

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**COMPORTAMIENTO DE TRES VARIETADES DE PIMIENTO (*Capsicum annuum*
L.) EN TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, BAJO UN SISTEMA DE
FERTIRRIGACIÓN Y SOMBRA CONTROLADA**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

LOURDES VERENICE VALLES MACHADO

Asesores

CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS

GIANNFRANCO EGOÁVIL JUMP

Tingo María – Perú.

2019



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 033-2019-FA-UNAS

BACHILLER : VALLES MACHADO, LOURDES VERENICE

TÍTULO : 'COMPORTAMIENTO DE TRES VARIEDADES DE PIMIENTO (*Capsicum annum* L.) EN TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, BAJO UN SISTEMA DE FERTIRRIGACION Y SOMBRA CONTROLADA'

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Dr. JOSE W. ZAVALA SOLORZANO

VOCAL : M.Sc. JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA

VOCAL : Ing. LUIS MANSILLA MINAYA

ASESOR : Ing. CARLOS MIRANDA ARMAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 13 de noviembre del 2019

HORA DE SUSTENTACIÓN : 4:00 p.m.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE AUDIOVISUALES DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS: EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 13 de noviembre del 2019.

Dr. JOSE W. ZAVALA SOLORZANO
PRESIDENTE

M.Sc. JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL

Ing. LUIS MANSILLA MINAYA
VOCAL

Ing. CARLOS MIRANDA ARMAS
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 150 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
COMPORTAMIENTO DE TRES VARIETADES DE PIMIENTO (<i>Capsicum annuum</i> L.) EN TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, BAJO UN SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN Y SOMBRA CONTROLADA	LOURDES VERENICE VALLES MACHADO	13% Trece

Tingo María, 13 de junio de 2023

Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



COMPORTAMIENTO DE TRES VARIETADES DE PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) EN TRES DENSIDADES DE SIEMBRA, BAJO UN SISTEMA DE FERTIRRIGACIÓN Y SOMBRA CONTROLADA

Autor	: Lourdes Verenice Valles Machado
Asesor	: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas
Coasesor	: M.Sc. Giannfranco Egoávil Jump
Programa de investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea de investigación	: Fertilidad, clasificación, manejo y conservación de suelos
Eje temático	: Producción de <i>Capsicum annuum</i> bajo un sistema de fertirrigación
Lugar de ejecución	: Vivero de la Facultad de Agronomía
Duración del trabajo	: 05 meses
Financiamiento	: S/ 1 292,00

Tingo María – Perú, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: Comportamiento de tres variedades de pimiento (<i>Capsicum annuum L.</i>) en tres densidades de siembra, bajo un sistema de fertirrigación y sombra controlada.
Autor	: Lourdes Verenice Valles Machado
Asesor	: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas
Coasesor	: M.Sc. Giannfranco Egoávil Jump
Escuela Profesional	: Agronomía
Programa de Investigación	: Suelos y fertilizantes
Línea (s) de Investigación	: Fertilidad, clasificación, manejo y conservación de suelos
Eje temático de investigación	: Producción de <i>Capsicum annuum</i> bajo un sistema de fertirrigación.
Lugar de Ejecución	: Vivero de la Facultad de Agronomía
Duración del trabajo	: 05 meses
Fecha de Inicio	: 06 de mayo del 2015
Término	: 23 de octubre del 2015
Financiamiento	: S/ 1 292,00
FEDU	: NO
Propio	: SI
Otros	: NO

DEDICATORIA

A Dios, por ser nuestro creador, amparo y fortaleza, cuando más lo necesitamos, y por darme la sabiduría y fuerza para seguir adelante y superar los obstáculos que la vida nos antepone.

A mis queridos padres, Carlos y Lourdes, y mi hermano Renato que son el pilar más importante en mi vida y por el apoyo incondicional que me brindan.

A mi esposo Abraham, mis hijos Carlos y Aitana por brindarme su comprensión, cariño incondicional en momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía que contribuyeron a mi formación profesional.
- A mis asesores el Ing. Carlos Miguel Mirada Armas y M.Sc. Giannfranco Egoávil Jump, por su valiosa orientación, supervisión de la tesis, redacción y culminación de mi informe.
- A mi jurado calificador el Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano (Presidente), al Ing. M. Sc. Jorge Luis Adiazola del Águila (Miembro) y al Ing. Luis Mansilla Minaya (Miembro) por el interés, motivación, apoyo y crítica necesaria para la culminación de este trabajo.
- Al Fundo-I de la Facultad de Agronomía por su colaboración para la instalación de la tesis.
- Al Ing. Juan Mártires Ccoycca Fernández por su orientación, colaboración y supervisión de la tesis como colaborador en el trabajo de investigación.
- A todas aquellas personas que directa o indirectamente hicieron posible la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. <i>Capsicum annuum</i> (pimiento).....	3
2.1.1. Origen y distribución	3
2.1.2. Clasificación taxonómica.....	3
2.1.3. Factores edafoclimáticos.....	3
2.1.4. Propagación de <i>C. annuum</i>	4
2.1.5. Importancia nutricional.....	7
2.1.6. Variedades más cultivadas	8
2.2. Fenología del cultivo	9
2.2.1. Germinación.....	9
2.2.2. Crecimiento vegetativo	10
2.2.3. Floración - inducción a floración.....	10
2.2.4. Floración - cuaje o establecimiento de frutos	10
2.2.5. Fructificación: crecimiento del fruto – maduración	11
2.3. Sistema de Fertirrigación	11
2.3.1. Concepto general	11
2.3.2. Sistema de riego por microtúbulos	11
2.3.3. Solución nutritiva.....	11
2.3.4. Factores que influyen en un sistema de fertirriego bajo sombra	12
2.4. Trabajo de investigación realizados.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Lugar de ejecución.....	15
3.1.1. Ubicación política y geográfica	15
3.1.2. Mapa satelital	15
3.1.3. Zona de vida.....	16
3.1.4. Condiciones meteorológicas	16
3.1.5. Extracción del cultivo de pimiento y preparación de la solución nutritiva.....	16
3.2. Materiales y métodos.....	18

