico (kg)</b>	<b>Nitrato de potasio (kg)</b>
T1= 120%	3.2 kg	0.2 kg	2 kg
T2= 100%	2.64 kg	0.16 kg	1 kg
T3= 80%	2.1 kg	0.1 kg	1 kg
T4=60%	1.6 kg	0.1 kg	1 kg
<b>Total fertilizantes</b>	<b>9.5 kg</b>	<b>0.6 kg</b>	<b>5 kg</b>

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)**10.12. Variables a evaluar****10.12.1. Altura de planta (cm)**

Se evaluaron 4 plantas de las unidades experimentales de cada tratamiento, para el registro de esta variable, esos datos se expresaron en centímetros desde la base hasta el ápice de la planta con una cinta métrica. Esta variable se evaluó a los 45, 60, 75, 90 y 105 días después del trasplante.

**10.12.2. Número de hojas (unidad)**

Esta variable fue evaluada a los 45, 60, 75, 90 y 105 días posteriores al trasplante, contabilizando las hojas desde la base hasta el ápice, se tomaron los datos a las 4 plantas de cada unidad experimental.

### **10.12.3. Diámetro del tallo (cm)**

Esta variable fue tomada a los 90 días, después del trasplante, con la ayuda de un calibrador, los datos fueron expresados en cm.

### **10.12.4. Número de botones**

Se evaluaron antes de la floración, por lo que se realizó un coteo de todos los botones a las 4 plantas, esta variable fue tomada en un periodo de 60, 75 y 90 días.

### **10.12.5. Número de flores**

Se registró el número de flores que produjeron las plantas durante su ciclo de cultivo, estos fueron tomados a los 75 y 90 días después del trasplante.

### **10.12.6. Diámetro ecuatorial del fruto (cm)**

La toma de datos fue tomado a las 4 plantas, a los 105 días, con la ayuda de un calibrador, se tomó en la mitad del fruto para saber su diámetro respectivo, en la parte más prominente, de todos los frutos de las plantas, al momento de la cosecha.

### **10.12.7. Peso del fruto (g)**

Los frutos de cada tratamiento fueron pesados en gramos con ayuda de una balanza electrónica, en cada cosecha, esta variable fue tomada el día de la cosecha que fue a los 105 días después del trasplante.

### **10.12.8. Largo del Fruto (cm)**

El largo del fruto se lo determino con una cinta métrica, que sirvió para medir en centímetros una vez realizada la cosecha a los 105 días, para lo cual se tomó el largo del fruto con mayor longitud de cada una de las 4 plantas centrales evaluadas.

### **10.12.9. Número de frutos cosechados por tratamiento**

Para evaluar el número de frutos cosechados, se contabilizaron cuantos frutos produce cada tratamiento en sus repeticiones correspondientes, esta variable fue tomada a los 105 días después del trasplante.

### 10.12.10. Rendimiento

Para evaluar el rendimiento se tomaron los datos de cada tratamiento conforme a la producción de cada uno y se estableció cual es el que obtuvo un mejor rendimiento en general a partir de los datos obtenidos expresado en kg/ha.

### 10.12.11. Análisis Económico

Se realizó un análisis económico con los datos de los gastos y los datos de ingresos económicos que generó cada tratamiento con la siguiente fórmula:

$$\mathbf{IB = Y * PY}$$

En donde:

**IB:** Ingreso Bruto

**Y=** Producto

**PY=** Precio del producto

Los costos totales se obtuvieron a partir de la suma de los costos fijos (semillas, insumos, jornales, etc) y los costos variables mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{CT = X + PX}$$

En donde:

**CT=** Costos totales

**X=** Costos fijos

**PX=** Costos variables

Para calcular el beneficio neto de los tratamientos se resta el beneficio bruto de los costos totales de cada uno de los tratamientos usando la fórmula:

$$\mathbf{BN = IB - CT}$$

En donde:

**R=** Relación

**B=** Beneficio

**C=** Costo

## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación vamos a presentar los resultados obtenidos en nuestra investigación enfocados en el sistema de riego por goteo y su aplicación de minerales, por lo cual podemos afirmar que el sistema de riego por goteo es muy indispensable para obtener resultados positivos en todas las variables morfológicas y de rendimiento en el cultivo de ají, esto debido a que al utilizar un sistema de riego por goteo estamos nutriendo a la planta de forma asertiva, no desperdiciando ningún nutriente sino que al ser una aplicación localizada permite que las plantas puedan absorber los nutrientes enviados, por lo cual podemos testificar que el usar riego en los cultivos es la mejor alternativa para mejorar el desarrollo y productiva del cultivo.

### 11.1. Altura de planta

Una vez evaluado la altura de planta en cada uno de los tratamientos, se puede observar en la Tabla 15, que en el periodo de 45 a 90 días no existió diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, lo que respecta a los 75 días, si existen diferencias estadísticas significativas siendo la solución mineral al 120% la que obtuvo una mayor altura de planta con un valor de 85,14 cm, seguido por la solución mineral al 100% con un valor de 82,30 cm, estos valores discrepan con los presentados por Saavedra (2021), donde evaluaron a los 110 días diferentes variedades de ají con fertirriego, obteniendo valores superiores con una media de 101 cm, demostrando que al aplicar un fertirriego se llega a obtener valor positivos en la altura de planta. Por su parte, Jaraba & Medina (2008), al evaluar un sistema de riego por goteo, utilizando una dosis de  $2,64 \text{ L/planta}^{-1}/\text{día}^{-1}$  obtuvo un valor de 80 cm de altura en el cultivo de ají, resultado similar a los nuestros, lo que demuestra que el sistema de fertirriego por goteo brinda al cultivo los requerimientos ideales para que tengan un óptimo desarrollo.