3.2.1. Materiales y equipos	18
3.2.2. Metodología	19
3.3. Croquis del experimento	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1. Rendimiento de <i>C. annuum</i> (pimiento)	29
4.1.1. Número de frutos por planta	29
4.1.2. Peso del fruto	31
4.1.3. Rendimiento	33
4.1.4. Dimensiones del fruto	37
4.2. Calidad de fruto de <i>C. annuum</i>	39
4.2.1. Acidez activa del fruto (pH)	40
4.2.2. Contenido total de sólidos solubles (°Bx).....	41
V. CONCLUSIONES	46
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	47
VII. REFERENCIAS	48
ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición química (100 g de porción comestible).....	8
2. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución de experimento, periodo mayo – octubre 2015.....	16
3. Requerimiento de nutrientes usada en el trabajo de investigación.	17
4. Composición de los micronutrientes (Fertrilon Combi).	17
5. Fertilizantes solubles para 1000 L de solución.	18
6. Descripción de los tratamientos en estudio.	19
7. Modelo del análisis de variancia.	20
8. Análisis de varianza para el número de frutos de <i>C. annuum</i>	29
9. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el número de frutos de <i>C. annuum</i>	30
10. Análisis de varianza para el peso de fruto de <i>C. annuum</i>	31
11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el peso de fruto de <i>C. annuum</i>	32
12. Análisis de varianza para el rendimiento de <i>C. annuum</i>	33
13. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento de <i>C. annuum</i>	34
14. Análisis de varianza de las dimensiones del fruto de <i>C. annuum</i>	37
15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) de las dimensiones del fruto de <i>C. annuum</i>	38
16. Análisis de varianza para la acidez activa del fruto de <i>C. annuum</i>	40
17. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para la acidez activa del fruto de <i>C. annuum</i>	41
18. Análisis de varianza para el contenido total de sólidos solubles ($^{\circ}$ Bx) del fruto de <i>C. annuum</i>	42
19. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) del contenido total de sólidos solubles ($^{\circ}$ Bx) del fruto de <i>C. annuum</i>	43
20. Análisis de varianza para el rendimiento de <i>C. annuum</i>	55
21. Análisis de varianza para el número de frutos de <i>C. annuum</i>	55
22. Análisis de varianza para el peso del fruto de <i>C. annuum</i>	55
23. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento de <i>C. annuum</i> (t/ha).	56
24. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el número de frutos de <i>C. annuum</i>	57
25. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el peso del fruto de <i>C. annuum</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Imagen satelital del lugar de ejecución de la investigación.	15
2. Croquis del campo experimental y sistema de riego.....	22
3. Croquis de cada unidad experimental.	23
4. Sistema de fertirriego tipo sifón.....	26
5. Curvas de: a. Rendimiento, b. Número de fruto, c. Peso de fruto.....	36
6. Longitud y diámetro del fruto de <i>C. annuum</i>	39
7. Promedio de los sólidos solubles en el fruto de <i>C. annuum</i> : a. Densidad de siembra, b. Variedades, c. Promedio de evaluaciones de los tratamientos.....	44
8. Colecta de los sustratos para el experimento.	59
9. Preparación y mezcla del sustrato para el experimento.	59
10. Almacigo de las variedades de pimiento en cubetas.....	60
11. Campo experimental en inicio de producción.....	60
12. Cosecha y evaluación de las variables establecidas.....	61
13. Producción de los tratamientos en almacenamiento.	61
14. Frutos de cosecha: T ₁ (1 planta/bolsa + Yolo Wonder), T ₂ (1 planta/bolsa + Ruby King), T ₃ (1 planta/bolsa + Anasac), T ₄ (2 plantas/bolsa + Yolo Wonder), T ₅ (2 plantas/bolsa + Ruby King), T ₆ (2 plantas/bolsa + Anasac), T ₇ (3 plantas/bolsa + Yolo Wonder), T ₈ (3 plantas/bolsa + Ruby King) y T ₉ (3 plantas/bolsa + Anasac)..	62

RESUMEN

Entre mayo y septiembre de 2015, se evaluaron tres variedades de *Capsicum annuum* (pimiento) plantados en tres densidades diferentes con un sistema de fertirrigación y sombra controlada. Se encontró que las tres variedades (Ruby King, Anasac y Yolo Wonder) tuvieron rendimientos promedio de 20,96 a 41,50 t/ha. La producción de frutos por planta varió de 3,71 a 12,25, con un peso promedio de 88,94 a 157,32 g/fruto. Las variedades Ruby King, Anasac y Yolo Wonder, sembradas con una densidad de tres plantas por bolsa, obtuvieron los mayores rendimientos, con promedios de 41,55, 37,20 y 35,84 t/ha, respectivamente. Estas tres variedades produjeron frutos de 7,21 a 8,81 cm de longitud, clasificados como de segunda calidad. El pH de los frutos varió de 4,98 a 5,22, y el contenido de azúcar (°Bx) osciló entre 5,00 y 6,56, dependiendo de la variedad y densidad de siembra. La variedad Anasac, plantada con tres plantas por bolsa, tuvo frutos menos ácidos, mientras que la variedad Yolo Wonder, plantada con una planta por bolsa, produjo frutos más dulces.

Palabras claves: rendimiento, peso, contenido de azúcar, fruto.

ABSTRACT

Between May and September 2015, three varieties of *Capsicum annuum* (bell pepper) were evaluated, planted at three different densities using a fertigation system and controlled shading. It was found that all three varieties (Ruby King, Anasac, and Yolo Wonder) had average yields ranging from 20.96 to 41.50 t/ha. The fruit production per plant varied from 3.71 to 12.25, with an average weight of 88.94 to 157.32 g/fruit. The Ruby King, Anasac, and Yolo Wonder varieties, planted at a density of three plants per bag, achieved the highest yields with averages of 41.55, 37.20, and 35.84 t/ha, respectively. These three varieties produced fruits ranging from 7.21 to 8.81 cm in length, classified as second grade quality. The pH of the fruits ranged from 4.98 to 5.22, and the sugar content ($^{\circ}\text{Bx}$) varied between 5.00 and 6.56, depending on the variety and planting density. The Anasac variety, planted with three plants per bag, had less acidic fruits, while the Yolo Wonder variety, planted with one plant per bag, produced sweeter fruits.

Keywords: yield, weight, sugar content, fruit.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo *Capsicum annuum*, conocido como pimiento, es una hortaliza ampliamente comercializada cuyo consumo ha experimentado un aumento significativo en diversos países en los últimos años. Además de su consumo fresco, su fruto se utiliza en la producción de colorantes, saborizantes y aceites, lo que lo convierte en un producto importante para la agroexportación y en una fuente de crecimiento para el sector agrícola en Perú, especialmente en las regiones costeras. Debido a su morfología y capacidad de adaptación, este cultivo puede desarrollarse tanto en zonas de baja altitud como en áreas de alta altitud, lo que ha despertado el interés de los agricultores de la provincia de Leoncio Prado. Su objetivo es diversificar sus ingresos y expandirse comercialmente, aprovechando la demanda constante de este fruto.

Es cierto que la producción de *C. annuum* en la selva peruana, específicamente en la provincia de Leoncio Prado, presenta ciertos desafíos debido a las condiciones edafoclimáticas de la región. Este cultivo requiere suelos arenoso-limosos con un pH alto y también necesita protección contra la exposición directa al sol para evitar quemaduras en los frutos. Dado que no es un cultivo común en la zona, los agricultores de la provincia de Leoncio Prado pueden enfrentar dificultades para obtener frutos de alta calidad y alcanzar los rendimientos esperados. Existe un desconocimiento generalizado sobre la producción de este cultivo, incluyendo qué variedades son óptimas para esta zona, la densidad de siembra adecuada, la fertilización correcta y otras prácticas de manejo necesarias. Es importante destacar que la adaptación de este cultivo a las condiciones de la selva peruana puede requerir investigaciones y experimentación específicas para determinar las prácticas agrícolas más adecuadas. La falta de experiencia y conocimiento en la producción de *C. annuum* en esta región puede limitar su cultivo y desarrollo en la provincia de Leoncio Prado.

La densidad de siembra es un factor de producción crucial que afecta significativamente al cultivo de *C. annuum*. Algunos estudios han demostrado que aumentar la densidad de siembra puede incrementar tanto el rendimiento como la calidad del fruto. Sin embargo, otras investigaciones han encontrado que densidades altas pueden resultar en un mayor número de frutos por hectárea, pero con una menor cantidad de frutos por planta, menor peso y dimensiones, y una calidad interna inferior en comparación con densidades de siembra más bajas. Dado que el cultivo es sensible al estrés hídrico, se ha observado que los sistemas modernos de riego localizado de alta frecuencia son beneficiosos, ya que optimizan el uso del agua de riego y otros insumos agrícolas. Por lo tanto, se recomienda a los agricultores implementar esta técnica de producción para aumentar la productividad del cultivo.

Otro aspecto importante es proteger los frutos del contacto directo con el sol, ya que esto puede causar quemaduras en la piel y disminuir la calidad del producto final. Por lo tanto, se sugiere utilizar sistemas de sombra controlada para proteger los frutos durante su desarrollo. Dado este contexto, es necesario llevar a cabo investigaciones que involucren diferentes variedades comerciales de *C. annuum*, como Ruby King, Anasac y Yolo Wonder, plantadas en diversas densidades de siembra. Esto permitiría comprender cómo cada variedad responde a una densidad de siembra específica, o si todas se ven afectadas de manera similar por una densidad particular bajo las condiciones climáticas de la provincia de Leoncio Prado.