**Tabla 15**

*Altura de planta en la fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Altura de planta (cm)				
	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días
T1= 120%	27,00 a	33,00 a	40,00 a	68,87 a	85,14 a
T2= 100%	25,65 a	31,35 a	38,65 a	61,85 a	82,30 b
T3= 80%	25,15 a	31,15 a	40,15 a	62,95 a	73,65 c
T4= 60%	23,95 a	29,95 a	36,95 a	60,65 a	75,40 bc
<b>CV</b>	12,66	10,24	9,27	8,89	4,72

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

## 11.2. Número de hojas (Unidad)

En la tabla 16 muestra que, no existen diferencias estadísticas significativas entre los 45 a 90 días, a los 105 días se observa que no se observa diferencia estadística entre las soluciones minerales 100, 80 y 60%, existiendo si con la solución al 120%, la cual presento el mayor número de hojas con valor de 140,26, seguido por la solución al 100% con un valor de 127,12 hojas. Estudios reportados por Gallegos, (2021), evaluó un sistema de fertirrigación para el incremento de los cultivos *Capsicum annum*, en su investigación obtuvo 233 hojas, valor superior a los reportados en nuestro trabajo, lo que significa que, este tipo de sistemas aporta los nutrientes más rápido haciendo que su asimilación sea mayor, logrando que el cultivo pueda desarrollarse de la mejor manera. Por otra parte, Zorrilla (2023), menciona que al evaluar diferentes láminas de riego por goteo con una reposición del 20% obtuvo 52,89 hojas, valor inferior a los presentados en nuestra investigación, por lo tanto, se demuestra que la fertirrigación es de suma importancia para cubrir las necesidades del cultivo.

**Tabla 16**

*Número de hojas en la fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annum*) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Número de hojas (Unidad)				
	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días
T1= 120%	26,14 a	33,42 a	39,75 a	113,81 a	140,26 a
T2= 100%	26,33 a	34,53 a	48,55 a	97,05 a	127,12 b
T3= 80%	25,12 a	30,25 a	43,11 a	105,30 a	113,35 b
T4= 60%	24,49 a	29,95 a	46,30 a	96,90 a	122,49 b
<b>CV</b>	4,74	8,98	13,98	16,51	7,48

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

## 11.3. Número de flores

En la tabla 17, se aprecia que no existen diferencias estadísticas significativas entre los dos periodos 75 y 90 días, siendo el tratamiento con mayor número de flores el T1= solución al 120%, con un valor de 6,65 flores, seguido por la solución al 100% con 4,45 flores, estos valores concuerdan con los presentados por Blas (2023), quien menciona que al ser sometido el cultivo de ají a diferentes niveles de fertirriego obtuvo un valor de 10,92 flores con 100% de riego, por lo tanto, el implementar un sistema de fertirrigación en el cultivo de ají puede presentar una buena floración.

Otra investigación reportada por Ormaza & Rosado (2018), al evaluar el sistema de riego por goteo al 80% con la utilización de goteros de 3,8 L/ha obtuvo valores similares a los nuestros en el número de flores, logrando un resultado positivo en los parámetros vegetativos del cultivo.

**Tabla 17**

*Número de flores en la fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Número de flores	
	75 días	90 días
T1= 120%	10,65 a	6,65 a
T2= 100%	8,10 a	4,45 a
T3= 80%	7,90 a	6,10 a
T4= 60%	8,55 a	6,20 a
<b>CV</b>	<b>23,50</b>	<b>33,29</b>

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

#### **11.4. Diámetro ecuatorial del fruto (cm)**

En la tabla 18, se muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo el de mayor diámetro ecuatorial el tratamiento con la solución al 80% con un diámetro de 1,72 cm, seguido por la solución al 100% con un valor de 1,65 cm. De acuerdo a Vega (2023), menciona que utilizar fertirriego con un intervalo de 2 días presenta un mayor diámetro del fruto, obteniendo en sus resultados valores superiores a los presentados en nuestra investigación, demostrando que el fertirriego desempeña una función esencial en el desarrollo adecuado de los cultivos. Resultados reportados por Gómez *et al.* (2021), menciona que al evaluar el cultivo de pimiento con un sistema de riego por goteo el diámetro ecuatorial del fruto se ve influenciado, logrando obtener valores altos, lo que significa que el sistema de riego ofrece a los cultivos las necesidades hídricas adecuadas para que puedan desarrollarse de la mejor manera.

**Tabla 18**

*Diámetro ecuatorial del fruto en la fertirrigación para el cultivo de ají (Capsicum annum) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Diámetro ecuatorial del fruto (cm)
	105 días
T1= 120%	1,57 a
T2= 100%	1,65 a
T3= 80%	1,72 a
T4= 60%	1,61 a
CV	12,37

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

### 11.5. Diámetro del tallo (cm)

Al evaluar el diámetro del tallo en cada tratamiento, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento con la solución al 100% quien obtuvo valores superiores con 1,16 cm, seguido por el tratamiento con la solución al 120% con un diámetro de 0,89 cm. Resultados superiores fueron reportados por Bahena *et al.* (2012), quienes obtuvieron diámetros de tallos que oscilaron los 3 cm, debido a que en etapas de desarrollo las plantas obtuvieron una mayor horas luz, además, fueron aplicados diferentes niveles de nutrientes y agua adecuados mediante fertirrigación obteniendo un mejor desarrollo. Según investigaciones de Elizondo & Monge (2016), el diámetro del tallo del ají puede variar de entre 1,10 y 2,7 cm, la presente investigación obtuvo valores que se encuentran en los rangos ya mencionados, por lo tanto, se puede decir que se puede obtener plantas con un buen vigor con la aplicación de fertirrigación.