Razón por el cual, esta investigación propuso determinar el comportamiento de tres variedades de *C. annuum* bajo la siguiente hipótesis: al menos una variedad de *C. annuum* bajo densidad de siembra, un sistema de sombra controlada y fertirrigación obtendrá un mejor rendimiento. En tal sentido, se planteó los siguientes objetivos:

Esta investigación se propuso determinar el comportamiento de tres variedades de *C. annuum* bajo ciertas condiciones, con la hipótesis de que al menos una de las variedades, cuando se planta en una densidad de siembra específica y se somete a un sistema de sombra controlada y fertirrigación, alcanzará un mejor rendimiento. Con base en esto, se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la producción de tres variedades de *C. annuum* en tres densidades de siembra bajo un sistema de fertirrigación y sombra controlada.

Objetivos específicos

1. Determinar la densidad de siembra con mayor influencia sobre el rendimiento (t/ha) de tres variedades de *C. annuum* bajo un sistema de fertirrigación y sombra controlada.
2. Determinar la calidad interna y externa del fruto de las variedades *C. annuum* en tres densidades de siembra bajo un sistema fertirrigación y sombra controlada.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. *Capsicum annuum* (pimiento)

2.1.1. Origen y distribución

El cultivo de *C. annuum* tiene una larga historia en Centro y Sudamérica, particularmente en Perú y Bolivia, mucho antes de la llegada de Cristóbal Colón. Sin embargo, fue durante el primer viaje de Colón en 1493 que se llevó el cultivo a Europa, y a partir del siglo XVI se difundió ampliamente por el resto del continente. Esta introducción en Europa representó un avance culinario, ya que el cultivo de *C. annuum* se utilizó como un sustituto o complemento de otros condimentos en la cocina europea. El género *Capsicum*, al cual pertenece el *C. annuum*, fue domesticado al menos dos veces en la historia. Un tipo de *Capsicum*, conocido como *C. chinense*, fue domesticado en la región amazónica, mientras que el tipo *C. annuum* se originó en México, donde se inició su domesticación. Los restos arqueológicos encontrados en Tehuacán, México, datados entre 6.500 y 5.500 a.C., revelan que *C. annuum* fue una de las primeras plantas domesticadas en Mesoamérica. A lo largo del proceso de domesticación, la planta, especialmente sus frutos, experimentó modificaciones. Posteriormente, los seres humanos seleccionaron y preservaron la amplia diversidad de variedades de *Capsicum annuum* en función de su tamaño, forma, color, intensidad y sabor picante. Estos procesos de domesticación y selección a lo largo del tiempo han llevado a la existencia de una gran variedad de *Capsicum annuum*, con características únicas que los hacen aptos para diferentes usos culinarios y gustos (Grajales, 2012).

2.1.2. Clasificación taxonómica

El Sistema Integrado de Información Taxonómica [ITIS] (2022), describe la clasificación taxonómica de *C. annuum* de la forma siguiente:

Reino	: Plantae
División	: Tracheophyta
Subdivisión	: Tracheophytina
Clase	: Magnoliopsida
Superorden	: Asteranae
Orden	: Solanales
Familia	: Solanaceae
Género	: <i>Capsicum</i> L.
Especie	: <i>C. annuum</i> L.
Nombre común	: Pimiento, pimentón, chile rojo.

2.1.3. Factores edafoclimáticos

2.1.3.1. Suelo

El cultivo de *C. annuum* se recomienda en suelos livianos, con una textura que puede ser areno-arcillosa o arenoso-limosa. Es esencial que estos suelos tengan un pH entre 5,80 y 7,00, aunque se tolera cierta acidez. Se requiere una buena porosidad, penetrabilidad media y contenido moderado de materia orgánica. En suelos arcillosos, es importante tener un buen drenaje para evitar enfermedades en las raíces. En casos de problemas con el riego y salinidad, se puede añadir una capa de arena para mejorar las condiciones de crecimiento en suelos problemáticos (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [CORPOICA], 2012).

2.1.3.2. Clima

La temperatura óptima para el cultivo de *C. annuum* se encuentra entre 18 y 28 °C. Temperaturas más altas pueden causar la caída de botones florales y flores, pero las temperaturas frescas durante la noche pueden compensar este efecto. Temperaturas nocturnas superiores a 30 °C también pueden resultar en la caída de flores. La humedad relativa ideal está en el rango del 50 al 70 %. Un exceso de humedad puede favorecer enfermedades y dificultar la polinización de las flores. El cultivo requiere una buena cantidad de luz, especialmente durante las primeras etapas de crecimiento. Sin embargo, una radiación solar excesiva puede causar rajaduras en los frutos y una coloración irregular al madurar. Por lo tanto, se recomienda utilizar un nivel de sombra del 55 % en el semillero y aumentarlo a medida que las plantas crecen (CORPOICA, 2012).

2.1.4. Propagación de *C. annuum*

2.1.4.1. Etapa semillero

Para el proceso de germinación de *C. annuum*, se recomienda usar bandejas de siembra con 53 a 128 celdas, con un volumen de sustrato por celda de 37 a 28 cm³. Las bandejas con 53 orificios favorecen un mayor desarrollo radicular y foliar, lo que resulta en un mejor desarrollo general de la planta. El sustrato del semillero debe ser una mezcla de abono orgánico, tierra y arena, con una buena humedad y desinfectado antes de la siembra para prevenir plagas y enfermedades. Las semillas se siembran enterrando una semilla en el centro de cada celda, a una profundidad de 2 a 3 mm, y se cubren ligeramente con sustrato. La fertilización se realiza después de la germinación, utilizando una solución líquida de nutrientes principales y secundarios. Bajo condiciones adecuadas de luminosidad, humedad, temperatura (alrededor de 25 °C) y aireación, las semillas germinan en 8 a 10 días. Las plántulas pueden ser trasplantadas al campo de 35 a 45 días después de la germinación, cuando tengan al menos cuatro hojas verdaderas, una altura promedio de 10 a 12 cm y al menos el 80 % del cepellón esté cubierto por raíces. Estas recomendaciones aseguran un buen desarrollo inicial de las

plántulas de *C. annuum* en el semillero, preparándolas para el trasplante al campo (Orellana et al., 2002; CORPOICA, 2012).

2.1.4.2. Preparación del terreno

El proceso de preparación del terreno del cultivo de *C. annuum* involucra varias etapas. Estas incluyen el arado, el surcado, la construcción de drenaje, el subsolado, el rastrillado y la aplicación de correctivos. El arado consiste en remover los primeros 45 cm de la capa superficial del suelo para promover un buen desarrollo radicular y de la planta, facilitando la penetración de las raíces y mejorando la estructura del suelo. El subsolado es un tipo de arado más profundo que se realiza en suelos que han sido utilizados previamente para pastoreo u otras actividades agrícolas. Esta técnica ayuda a romper capas compactadas del suelo, mejorando la aireación y el drenaje. El rastrillado se realiza para romper los terrones de tierra seca acumulada, controlar las malezas y mejorar las condiciones físicas del suelo. Esto proporciona una superficie más nivelada y preparada para el trasplante de las plántulas. Durante el trazado de los surcos, se marcan los lugares donde se realizarán los hoyos para trasplantar las plántulas. Por último, aproximadamente un mes antes de la siembra, se aplica materia orgánica bien compostada y los correctivos recomendados según los resultados del análisis de suelos. Estos correctivos pueden incluir la adición de nutrientes específicos o la corrección del pH, entre otros, para asegurar un suelo saludable y propicio para el crecimiento de las plantas (Orellana et al., 2002; CORPOICA, 2012).

2.1.4.3. Siembra o trasplante

Las plántulas de *C. annuum* deben tener una altura promedio del tallo de 10 a 12 cm y contar con entre cinco y ocho hojas sanas, uniformes y vigorosas. Las hojas deben estar erectas, de color verde y la raíz debe estar bien desarrollada. El lugar donde hace el trasplante debe tener una buena humedad. Antes de realizar el trasplante, se recomienda regar los semilleros de 2 a 3 horas antes para asegurar que las raíces de las plántulas no se dañen al ser arrancadas. Se sugiere realizar el trasplante por la mañana bajo condiciones ambientales favorables. Antes de realizar el trasplante, las plántulas pueden sumergirse brevemente en una solución de macro y micronutrientes para proporcionarles un impulso adicional. Las plántulas se trasplantan en surcos o camas con un ancho de 80 cm y cubiertas con acolchado plástico. Se recomienda colocar dos hileras de plantas por cama, con una distancia entre plantas de 60 cm. Esto resulta en una densidad de siembra promedio de 2,50 plantas por metro cuadrado, lo que equivale a 25.000 plantas/ha bajo invernadero (Orellana et al., 2002; CORPOICA, 2012).

2.1.4.4. Labores culturales del cultivo

a. Podas

La poda de *C. annuum* se hace de forma periódica cada semana debido a que la planta produce constantemente nuevos puntos de crecimiento en los nudos del tallo. El objetivo principal de la poda es regular el crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta. Al realizarla, se reduce la competencia por la luz, evitando el aborto de botones florales, flores y frutos jóvenes. También mejora la calidad de los frutos al permitir un desarrollo óptimo. Otra ventaja de la poda es mejorar la ventilación, reduciendo la humedad y el riesgo de enfermedades al facilitar el flujo de aire alrededor de la planta. Es importante llevar a cabo la poda con cuidado, utilizando herramientas limpias y afiladas para evitar la propagación de enfermedades. Se recomienda realizar la poda en las horas más frescas del día para minimizar el estrés en las plantas (Villagrán et al., 2012).

b. Tutorado

El cultivo de *C. annuum* en invernadero requiere el uso de un sistema de tutorado para sostener las plantas, que pueden crecer hasta 1,80 m de altura. El tutorado se realiza con postes colocados a lo largo del surco, a una distancia de 4 a 6 m. Se utiliza una fibra de calibre alrededor de los postes para dar soporte a las plantas. Se colocan hilos a diferentes alturas, comenzando a 30 cm del suelo, para evitar que los tallos se tuerzan o rompan y que los frutos toquen el suelo. Este sistema permite un adecuado crecimiento vertical de las plantas y facilita la cosecha (Villagrán et al., 2012).

c. Riego

El riego es esencial para el crecimiento y la producción de *C. annuum*. El riego por goteo, que consiste en aplicar pequeñas cantidades de agua a través de tuberías y goteros, es eficiente y beneficioso para el cultivo. Los riegos frecuentes durante el día mantienen la humedad del suelo y evitan el estrés hídrico, lo cual favorece el desarrollo de las plantas. La cantidad y calidad del agua de riego pueden variar según el clima y la disponibilidad de agua. El riego adecuado es fundamental para obtener una buena producción en términos de cantidad y calidad (CORPOICA, 2012).

d. Fertilización

C. annuum requiere una fertilización adecuada para su desarrollo. Desde el trasplante hasta la floración, necesita nitrógeno y fósforo, y posteriormente, potasio, calcio y boro para el cuajado y llenado de los frutos. El plan de fertilización incluye preparar el suelo un mes antes de la siembra, aplicar micronutrientes y hormonas durante el trasplante, y fertilizar con elementos menores dos semanas después. El fertirriego diario con fórmulas completas o simples asegura una distribución uniforme de los nutrientes para el crecimiento óptimo del cultivo (CORPOICA, 2012).

e. Deshoje

La eliminación de hojas senescentes en las plantas de *C. annuum* mejor la circulación de aire dentro de la planta, lo que reduce la incidencia de hongos y la presencia de plagas como la mosca blanca, ya que se eliminan las ninfas que se encuentran en el envés de las hojas. Además, una vez que se han cosechado los primeros frutos de la parte inferior de la planta, es recomendable eliminar las hojas senescentes para mantener un aspecto limpio y ordenado y promover el crecimiento de nuevos brotes y frutos (Villagrán et al., 2012).

f. Raleo de frutos

Esta actividad consiste en eliminar las horquetas formadas en los tallos productivos de *C. annuum*, que presentan frutos pequeños, deformados y con quemaduras por exposición al sol. Esta poda tiene como objetivo mejorar la calidad de los frutos al eliminar aquellos que no tienen valor comercial. Al eliminar estas ramificaciones improductivas, se reduce la competencia de los nutrientes y la energía de la planta, permitiendo que se dirijan hacia los frutos de mayor calidad y valor comercial. Esto contribuye a obtener una producción más deseable y de mejor calidad (Villagrán et al., 2012).

g. Cosecha y postcosecha

La cosecha de *C. annuum* se realiza manualmente utilizando tijeras para cortar el pedúnculo por encima del fruto. Antes de la cosecha, se realiza una preselección en el campo, descartando frutos dañados por enfermedades, fisiológicos o mecánicos. Los frutos recolectados se colocan en canastillas plásticas y luego se transportan al área de postcosecha y empaque. Los frutos deben tener al menos un 50% de coloración y una longitud de 10 a 15 cm al momento de la cosecha. El número de cosechas puede variar según la variedad, las condiciones de cultivo y precios en el mercado. La frecuencia de cosecha es generalmente una vez a la semana, aunque es necesario cosechar con mayor frecuencia, cada cuatro días. Se recomienda cosechar con la frecuencia necesaria para obtener frutas en su estado óptimo, lo que también estimula el desarrollo de frutas más pequeñas y nuevas flores en la planta. Durante la cosecha, se debe tener cuidado de desprender la fruta de la planta presionando suavemente con el dedo pulgar en la unión entre el pedúnculo y la rama. Es importante no dañar las ramas frágiles de la planta. Algunos cosechadores utilizan cuchillas o tijeras desinfectadas periódicamente para cosechar las frutas, evitando la propagación de enfermedades bacterianas y virales. Si se produce un desgarramiento en la fruta, puede ocasionar pérdida de agua y facilitar la entrada de patógenos (Orellana et al, 2002; Martínez, 2005; CORPOICA, 2012).

2.1.5. Importancia nutricional

El fruto de *C. annuum* tiene un alto contenido de agua (82% del volumen) y está compuesto principalmente por hidratos de carbono. Es una hortaliza baja en calorías y rica en fibra. Aunque contiene grasas, su contenido proteico es bajo. Sin embargo, es una buena

fuelle de vitaminas y especialmente rica en carotenoides, lo que la convierte en una importante fuente de antioxidantes para la salud humana. El fruto se utiliza tanto para consumo fresco como para condimentar alimentos, y desempeña un papel importante en la cocina tradicional de Centro y Sudamérica (CORPOICA, 2012).

Tabla 1. Composición química (100 g de porción comestible).

Componentes	Valores (g)	Componentes	Valores (g)
Agua	92,19	Vitamina B ₁	0,0001
	93,00	Vitamina B ₂	0,0001
Kcal	25,00	Vitamina B ₃	0,0006
	27,00	Vitamina B ₆	0,0002
Proteína	0,90	Vitamina B ₉	0,0170
	1,00	Carbono (C)	0,1900
Grasa total	0,19		0,0060
	0,50	Calcio (Ca)	0,0090
Ácidos grasos	1,00		0,1770
	0,00	Potasio (K)	0,1950
Ácidos grasos polisaturados	0,10	Fósforo (P)	0,0190
	0,00		0,0220
Carbohidratos	0,20	Magnesio (Mg)	0,0140
	5,00	Manganeso (Mn)	0,0001
	5,30	Fierro (Fe)	0,0013
	6,43	Zinc (Zn)	0,0002
Fibra cruda	1,00	Cobre (Cu)	0,0001
	1,20		
	2,00		
Fibra dieta insoluble	1,00		
	1,10		
	0,30		
Ceniza	0,60		
	1,00		
Vitamina A	5 700 uL		
Tiamina	0,07		
Niacina	0,51		
Ácido ascórbico	0,19		
Riboflavina	0,03		

Fuente: CORPOICA (2012).

2.1.6. Variedades más cultivadas

2.1.6.1. Pimientos dulces

Algunas de las variedades comunes incluyen los pimientos tipo bloc (como el California), que son de forma cuadrada o rectangular, y los pimientos alargados (como el Dulce Italiano). Los pimientos también exhiben una amplia gama de colores cuando alcanzan la madurez, lo que significa que se pueden cosechar en estado verde (inmaduro) o en colores como el rojo, dependiendo de la variedad específica (Berríos et al., 2007).