**Tabla 19**

*Diámetro del tallo en la fertirrigación para el cultivo de ají (Capsicum annum) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Diámetro del tallo (cm) 90 días
T1= 120%	0,89 ab
T2= 100%	1,16 a
T3= 80%	0,76 b
T4= 60%	0,78 b
CV:	17,87

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

## 11.6. Número de botones

Para la variable número de botones, los tratamientos en los periodos de 60 a 90 días no presentaron diferencias estadísticas significativas, siendo a los 90 días el tratamiento con la solución al 120% la que mostró un valor superior con 10,90 número de botones, seguido por el tratamiento con la solución al 80% con un valor de 10,55 botones. Según Nafarrate (2016), se puede llegar a obtener un mayor número de botones con las aplicaciones de sustratos orgánicos mediante un sistema de riego por goteo bajo condiciones controladas, llegando a obtener 17,73 botones, valor superior a nuestros resultados. Por otro lado, Hernández (2023), en su investigación los botones florales aparecieron a los 30 días, alcanzando su mayor número a los 60 días, presentando valores similares a los nuestros, estos valores fueron obtenidos aplicando un sistema de riego por goteo, además, menciona que el requerimiento hídrico para este cultivo es de 5251 m<sup>3</sup>/ha.

**Tabla 20**

*Número de botones en la fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Número de botones		
	60 días	70 días	90 días
120%	8,85 a	15,30 a	10,90 a
100%	10,25 a	13,60 a	9,45 a
80%	11,25 a	11,30 a	10,55 a
60%	13,45 a	16,20 a	10,45 a
<b>CV</b>	22,54	19,55	32,59

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

## 11.7. Peso del fruto (g)

En la tabla 21, se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde la mejor solución fue al 60% con un peso de 75,75 gramos, seguido por la solución al 80% con 71,94 gramos. Chicaiza (2022), manifiesta que al aplicar diferentes dosis de fertirriego bajo invernadero obtuvo resultados ligeramente superiores a los presentados en nuestra investigación utilizando ají jalapeño, es decir, la variedad dependerá del tamaño del fruto y con ello el peso, por otro lado Gil & Montaña (2012), en su investigación obtuvo valores inferiores evaluando un sistema de riego por goteo y una cobertura del suelo, dichos valores se

deben a los altos contenidos de humedad, por lo que la evaporación es escasa, disminuyendo de manera considerada el peso de los frutos.

**Tabla 21**

*Peso de fruto en la fertirrigación para el cultivo de ají (Capsicum annum) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Peso de fruto (g) 105 días
T1= 120%	52,96 b
T2= 100%	61,93 ab
T3= 80%	71,94 ab
T4= 60%	75,75 a
CV:	16,90

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

### 11.8. Largo del fruto (cm)

En la tabla 22 se muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, siendo el tratamiento con la solución al 60% la que obtuvo un mayor valor con un largo de fruto de 12,73 cm, seguido por el tratamiento con la solución al 80% con un largo de 12,11 cm. De acuerdo con Quispe (2016), en su investigación obtuvo valores similares a los nuestros con un valor de 12, 88 cm, con la aplicación de un riego completo y parcial, manifestando que el riego es de gran importancia para la producción del cultivo de ají. Los resultados de la variable largo de fruto respalda lo mencionado por Munzón *et al.* (2022), en el cual utilizaron un riego por goteo presurizado en el cultivo de ají, obteniendo un largo de 12,75 cm, valor similar a la presente investigación.

**Tabla 22**

*Largo de fruto en la fertirrigación para el cultivo de ají (Capsicum annum) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Largo de fruto 105 días
T1= 120%	11,13 a
T2= 100%	11,93 a
T3= 80%	12,11 a
T4= 60%	12,73 a
CV:	9,35

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

### 11.9. Número de frutos cosechados por tratamiento

La tabla 23 manifiesta que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde el mejor valor lo obtuvo el tratamiento con la solución al 60% con 9,30 frutos cosechados, seguido por los tratamientos con las soluciones al 100 y 80% con 7,85 frutos cosechados. Resultados similares reportó Holguín *et al.* (2022), estos autores evaluaron tres sistemas de riego combinado con fertirrigación, obteniendo un promedio de 9,50 frutos cosechados, indicando que los sistemas de riego brindan al cultivo una mejor disponibilidad de agua lo que conlleva a un buen desarrollo y crecimiento. Así, Guiracocha (2020), informa que al aplicar un sistema de riego con una lámina al 80 y 100% se puede obtener 8,5 frutos, valor ligeramente inferior a los presentados en nuestra investigación, es decir, al aplicar el agua de acuerdo a las necesidades del cultivo puede sobresalir en el número de frutos cosechados.

**Tabla 23**

*Número de frutos cosechados en la fertirrigación para el cultivo de ají (Capsicum annum) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

Tratamientos	Número de fruto 105 días
T1= 120%	5,40 b
T2= 100%	7,85 ab
T3= 80%	7,85 ab
T4= 60%	9,30 a
CV:	18,25

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

### 11.10. Rendimiento kg/ha

La tabla 24 se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, donde el mejor fue con la solución al 60% con un rendimiento de 11362,50 kg/ha, seguido por la solución al 80% con un valor de 9289,50 kg/ha, lo que demuestra que el sistema de riego y las soluciones son de gran importancia para aumentar la producción. Según Sánchez *et al.* (2014), al probar un sistema de riego por goteo a una dosis de 5,32 L/planta<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, obtuvo un rendimiento de 12884 kg/ha, valor ligeramente superior a nuestros resultados, además, al mantenerse el suelo con una adecuada humedad, la absorción del agua por la raíz le exige un menor esfuerzo, haciendo que la producción tenga mejores condiciones. Un estudio realizado por Chicaiza (2022), reportó que al evaluar dosis de fertirriego en ají se puede obtener valores positivos en lo que respecta al rendimiento, obteniendo valores similares a los presentados en

nuestra investigación, al aplicar una fertilización equilibrada conlleva un óptimo aprovechamiento de los fertilizantes lo que genera buenos rendimientos.