2.1.6.2. Pimientos picantes

Según Berríos et al. (2007), los pimientos picantes de la especie *C. annuum* se clasifican en diferentes variedades. Algunas de ellas son: a) Chile Jalapeño: Es

un pimiento ligeramente picante que se utiliza tanto para consumo en fresco como para su procesamiento en encurtidos, salsas, entre otros productos. b) Chile Serrano: Es otro tipo de pimiento ligeramente picante que se utiliza tanto fresco como para la preparación de salsas. Tiene forma cilíndrica con punta en forma de cuña y su color varía de verde a rojo a medida que madura. c) Pimientos tipo Güero: Son pimientos ligeramente picantes que se utilizan preferentemente para consumo en fresco y ocasionalmente para salsas u otros usos. d) Además de estas variedades, existen diferentes tipos de pimientos picantes con características específicas que pueden variar según la región o el país en el que se cultivan.

2.1.6.3. Variedad Yolo Wonder

También es conocida como pimiento trompo, es una variedad de pimiento no picante. Es semiprecoz y se caracteriza por tener una planta vigorosa, ramificada y altamente productiva. Los frutos de esta variedad tienen aproximadamente 10 cm de largo y 7 cm de diámetro, con un peso promedio de 240 g. Tienen una cáscara gruesa y carnosa, y su forma es cuadrilobulada. Los pimientos Yolo Wonder son de color verde oscuro con reflejos rojos cuando alcanzan completa maduración. La pulpa es espesa y consistente, con un sabor dulce, y la superficie del fruto es brillante. Esta variedad también se caracteriza por su resistencia al transporte (Sarita, 1994).

2.1.6.4. Variedad Ruby King

Esta variedad se destaca por su alta producción, superando los 20,000 kg/ha, y su adaptabilidad a diferentes condiciones. Aunque produce frutos de menor tamaño en comparación con otras variedades, con un peso promedio de 88 g, su longitud y diámetro promedio son de 6,40 cm (Sarita, 1994).

2.2. Fenología del cultivo

Para Del Pino (2022), el cultivo de pimiento consta de las siguientes fases fenológicas:

2.2.1. Germinación

La semilla de *C. annuum* no suele presentar latencia, por lo que su germinación requiere oxígeno, temperatura adecuada y agua. Aunque se ha investigado que hay cierta latencia en algunas variedades, en general, *C. annuum* no muestra una latencia marcada. La germinación de las semillas de pimiento es más lenta que la del tomate y requiere temperaturas entre 20 y 30 °C. A 30 °C, la germinación es más rápida, pero a temperaturas superiores a 35 °C, las semillas no germinan. La testa y el endospermo son barreras para la emergencia de la radícula, lo que contribuye a la germinación lenta. El ácido giberélico, tanto natural como artificial, puede promover la emergencia de la radícula. En condiciones normales de almacenamiento, las semillas de pimiento pueden conservar su viabilidad durante 5 a 8 años.

2.2.2. Crecimiento vegetativo

C. annuum muestra una baja tasa de crecimiento durante el desarrollo de la plántula y requiere una temperatura alrededor de 10 °C. Esto se traduce en hojas más finas y una menor producción de área foliar. El desarrollo de la plántula se ve favorecido por temperaturas diurnas de 25 a 27 °C y temperaturas nocturnas de 18 a 20 °C, y se ve afectado negativamente por temperaturas por debajo de 15 °C. La velocidad de elongación del tallo está determinada por la temperatura y responde a la diferencia de temperaturas diurnas y nocturnas, que suele ser de 5 a 8 °C (o 7 a 9 °C). A diferencia de otros cultivos, las hojas del pimiento se mantienen fotosintéticamente activas hasta las etapas tardías del crecimiento del fruto. Las raíces del pimiento pueden tolerar temperaturas máximas de 24 °C a 30 °C, pero temperaturas superiores a 30 °C afectan negativamente el rendimiento.

2.2.3. Floración - inducción a floración

La inducción de la floración de *C. annuum* está influenciada por factores internos y externos. La temperatura nocturna es el factor externo más importante, favoreciendo la formación de flores cuando se somete a bajas temperaturas (6-12 °C) durante 2-4 semanas. La floración ocurre después de 8-12 hojas y es poco afectada por el fotoperiodo, aunque 24 horas de luz pueden retrasarla. La luminosidad mínima requerida es de 3,000 lux. Las temperaturas óptimas son diurnas de 20-25 °C y nocturnas de 16-18 °C. Temperaturas superiores a 35 °C pueden causar caída de flores. El estigma permanece receptivo durante 5-7 días. La polinización es generalmente autógama, pero los insectos pueden facilitar la transferencia de polen. Las flores abren al amanecer, con estigmas receptivos durante 3 días a 28/18 °C y polen viable por 3 días. La sensibilidad a bajas temperaturas nocturnas varía según la edad de la planta. Requiere alta luminosidad y baja humedad relativa (50-70%). La producción de frutos en las primeras ramificaciones tiene mayor diferencia de rendimiento.

2.2.4. Floración - cuaje o establecimiento de frutos

El cuaje, o desarrollo del fruto, en el pimiento es un proceso importante pero solo una pequeña proporción de las flores logra cuajar debido a la caída frecuente de flores. El porcentaje de cuaje varía entre 8 % y 25 %. Factores como la cantidad de frutos, ramificaciones, etapa de desarrollo y niveles hormonales influyen en el cuaje. La temperatura diurna óptima es 20 °C, mientras que temperaturas superiores a 30 °C reducen el cuaje. Las temperaturas nocturnas bajas (8-10 °C) aumentan el cuaje. Mayor luminosidad favorece el cuaje. Altas temperaturas, estrés hídrico y rápido crecimiento del fruto causan la caída de flores. El pimiento experimenta ciclos de cuaje y abscisión. Altas temperaturas y estrés hídrico generan etileno y reducen la translocación de auxinas, provocando la caída de flores y frutos. El exceso de fertilizantes, humedad del suelo y enfermedades también pueden causar caída de flores.

2.2.5. Fructificación: crecimiento del fruto – maduración

La maduración de los frutos de *C. annuum* ocurre entre 120 y 180 días después del trasplante, dependiendo de las condiciones climáticas. La temperatura diurna óptima para el crecimiento de los frutos es de 21 °C. Sin embargo, las temperaturas antes de la floración también afectan la forma de los frutos. Las bajas temperaturas nocturnas (8-10 °C) favorecen el desarrollo de frutos más grandes que las temperaturas antes de la floración más altas (18-20 °C). Las formas anormales de los frutos pueden ser el resultado de temperaturas desfavorables, ya sean altas o bajas, durante la formación del ovario. Las bajas temperaturas, especialmente entre 12 y 15 °C durante la noche, causen malformaciones en los frutos.

2.3. Sistema de Fertirrigación

2.3.1. Concepto general

La aplicación de agua en la zona de las raíces de las plantas crea un microclima favorable para su crecimiento, ya que enfría el suelo y el aire circundante. Esto favorece el desarrollo de las plantas. Sin embargo, el objetivo principal de la fertirrigación es utilizar el flujo de agua del sistema de riego para mejorar la distribución de agua y nutrientes hacia las raíces de las plantas. De esta manera, se mejora la asimilación de los fertilizantes, lo que resulta en un aumento en el rendimiento y la calidad de las cosechas. El riego por goteo es una técnica que aprovecha la tecnología de la fertirrigación al proporcionar los nutrientes necesarios a las plantas durante cada etapa de crecimiento. Para lograr una producción de 50,000 a 60,000 kg/ha de *C. annuum*, se requieren las siguientes cantidades de nutrientes: nitrógeno (N): 250-350 unidades, fósforo (P₂O₅): 120-150 unidades y potasio (K₂O): 300-400 unidades. Estas cantidades son necesarias para asegurar un crecimiento óptimo de las plantas y obtener un rendimiento deseado (Vásquez et al., 2008; Reche, 2010).