**Tabla 24**

*Rendimiento en la fertirrigación para el cultivo de ají (*Capsicum annum*) mediante un sistema de riego por goteo en La Maná*

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento kg/ha</b>
T1= 120%	7944,00 d
T2= 100%	9289,50 c
T3= 80%	10790,40 b
T4= 60%	11362,50 a
CV:	0,51

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

### 11.11. Análisis económico

**Tabla 25**

*Análisis económico de los tratamientos en estudio*

<b>Tratamientos</b>	T1 = 120% Requerimiento fenológico (Calculada)	T2 = 100 % Requerimiento fenológico (Calculada)	T3 = 80% Requerimiento fenológico (Calculada)	T4 = 60% Requerimiento fenológico (Calculada)
<b>Materiales de campo</b>				
Semillas de ají	175,00	175,00	175,00	175,00
Flexómetro	4,00	4,00	4,00	4,00
Abrazadera banariego	2003,50	2003,50	2003,50	2003,50
Adap banariego 10x17MM	473,50	473,50	473,50	473,50
Adap banariego 25X3/4 H	68,00	68,00	68,00	68,00
Adap banariego 32X1 M	1756,50	1756,50	1756,50	1756,50
Adap flex	545,00	545,00	545,00	545,00
Caucho banariego	422,50	422,50	422,50	422,50
Codo banariego 32X90° y 25	167,00	167,00	167,00	167,00
Codo Flex 1	65,50	65,50	65,50	65,50
Collarin banariego	158,50	158,50	158,50	158,50
Llave banariego 25 mh	314,50	314,50	314,50	314,50
Llave banariego rosca 1 ploma y 32 mh	2165,00	2165,00	2165,00	2165,00
Manguera punta verde	1100,00	1100,00	1100,00	1100,00
Cinta banariego	1350,00	1350,00	1350,00	1350,00
Tapon Sold	827,50	827,50	827,50	827,50
Tee Banariego y flex	1521,50	1521,50	1521,50	1521,50
Venturi Banariego	928,00	928,00	928,00	928,00
<b>Fertilizantes</b>				
Nitrato de Potasio	264,00	220,00	176,00	132,00
Nitrato de amonio	180,00	150,00	120,00	90,00
Fosfato mono Potásico	264,00	220,00	176,00	132,00
Micronutrientes	180,00	150,00	120,00	90,00
<b>Mano de Obra</b>	4000,00	4000,00	4000,00	4000,00
<b>Costo total</b>	22104,50	21956,50	21808,50	21660,00
Producción (kg)	7944,00	9289,50	10790,40	11362,50
Precio Kg/USD	2,95	2,95	2,95	2,95
<b>Total Ingreso/USD</b>	23434,80	27404,03	31831,68	33519,38
<b>Beneficio neto</b>	1330,30	5447,53	10023,18	11858,88
<b>Costo/Beneficio</b>	0,06	0,20	0,31	0,35
<b>Rentabilidad %</b>	6	20	31	35

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

Para realizar el análisis económico, se tomó en cuenta la inversión de mano de obra por un año de trabajo, así como la instalación de fertirrigación y los fertilizantes por hectárea, de la misma manera se calculó el costo total por hectárea y el ingreso económico también, en lo que respecta al precio este fue considerado el precio de un kg de ají en el mercado Municipal de Guayaquil, por lo cual en la tabla 18 se observa que el tratamiento T1 = 120% Requerimiento fenológico es el de mayor inversión o costo total siendo este de \$22104,50.

En lo que respecta al ingreso económico, es importante mencionar que el tratamiento T4 60% Requerimiento fenológico fue el que mayor producción logró obtener con 11362,50 kg/ha, siendo este mismo tratamiento el que mayor ingreso económico rindió con un valor de \$33519,38 por hectárea, brindando de esta forma una rentabilidad total del 35%, deduciendo esto en que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 0,35 centavos.

Cabe mencionar que todos los tratamientos tuvieron un margen de rentabilidad positivo, demostrando así la importancia de la implementación de un fertirriego mediante un sistema de riego por goteo, siendo el tratamiento T4 = 60% Requerimiento fenológico el recomendado en esta investigación debido a sus resultados positivos tanto en rendimiento como en rentabilidad

## **12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)**

**Impacto técnico:** Se ve reflejado en la presente investigación, por lo que a partir del trabajo de campo realizado se pudo observar los aspectos positivos del sistema de riego y de las soluciones, también, se implementaron nuevas alternativas para explotar de manera positiva el cultivo de ají.

**Impacto social:** Una vez realizada la investigación los beneficiarios son los agricultores, ya que este proyecto les ofrecerá alternativas en la producción de ají, con la finalidad de producir alimentos de una mejor calidad.

**Impacto ambiental:** La investigación no presenta impactos negativos en el medio ambiente, ya que no se utilizaron dosis excesivas de los productos sintéticos, por lo que al evitar un exceso se mantiene los recursos del suelo intactos, impidiendo una degradación de los mismos.

**Impacto económico:** El consumo de ají a nivel nacional es grande, por lo que la producción de estos cultivos se ha incrementado, siendo actualmente cultivos de gran demanda por los consumidores, lo que significa que la economía de los agricultores será mejor progresivamente.

### 13. PRESUPUESTO

El presupuesto de la investigación se detalla a continuación:

**Tabla 26**

*Presupuesto de la investigación.*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario USD</b>	<b>Costo total USD</b>
Semillas de ají	1	3,50	3,50
Libreta de campo	1	1,00	1,00
Flexómetro	1	2,50	2,50
Abrazadera banariego	46	0,45	40,07
Adap banariego 10x17MM	60	0,16	9,47
Adap banariego 25X3/4 H	4	0,36	1,36
Adap banariego 32X1 M	46	0,81	35,13
Adap flex	43	0,27	10,90
Caucho banariego	60	0,15	8,45
Codo banariego 25	2	0,29	0,56
Codo banariego 32X90°	4	0,74	2,78
Codo Flex 1	4	0,35	1,31
Collarin banariego	2	1,69	3,17
Llave banariego 25 mh	2	3,35	6,29
Llave banariego rosca 1 ploma	23	1,70	39,10
Llave banariego 32mh	1	4,47	4,20
Manguera punta verde	1	22,00	22,00
Cinta banariego	1	27,00	27,00
Tapon Sold	43	0,41	16,55
Tee Banariego	23	0,98	21,15
Tee Flex	23	0,43	9,28
Venturi Banariego	2	9,89	18,56
<b>Total</b>			<b>284,33</b>

*Nota.* Elaborado por Flores & Miranda (2024)

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- El sistema de fertirriego de alta frecuencia demostró ser altamente eficiente en la entrega de agua y de nutrientes a la planta de ají, lo que ayudo a un mejor uso del requerimiento hídrico, logrando mayores rendimientos en el cultivo, mismo que se ve reflejado en cada una de las variables evaluadas.
- Las soluciones minerales tuvieron un efecto positivo en el cultivo de ají, brindando un buen desarrollo y crecimiento del cultivo, esto se puede apreciar en los resultados obtenidos, demostrando que se consiguió valores positivos en cada una de las variables que fueron evaluadas, por lo tanto, una nutrición balanceada puede lograr un rendimiento óptimo, además, servirá para orientar para futuros manejos en la nutrición de los cultivos.
- En lo que respecta el análisis económico el tratamiento T4 60% Requerimiento fenológico fue el que mayor producción logro obtener con 11362,50 kg/ha, con un valor de \$33519,38 por hectárea, brindando de esta forma una rentabilidad total del 35%, obteniendo una ganancia de \$ 0,35 centavos.

### Recomendaciones

- Evaluar el cultivo de ají en diferentes pisos climáticos, con el fin de comprobar si el efecto de las soluciones puede obtener resultados similares o superiores a nuestra investigación.
- Se recomienda la utilización de fertirriego con un sistema de riego por goteo ya que brinda al cultivo un riego uniforme, logrando suministrar el requerimiento necesario para un buen desarrollo de las plantas.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

- Alegret , E., & Martínez , Y. (2019). Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382019000300041](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000300041)
- Álvarez , J., Novillo, J., & Rico, M. (2010). Los micronutrientes, un factor importante en muchos cultivos. Obtenido de [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_agri%20fagri\\_2003\\_854\\_612\\_618.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_agri%20fagri_2003_854_612_618.pdf)
- Arias, D., & Paucar, D. (2022). Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo para la mejorar la prodcción en una plantación de fresas. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9320/1/PI-002176.pdf>
- Bahena, G., Bustos, A., Broa, E., & Jaime, M. (2012). Comportamiento agronómico del chile criollo (*Capsicum annum* L.) en fertirrigación con acolchado plástico y cubierta flotante en xalostoc, Morelos. Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Obtenido de <https://revistas.chapingo.mx/inagbi/revista/articulos/r.inagbi.2011.11.11014.pdf>
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Casanoves, F. (2008). Infostat Software Estadístico; Manual del Usuario. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/283491340\\_infostat\\_manual\\_del\\_usuario#:~:text=la%20cita%20bibliogr%3%a1fica%20correcta%20para,manual%20del%20usuario.](https://www.researchgate.net/publication/283491340_infostat_manual_del_usuario#:~:text=la%20cita%20bibliogr%3%a1fica%20correcta%20para,manual%20del%20usuario.)
- Benz, R. (2010). Levantamiento Topográfico. Obtenido de [https://iho.int/uploads/user/pubs/cb/c-13/spanish/C-13\\_Capitulo\\_6.pdf](https://iho.int/uploads/user/pubs/cb/c-13/spanish/C-13_Capitulo_6.pdf)
- Blas, J. (2023). Evlación morfológica de dos especies de ají sometidas a estrés por déficit hídrico bajo condiciones de invernadero. Barranca - Perú: Universidad Nacional de Barranca. Obtenido de <https://repositorio.unab.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/1ce61737-6d65-4d5b-b0de-26d060f6277b/content>

- Buendía , C., & Villavicencio , D. (2018). Análisis de la factibilidad de producción y exportación de Ají de Mango a Francia. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Obtenido de <http://201.159.223.180/bitstream/3317/10378/1/t-ucsg-pre-esp-cfi-388.pdf>
- Campos, R., & Arguedas, C. (2017). Crecimiento, producción y extracción nutricional en los cultivos protegidos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) utilizando dos soluciones nutritivas en Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9844/crecimiento\\_producci%C3%B3n\\_extracci%C3%B3n\\_nutricional\\_en\\_cultivos\\_%20protegidos\\_de\\_chile\\_dulce\\_%28capsicum%20annuum%20l.%29\\_tomate\\_%28solanum%20lycopersicum%20l.%29\\_utilizando\\_dos\\_soluciones\\_nu](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9844/crecimiento_producci%C3%B3n_extracci%C3%B3n_nutricional_en_cultivos_%20protegidos_de_chile_dulce_%28capsicum%20annuum%20l.%29_tomate_%28solanum%20lycopersicum%20l.%29_utilizando_dos_soluciones_nu)
- Carpio, C. (2017). Diseño del sistema de riego por goteo en 332 hectáreas bajo el cultivo de caña de azúcar para el Ingenio Pantaleón, en Escuintla, Guatemala. Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9368/dise%c3%blo\\_sistema\\_riego\\_hectareas\\_bajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9368/dise%c3%blo_sistema_riego_hectareas_bajo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cedeño, D., & Vasconez, E. (2023). Evaluación del cultivo de ají tabasco (*Capsicum frutescens*) con fertilizante inorgánico en la Parroquia Guasaganda del Cantón La Maná. La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11463/1/pim-000737.pdf>
- Chang, L. (2020). Diseño de un sistema automatizado de riego por goteo para aumentar la producción de maíz en la hacienda Durand. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Magrovejo. Obtenido de [https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2799/1/TL\\_ChangWongLeonel.pdf](https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2799/1/TL_ChangWongLeonel.pdf)
- Chicaiza, B. (2022). Evaluación de tres dosis de fertirriego en el rendimiento del cultivo de ají jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en invernadero. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazzo. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17834/1/13T01049.pdf>