2.3.2. Sistema de riego por microtúbulos

El sistema de riego por microtúbulos es una forma tecnificada de irrigación que optimiza el suministro de agua a los cultivos, reduciendo el desperdicio y el riesgo de erosión. Este sistema utiliza tuberías emisoras sobre la superficie del suelo para crear una banda constante de humedad en los cultivos de línea. Proporciona una distribución precisa del agua en la zona de las raíces sin mojar las hojas, evitando así el crecimiento de hongos. Además, permite la aplicación de fertilizantes y reduce los costos de producción al disminuir el control de malezas. Y requiere agua limpia para evitar la obstrucción de los microtúbulos. El sistema se compone de microtúbulos delgados, punzones y guías para la instalación, y tanques para almacenar la solución nutritiva. Es especialmente utilizado en cultivos hidropónicos y se puede regular para realizar múltiples riegos diarios (Pizarro, 1990; Berrones et al., 2013).

2.3.3. Solución nutritiva

La solución nutritiva utilizada en la fertirrigación está compuesta por agua con oxígeno y nutrientes esenciales en forma iónica. Además, puede incluir compuestos orgánicos como los quelatos de hierro. Es importante que la solución sea una solución verdadera con los iones disueltos para asegurar la disponibilidad de los nutrientes para las plantas y evitar deficiencias causadas por precipitación de los iones. La calidad del agua es crucial, ya que las aguas salinas requieren cultivos tolerantes a la salinidad y un mayor drenaje para evitar la acumulación de elementos fitotóxicos en el sustrato. Algunas características importantes de la solución nutritiva son la relación mutua entre aniones y cationes, la conductividad eléctrica (C.E.), el pH, la relación entre NO_3^- y NH_4^+ y la temperatura. Estas características tienen un impacto positivo en el desarrollo de los cultivos (Lara, 2000; Resh, 2001).

2.3.4. Factores que influyen en un sistema de fertirriego bajo sombra

2.3.4.1. Densidad de siembra

El distanciamiento de siembra en el cultivo de *C. annuum* varía según la distribución del invernadero y el sistema de cultivo. Las densidades óptimas suelen ser de 2,50 a 3,00 plantas/m², pero esto puede variar según la estructura del invernadero, los requisitos de calibre de los frutos, el tipo de poda y la vigorosidad de la variedad. Los distanciamientos más comunes utilizados por los productores oscilan entre 0,30 y 0,40 m entre plantas y entre 0,90 y 1,20 m entre surcos. Bajo condiciones de invernadero, se ha alcanzado un rendimiento de hasta 80 t/ha con densidades de 9 a 10 plantas/m² (Orellana y León, 2005; Zúñiga et al., 2004; Berríos et al., 2007).

2.3.4.2. Sustrato

La selección del sustrato depende de características específicas del cultivo y de las variables ambientales. Los sustratos inertes se caracterizan por tener una alta capacidad de retención de agua fácilmente disponible (aproximadamente 20 a 30% en volumen). También deben tener partículas que permitan una adecuada relación entre el aire y el agua, una baja densidad aparente y una alta porosidad (superior al 85%). Es importante que el sustrato tenga una composición y estructura homogéneas y estables, pero con una capacidad de intercambio catiónico casi nula o muy baja. Además, debe estar libre de elementos tóxicos y fitopatógenos (Llerena, 2007).

2.3.4.3. Luminosidad

C. annuum es una planta que requiere una alta luminosidad, especialmente durante las etapas iniciales de su desarrollo y durante la floración. Aunque no es muy exigente en cuanto a la duración del fotoperiodo, sí requiere una intensidad de luz alta, especialmente durante el periodo de floración. Esto significa que la planta necesita recibir una cantidad adecuada de luz intensa para poder florecer correctamente y producir frutos de buena

calidad. Es importante proporcionar a las plantas de *C. annuum* una exposición adecuada a la luz solar o utilizar iluminación artificial de alta intensidad cuando se cultive en invernaderos u otras condiciones de cultivo controladas (Orellana et al., 2002).

2.4. Trabajo de investigación realizados

Zuñiga et al. (2004), realizaron un estudio sobre condiciones de invernadero utilizando sistemas de riego en hidroponía, y observaron que el uso de sistemas de riego con recirculación de solución nutritiva en el cultivo de *C. annuum* puede ser una alternativa efectiva para enfrentar problemas de escasez de agua y contaminación de los mantos acuíferos. Se encontró que, al inicio del ensayo, el sistema de subirrigación promovió un mayor crecimiento de las plantas, altura y producción de materia seca en comparación con el sistema de riego superficial. Sin embargo, hacia el final del cultivo, estas variables fueron mayores en el sistema de riego superficial. En cuanto al rendimiento y la cantidad de frutos cosechados, inicialmente se obtuvieron mejores resultados en el sistema de subirrigación, pero en las últimas cosechas, el sistema de riego superficial superó al sistema de subirrigación. El rendimiento promedio en plantas fue de 34,50 kg/m² para el sistema de subirrigación y 37,80 kg/m² para el sistema de riego superficial. Además, el sistema de riego superficial produjo una mayor cantidad de frutos de mejor calidad por unidad de área. En relación a la concentración de nutrientes en la materia seca de las plantas, se observó que el sistema de subirrigación mostró una mayor concentración de calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), manganeso (Mn) y zinc (Zn) en comparación con el sistema de riego superficial. Estos resultados indican que la elección del sistema de riego puede tener un impacto significativo en el crecimiento, rendimiento y calidad de los frutos de *C. annuum* en cultivos hidropónicos en invernadero.

Orellana y León (2005), evaluaron la producción de tres variedades de *C. annuum* en un cultivo hidropónico bajo invernadero, se obtuvieron las siguientes conclusiones: a) La variedad Tropical Irazú tuvo el rendimiento más alto con 19,44 t/ha, mientras que la variedad Marconi tuvo un rendimiento inferior con 11,28 t/ha. b) La variedad Tropical Irazú mostró el mayor beneficio neto con un total de 29,160 U\$\$/ha, lo que la convierte en la variedad más rentable en comparación con las otras dos variedades. c) En cuanto a la altura de las plantas, las variedades Marconi y Tropical Irazú alcanzaron una altura promedio de 138,12 cm y 136,00 cm, respectivamente, mientras que la variedad Cubanelle fue la más baja con una altura de 109,85 cm. d) La variedad Tropical Irazú produjo el mayor número de frutos por planta (36,23), mientras que la variedad Marconi tuvo el menor número de frutos por planta (23,23). e) En cuanto a las características de los frutos, la variedad Tropical Irazú tuvo frutos más largos con una longitud promedio de 9,68 cm, mientras que la variedad Cubanelle tuvo frutos con mayor diámetro, con un promedio de 3,29 cm.

Paulus et al. (2015), realizaron un estudio sobre el crecimiento, producción y calidad de frutos de dos cultivares de *C. annuum* (BRS Mari y pimiento) bajo diferentes densidades de siembra, se obtuvieron las siguientes conclusiones: a) El cultivar BRS Mari mostró un mayor número de frutos (199,33), rendimiento (5,87 t/ha), masa de fruta fresca por planta (768,67 g) y contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina. b) La densidad de siembra no afectó el número de frutos, longitud y diámetro del fruto, y contenido de sólidos solubles. c) La densidad de siembra de 1,00 x 1,25 m obtuvo el mayor rendimiento (22,88 t/ha). d) Las densidades más bajas resultaron en un mayor contenido de capsaicina y dihidrocapsaicina. e) La densificación puede ser una estrategia efectiva para aumentar la productividad de los cultivares de *C. annuum* evaluados.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política y geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en el vivero agrícola de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva -Tingo María, ubicado:

3.1.1.1. Política

Distrito : Rupa Rupa
Provincia : Leoncio Prado.
Región : Huánuco

3.1.1.2. Geográfica

Longitud oeste : 0390560 m N.
Latitud sur : 8970048 m E.
Altitud : 654 msnm.