- Cooper, L., & Ghanem, R. (2017). Los micronutrientes son la clave para mejorar la producción. Obtenido de <https://humagro.com/wp-content/uploads/2017/07/los-micronutrientes-son-la-clave-para-mejorar-la-produccion-white-paper-hg-sp.pdf>
- Dorta, A., Fernández, K., & Méndez, A. (2021). Consideraciones para el diseño racional de sistemas de riego por goteo. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542021000400004&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542021000400004&script=sci_arttext&tlng=es)
- Elizondo, E., & Monge, J. (2016). Caracterización morfológica de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annum* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v29n3/0379-3982-tem-29-03-60.pdf>
- FAO. (2014). El cultivo de ají (*Capsicum annum*). Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per172156anx.pdf>
- Fertilab. (2016). Fertilizantes en solución para fertirriego . Obtenido de [https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas\\_Tecnicas/pdf\\_nota/Seleccion\\_y\\_Distribucion\\_de\\_Fertilizantes\\_en\\_Solucion\\_Nutritiva\\_para\\_Fertirriego.pdf](https://www.fertilab.com.mx/AdminFertilab/Notas_Tecnicas/pdf_nota/Seleccion_y_Distribucion_de_Fertilizantes_en_Solucion_Nutritiva_para_Fertirriego.pdf)
- Flórez, D. (2013). Análisis de tendencias para la cadena hortalizas - producto ají, consumo, demanda, mercado internacional e investigación en Colombia. Corpoica. Obtenido de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11908/75748\\_65950.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/11908/75748_65950.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Franco, V. (2018). Evaluación de la eficiencia del método de riego por goteo. Cevallos: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27290/1/tesis-191%20%20ingenier%3%ada%20agron%3%b3mica%20-cd%20563.pdf>
- Gallegos, J. (2021). Mejora en el diseño de contenedores y sistemas de fertirrigación para incrementar la eficiencia de producción en cultivo sin suelo. Almería: Universidad de Almería. Obtenido de <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/10637/01.%20Tesis%20ok.pdf?sequence=1>
- Gamboa, A. (2013). Diseño de un sistema de riego por goteo autocompensado para los semilleros de caña de azúcar. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de

[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5808/sistema\\_goteo\\_ca%  
\\_azucar\\_santamarta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5808/sistema_goteo_ca%c3%b1a_azucar_santamarta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Gaybor, A. (2018). Análisis exploratorio hacia la comprensión de evolución tecnológica del riego en el Ecuador. España: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <file:///C:/Users/Personal/Downloads/Dialnet-AnalisisExploratorioHaciaLaCompensionDeEvolucionT-8270350.pdf>
- Gil, J., & Montaña, N. (2012). Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la productividad de dos cultivares de ají dulce. Obtenido de <file:///c:/users/alex/Downloads/9riegoaji.pdf>
- Gómez, B., Payares, J., Salazar, A., & Ariza, F. (2021). Características agronómicas del pimentón (*Capsicum annuum* L.) de tres variedades en el municipio de Valledupar - Cesar. Working Papers - ECAPMA, 17 - 26. Obtenido de <file:///c:/users/alex/Downloads/v5-2-wp-4234.pdf>
- Guiracocha, K. (2020). Evaluación para el uso eficiente del agua de riego en la producción del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*). Guayaquil - Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de [https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/guiracocha%20buestan%20kerly%20anabel\\_comp%20ressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/guiracocha%20buestan%20kerly%20anabel_comp%20ressed.pdf)
- Hanan, A., & Mondragón, J. (2023). Solanaceae, *Capsicum annuum* L. Chile piquín. Obtenido de [http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/capsicum-annuum/fichas/ficha.htm#:~:text=categor%  
c3%adas%20taxon%  
c3%b3micas%20superiores,%  
3a%20asteridae%3b%20orden%  
3a%20solanales.](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/capsicum-annuum/fichas/ficha.htm#:~:text=categor%c3%adas%20taxon%c3%b3micas%20superiores,%3a%20asteridae%3b%20orden%3a%20solanales.)
- Haro, M., & Valarezo, A. (2022). Evaluación agronómica de dos tipos de abonos orgánicos en el cultivo de ají jalapeño (*Capsicum annuum*), Recinto Puembo, Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi. Pujilí: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8968/1/utc-pim-000515.pdf>
- Hernández, J. (2023). Densidades de siembra en pimiento cv. aristotle (*Capsicum annuum* L.) en la zona de Cayalti. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6115/hernandez-nieto-julissa-lisette.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Holguín, B., Alvarado, A., Delgado, D., & Munzón, M. (2022). Análisis del comportamiento de tres híbridos de pimiento bajo 2 diferentes sistemas de riego. *Agronomía Costarricense*, 147-158. Obtenido de [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v46n02\\_147.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v46n02_147.pdf)
- Huang, X., Xue, J., & Zhu, H. (2013). Capsaicina y sus análogos: estudio de la relación estructura-actividad. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/236579750\\_Capsaicin\\_and\\_Its\\_Analogues\\_Structure-Activity\\_Relationship\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/236579750_Capsaicin_and_Its_Analogues_Structure-Activity_Relationship_Study)
- Inagri. (2017). Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo>
- Inagri. (2016). La Compatibilidad de los Fertilizantes en Fertirrigación. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-compatibilidad-de-los-fertilizantes-en-fertirrigacion>
- Intriago, D., & Valencia, E. (2023). Evaluación del efecto de cuatro bioestimulantes orgánicos sobre el crecimiento y producción del cultivo de ají jalapeño (*Capsicum annuum* var. *annuum*). La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/11465/1/UTC-PIM-000730.pdf>
- Intriago, A., & Sacón, J. (2012). Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo para pimiento (*Capsicum annuum* l.) en el área convencional, ESPAM–MFL. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/20/1/Intriago%20Vidal%20Andr%C3%A9s%20Bol%C3%ADvar-Sac%C3%B3n%20Zambrano%20Jos%C3%A8%20Luis.pdf>
- IPNI. (2013). Fuentes nutricionales; Urea - Nitrato de amonio (UAN). Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/494a7cca211d7e2285257bba0059b419/\\$file/nss-es-07.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/494a7cca211d7e2285257bba0059b419/$file/nss-es-07.pdf)
- Jäger, M., Jiménez, A., & Amaya, K. (2013). Guía de oportunidades de mercado para los ajíes nativos de Perú. Rome - Italy. Obtenido de [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104576/Guia\\_de\\_oportunidades\\_de\\_mercado\\_para\\_los\\_ajies\\_nativos\\_de\\_Peru\\_1729.pdf?sequence=3](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/104576/Guia_de_oportunidades_de_mercado_para_los_ajies_nativos_de_Peru_1729.pdf?sequence=3)