3.1.2. Mapa satelital

El lugar experimental se encuentra ubicado en el km 12 de la margen derecha del río Huallaga (Figura 1).



Figura 1. Imagen satelital del lugar de ejecución de la investigación.

Fuente: Google earth (2017).

3.1.3. Zona de vida

Tingo María se encuentra en la formación vegetal bosque muy húmedo Pre-montano Tropical Bmh - PT, y de acuerdo con las regiones naturales del Perú corresponde a Rupa Rupa o Selva Alta. Hidrográficamente pertenece a la cuenca del río Huallaga; el comportamiento climático es variable (Becerra, 2014).

3.1.4. Condiciones meteorológicas

En Tingo María, los meses con mayores precipitaciones son de septiembre a abril, alcanzando su punto máximo en febrero con un promedio mensual de 608,4 mm. La temperatura media es de 24,90 °C, la humedad relativa promedio es del 86% y la velocidad máxima del viento llega a 22,20 m/s (Becerra, 2014). Durante los meses que se realizó el trabajo de investigación, se registraron que las temperaturas máximas, mínimas y medias fueron en promedio 30,90; 20,15 y 25,47 °C respectivamente, asimismo la humedad relativa promedio que se registró fue de 82,83 % (Tabla 2), estas condiciones climáticas hubieran sido desfavorables si es que no se hubiera controlado el nivel de sombra, al respecto CORPOICA (2012), menciona que la temperatura ideal para pimiento oscila entre 18 y 28 °C y la humedad relativa óptima oscila entre el 50 y el 70 %.

Tabla 2. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución de experimento, periodo mayo – octubre 2015.

Meses	Temperatura (°C)			H.R. (%)	P.P (mm)	Horas sol
	Máxima	Mínima	Media			
Mayo	29,90	20,60	25,25	85,00	296,20	151,00
Junio	30,20	20,10	25,15	84,00	127,10	187,70
Julio	30,10	19,70	24,90	84,00	173,10	192,30
Agosto	31,10	19,80	25,45	83,00	50,80	217,00
Septiembre	32,70	20,10	26,40	80,00	43,50	197,00
Octubre	31,70	20,60	26,15	81,00	147,90	173,60
Promedio	30,95	20,15	25,55	82,83	139,77	186,43

Fuente: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones de Tingo María (2022).

3.1.5. Extracción del cultivo de pimiento y preparación de la solución nutritiva

La preparación de la solución nutritiva se realizó en base a lo recomendado por la Universidad Nacional Agraria La Molina para cultivos hortícolas que consiste en preparar dos soluciones (Micronutrientes y macronutrientes). Las soluciones de los

nutrientes se dan normalmente en ppm de las concentraciones de cada uno de los elementos esenciales. La fórmula en esta investigación corresponde a lo siguiente:

Tabla 3. Requerimiento de nutrientes usada en el trabajo de investigación.

Elementos	Cantidad(ppm)
Nitrógeno	195,00
Fósforo	61,50
Potasio	180,00
Calcio	112,00
Magnesio	53,10
Azufre	70,00
Fierro	0,4
Manganeso	0,4
Zinc	0,15
Cobre	0,15
Boro	0,05
Molibdeno	0,01

Estas concentraciones obedecen al trabajo de investigación realizado por Cometivos (2015), quien utilizó Fertrilon Combi (Tabla 4) como fuente de micronutrientes, en producción de pimiento en condiciones de trópico y bajo control y fertirriego los cuales dieron resultados muy satisfactorios.

Tabla 4. Composición de los micronutrientes (Fertrilon Combi).

Micronutrientes	Concentración (%)	Cantidad en 10 g /1000 L de agua	Cantidad total (g)**
Manganeso	4	0,4	12,8
Hierro	4	0,4	12,8
Cobre	1,5	0,15	4,8
Zinc	1,5	0,15	4,8
Boro	0,5	0,05	1,6
Molibdeno	0,1	0,01	0,32
Total		1,16	37,12

**Cantidad de solución aplicada fue de 32 m³

Se aplicó Fertrilon Combi 10 g/1 000 L de agua haciendo un total de 1,16 g de micronutrientes, asimismo la cantidad total de Fertrilon combi usado fue de 320 g. en cuanto a la aplicación de macronutrientes (Tabla 5), se usó 2 133,18 g/ 1 000 L de agua haciendo un total de 68,26 kg en 32 000 L.

Tabla 5. Fertilizantes solubles para 1000 L de solución.

Fertilizante	Proporción (g)	Cantidad total (kg) **
KNO ₃	475,54	15,22
Ca(NO ₃) ₂	673,32	21,55
Mg(SO) ₄	543,33	17,39
(NH ₄)H ₂ PO ₄	183,3	5 865,6
NH ₄ NO ₃	210,63	6,74
H ₃ PO ₄	47,06	1,51
Total	2 133,18	68,26

**Cantidad de solución aplicada fue de 32 m³

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Materiales y equipos

3.2.1.1. Semillas e insumos

❖ Semillas

- 240 semillas de *C. annuum* variedad Ruby King, 240 semillas de *C. annuum* variedad Anasac y 240 semillas de *C. annuum* variedad Yolo Wonder.

❖ Insumos

- Nitrato de potasio, Nitrato de cal, Sulfato magnésico, Fosfato monoamónico, Nitrato de amonio y Ácido fosfórico.

3.2.1.2. Materiales

- ❖ 6 tubos de PVC de 2", 1 tanque de 1000 L, 1 rollo de microtúbulos 2 mm, 6 filtros y 6 llaves de paso, 100 m de manguera de polietileno de 1" de diámetro, 6 codos, 6 tapones y Cajones de madera.

3.2.1.3. Equipos

- ❖ Balanza de 10 kg y Fumigadora de 20 L marca SOLO.

3.2.2. Metodología

3.2.2.1. Método estadístico

a. Componentes en estudio

❖ Variable dependiente

- *C. annuum* variedad Ruby King.
- *C. annuum* variedad Anasac.
- *C. annuum* variedad Yolo Wonder.

❖ Variables independientes

- 1 planta/bolsa.
- 2 plantas/bolsa.
- 3 plantas/bolsa.

b. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio son (Tabla 6):

Tabla 6. Descripción de los tratamientos en estudio.

Clave	Tratamientos en estudio		Total de plantas en todo el experimento
		Descripción	
T ₁	1 planta/bolsa + Yolo Wonder		60
T ₂	1 planta/bolsa + Ruby King		60
T ₃	1 planta/bolsa + Anasac		60
T ₄	2 plantas/bolsa + Yolo Wonder		120
T ₅	2 plantas/bolsa + Ruby King		120
T ₆	2 plantas/bolsa + Anasac		120
T ₇	3 plantas/bolsa + Yolo Wonder		180
T ₈	3 plantas/bolsa + Ruby King		180
T ₉	3 plantas/bolsa + Anasac		180

c. Diseño experimental

Para esta investigación, se utilizó el diseño completamente al azar con un total de nueve tratamientos distribuidos en cuatro repeticiones.

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \epsilon_{ij} \quad (1)$$

Dónde:

Y_{ij} = Respuesta obtenida del i -ésimo tratamiento en estudio de la j -ésima repetición.

μ = Efecto de la media general.

σ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio del error experimental.

Para:

i = 1, 2, ..., 9 tratamientos.

j = 1, 2, ..., 4 repeticiones.

d. Análisis estadístico

❖ Análisis de variancia y prueba de Duncan

Para esta investigación se usó el software SAS (Statistical Analysis System) versión en español 2019 para hallar el análisis de variancia (F. tab. = 0,01-0,05) (Tabla 7) y coeficiente de variación de los ensayos (2) y, asimismo, se halló las diferencias entre los promedios de los tratamientos en estudio que fueron obtenidos en las distintas evaluaciones con la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$).