- Jaraba, D., & Medina, L. (2008). Determinación de los requerimientos hídricos del cultivo de ají dulce (*Capsicum annum*) a través del riego por goteo en el valle del Sinú Medio. Sincelejo: Universidad de Sucre. Obtenido de <file:///C:/Users/alex/Downloads/T635.64387%20J37d.pdf>
- Jaramillo, J. (2017). Determinar los requerimientos hídricos de pimiento (*Capsicum Annuum*), mediante el lisímetro volumétrico, en el sector San José perteneciente al sistema de riego campanamalacatos. Loja: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19043/1/jorge%20luis%20jaramillo%20condolo.pdf>
- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2013). Fertirrigación una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Melgar. Obtenido de [https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/391-2012\\_ifa\\_ipi\\_fertirrigacion.pdf](https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/391-2012_ifa_ipi_fertirrigacion.pdf)
- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2016). Fertirrigación; Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. Melgar. Obtenido de [https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/391-2012\\_ifa\\_ipi\\_fertirrigacion.pdf](https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/391-2012_ifa_ipi_fertirrigacion.pdf)
- Lema, N. (2018). El ají, variedades, técnicas y usos aplicados a la cocina moderna ecuatoriana. Quito. Obtenido de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8617/1/udla-ec-ttab-2018-05.pdf>
- López, G. (2003). Chilli: La Especia del Nuevo Mundo (Chilli: The Spice of the New World). Obtenido de <file:///C:/Users/Personal/Downloads/ChilliArticulochilecienciaspdfCNS06908.pdf>
- López, L. (2015). Biol y gallinaza en la producción de ají tabasco (*Capsicum annum*) en la zona de Patricia Pilar. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f8c83cb2-8c1f-4bbb-a8e4-664cca6d0685/content>
- Melgar, R., & Camozzi, E. (2002). Guía de fertirriego.
- Mera, D., & Ochoa, C. (2011). Creación y administración de una empresa procesadora y comercializadora de extracto de aji a ubicarse en la ciudadela villa marina via Manta-Rocafuerte. Portoviejo: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Morales . (2023). FOSFATO MONOPOTASICO 0-52-34.

- Moya, J. (2009). Riego localizado y fertirrigación. Madrid - Brcelona: Mundi-Prensa. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=la0saqaaqbaj&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Munzón, M., Holguin , B., & Chávez, G. (2022). Respuesta agronómica del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*L) a dos condiciones de riego. *Agroindustrial Science*, 73-80. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/4368/4814>
- Nafarrate, D. (2016). Producción de chile anaheim (*Capsicum annum* L.) cultivado en sustratos bajo condiciones de invernadero. Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa: Universidad Autónoma de Sinaloa. Obtenido de <http://favf.mx/web/wp-content/uploads/2018/05/NafarrateRamosDiego.pdf>
- Nuez, F., Costa , J., & Gil, R. (2010). El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Mexico.
- Nuezatal, A. (2006). Cultivo de capsicumm y su manejo en general. Mexico.
- Olivar, A. (2022). Fertirrigación: qué es y tipos. Obtenido de <https://herograespeciales.com/fertirrigacion-que-es-y-tipos/>
- Ormaza, R., & Rosado, R. (2018). Efecto del riego deficitario en la etapa inicial del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.). Chone - Manabí: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Obtenido de <file:///c:/users/alex/f/downloads/ulearn-agro-0068.pdf>
- Pino, M., & Barrera, C. (2022). Fertirrigación. INIA. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/b1848c00-1e24-409a-bb11-232e7210e3e3/content>
- Pizarro, F. (1996). Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) : goteo, microaspersión, exudación. Recuperado el 27 de Noviembre de 2023
- Rivera, E., Sandoval, M., Rodríguez, M., Trejo, C., & Gasga, R. (2014). Fertilización de tomate con nitrato y amonio en raíces separadas en hidroponía. Texcoco - México. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2014000100005](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2014000100005)
- Rizzo, E. (2021). Estudio de la incidencia del fósforo en la nodulación de las plantas leguminosas forrajeras en el trópico ecuatoriano. Universidad Técnica de Babahoyo.

Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9298/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000138.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Robles, V. (2020). Efecto de calcio y tres distanciamientos en el cultivo de ají (*Capsicum baccatum*) Cantón El Triunfo, Guayas. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Obtenido de [https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/robles%20montero%20vicente%20jose\\_compressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/archivos/robles%20montero%20vicente%20jose_compressed.pdf)

Rodríguez, A. (2022). Sistema de riego por goteo y fertirriego automatizado con sensores de humedad y telemetría para Maíz (*Zea mays*). Cañas: Universidad Técnica Nacional. Obtenido de <https://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/20.500.13077/745/sistema%20de%20riego%20por%20goteo.pdf?sequence=1&isallowed=y>

Rodríguez, E. (2009). Efecto de la fertilización química, orgánica y biofertilización sobre la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum spp.*) en el valle del Cauca. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75272/8106007.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ruiz, N., Medina, F., & Martínez, M. (2011). El chile habanero; Su origen y usos. Yucatán - Chile. Obtenido de [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62\\_3/PDF/Habanero.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/62_3/PDF/Habanero.pdf)

Saavedra, E. (2021). Evaluación del rendimiento productivo de tres variedades de ají con riego por goteo bajo tres láminas de riego en Vista Florida, Chiclayo. Lambayeque - Perú: Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Obtenido de [file:///C:/Users/alex/Downloads/Saavedra\\_Ayala\\_Edwin\\_Jos%C3%A9.pdf](file:///C:/Users/alex/Downloads/Saavedra_Ayala_Edwin_Jos%C3%A9.pdf)

Sánchez, C., Jaraba, D., Medina, J., Martínez, J., & Martínez, A. (2014). Requerimientos hídricos del ají dulce (*Capsicum annum L.*) bajo riego por goteo en el valle del sinu medio. Universidad de Sucre, Sincelejo. Obtenido de <file:///C:/Users/alex/Downloads/Dialnet-RequerimientosHidricosDelAjiDulceCapsicumAnnumLBaj-5002387.pdf>

Sánchez, D. (2017). Caracterización de la sustentabilidad, eficiencia energética y rentabilidad económica de los sistemas de producción hortícola de la parroquia San Joaquín-Azuay-

- Ecuador. Cuenca: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28218/1/Tesis.pdf>
- Santa Maria. (2024). Precio del Ají Kg . Obtenido de <https://www.supermercadosantamaria.com/detalle/-/Producto/aji-kg/30989>
- Scaldeferro, M., Cecchini, N., & García, Y. (2014). La evolución de los Chiles (Capsicum-Solanaceae): una perspectiva citogenética. Obtenido de <file:///c:/users/personal/downloads/theevolutionofchilipepperscapsicum-solanaceaeacytogeneticperspective.pdf>
- Sivisaca, J. (2013). Efecto de tres frecuencias de riego por goteo en la producción del cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) según la evaporación del tanque clase A. Loja: Universidad Nacional de Loja. Obtenido de <file:///c:/users/usuario/downloads/tesis%20final%20master%20riego%20de%20jorge%20sivisaca.pdf>
- Soquimich. (2019). El nitrato de potasio es una fuente de potasio única por su valor nutricional. Obtenido de <https://www.sqmc.cl/es/article/el-nitrato-de-potasio-es-una-fuente-de-potasio-unica-por-su-valor-nutricional#:~:text=el%20nitrato%20del%20nitrato%20de,los%20efectos%20negativos%20del%20sodio>.
- Soria, J. (2022). Sistemas de riego localizados de alta frecuencia en el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) en el litoral ecuatoriano. Babahoyo: Universidad Técnica de Babahoyo. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13164/e-utb-faciag-ing%20agron-000436.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Soria, J. (2022). Sistemas de riego localizados de alta frecuencia en el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) en el litoral ecuatoriano. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13164/e-utb-faciag-ing%20agron-000436.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Terol, J. (2015). Proyecto de construcción de un huerto escolar en el I.E.S Arzobispo Lozano de Jumilla. Jumilla: Universidad Miguel Hernández de Elche. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/1940/1/tfg%20terol%20gonz%c3%a1lez%2c%20juan%20.pdf>

- Torri, S. (2023). Fertirriego. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/silvana-torri/publication/305847937\\_fertirriego/links/57a36f4108ae3f4529226ea7/fertirriego.pdf](https://www.researchgate.net/profile/silvana-torri/publication/305847937_fertirriego/links/57a36f4108ae3f4529226ea7/fertirriego.pdf)
- Trujillo, M. (2021). Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción y Calidad en Ají Escabeche (*Capsicum bacatum* L. var. *Pendulum*). Lima: Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4794/trujillo-sanchez-marilyn-samantha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vega, L. (2023). Efecto del fertirriego en el cultivo de pimiento (*capsicum annum* L.) bajo dos sistemas de riego en invernadero. Machala: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de [https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22735/1/Trabajo\\_Titulacion\\_2787.pdf](https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/22735/1/Trabajo_Titulacion_2787.pdf)
- Zambrano, Á., & García, F. (2012). Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo para el cultivo del pepino en el area convencional ESPAM – MFL. Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López ESPAM - MFL. Obtenido de <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/23/1/zambrano%20due%c3%b1as%20c3%81ngel%20bosco-garc%c3%ada%20zamora%20francisco.pdf>
- Zorrilla, G. (2023). Características morfológicas y productiva del cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) a la aplicación de cuatro láminas de riego en condiciones de invernadero. Jipijapa - Manabí - Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5803/1/zorrilla%20cevallos%20genesis%20paola.pdf>