Tabla 7. Modelo del análisis de variancia.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F Cal.	F Tab.
Tratamientos	T-1	SC _{trat}	SC _{trat} /gl _{trat} = CM _{trat}	CM _{trat} /CM _{ee}	F $_{\alpha}(gl_{trat}, gl_{ee})$
Error experimental	T $_{x}(r-1)$	SC _{ee}	SC _{ee} /gl _{ee} = CM _{ee}		
Total	(T $_{x}r$)-1	SC _{total}			

GL = grados de libertad. SC = suma de cuadrados. CM = cuadrados medios.
T = tratamientos, r = repetición.

El coeficiente de variabilidad (CV) se halló con la siguiente fórmula (2):

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{Y...} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

CV = Coeficiente de variabilidad.

CM_e = Cuadrado medio del error.

Y... = Promedio total de los tratamientos.

e. Características del campo experimental

Los croquis de la parcela y repeticiones del área experimental presentaron las siguientes dimensiones (Figuras 2 y 3):

❖ **Características de cada repetición**

Número de repeticiones	= 4
Distancia entre repeticiones	= 0,40 m
Ancho de la repetición	= 1,30 m
Largo de la repetición	= 2,00 m
Área de la repetición	= 2,60 m ²
Plantas por 1 golpe/bolsa/repetición	= 10
Plantas por 2 golpes/bolsa/repetición	= 20
Plantas por 3 golpes/bolsa/repetición	= 30

❖ **Características de cada parcela**

Número de bolsas por repetición	= 10
Distancia entre parcelas	= 1,00 m

Total de plantas/parcela:

1 golpe/bolsa	= 60
2 golpes/bolsa	= 120
3 golpes/bolsa	= 180

❖ **Características del área experimental**

Ancho	= 13 m
Largo	= 13 m
Área total	= 169 m ²

3.3. Croquis del experimento

El croquis del experimento (Figura 2) y el croquis de cada repetición se muestran en la Figura 3.

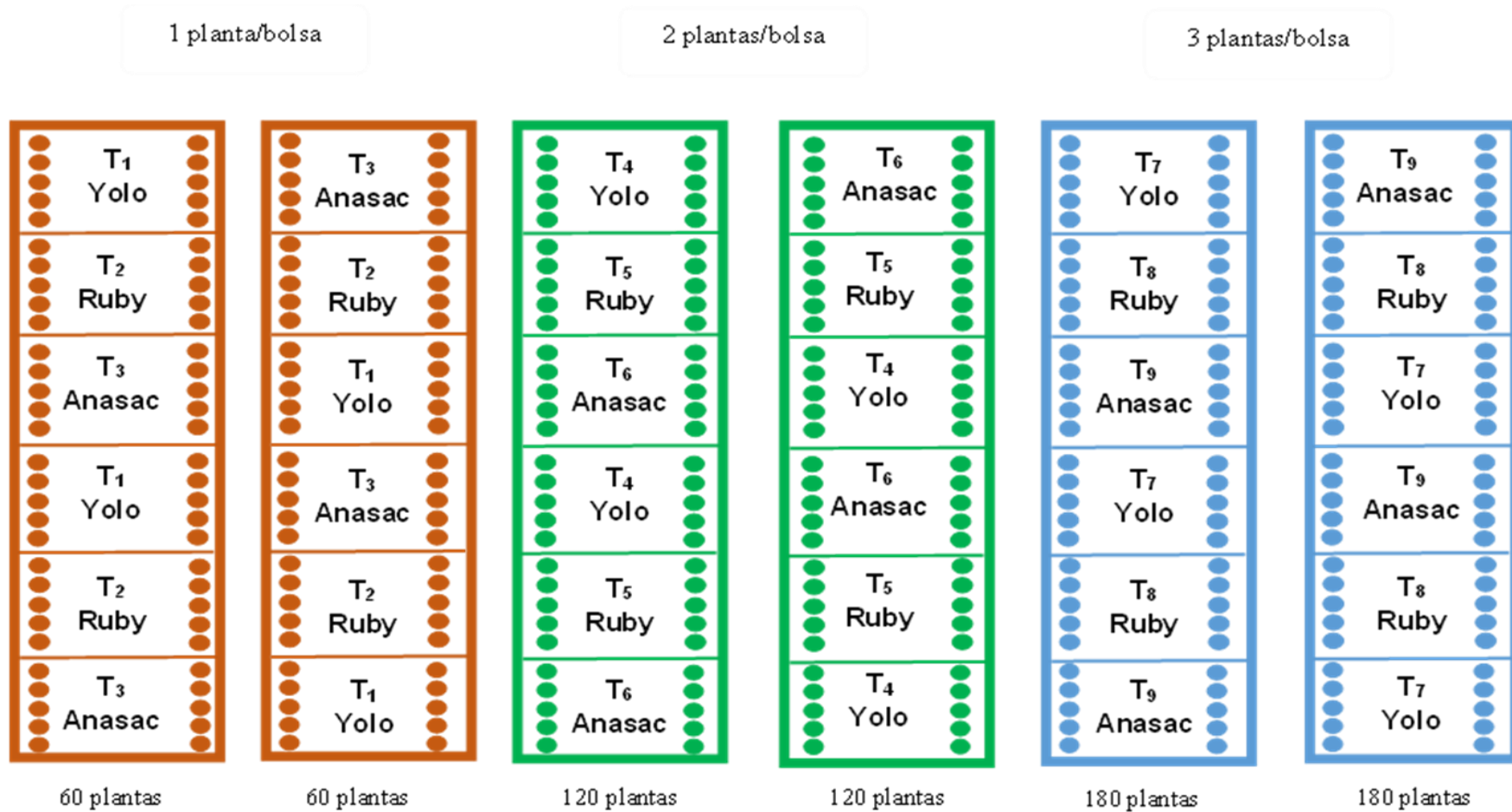
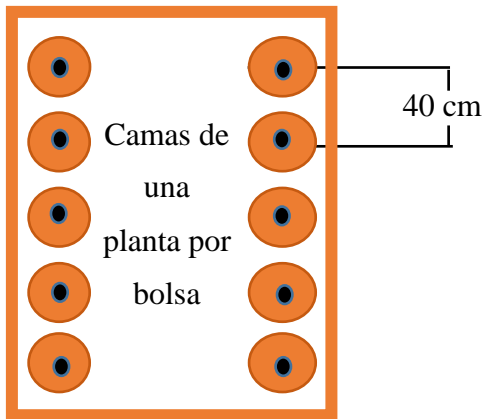
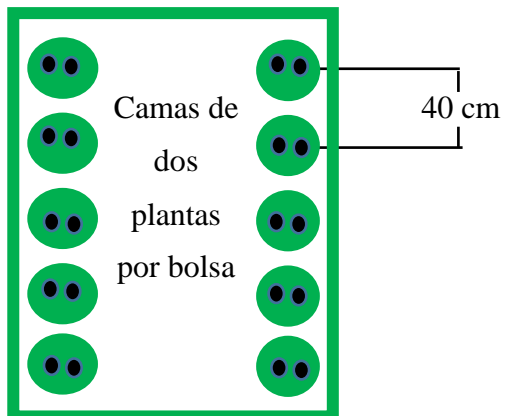


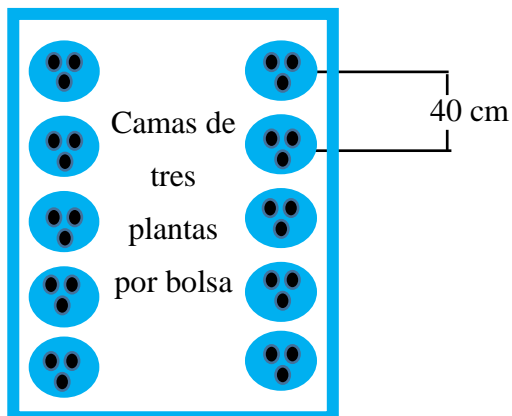
Figura 2. Croquis del campo experimental y sistema de riego.



En el sistema de camas con una planta por bolsa, la distancia entre cada bolsa será de 40 cm. Se usarán bolsas con un volumen de 20 litros. Cada tratamiento se repetirá 4 veces, y en cada repetición consistirá en 10 unidades experimentales.



En el sistema de camas con dos plantas por bolsa, el distanciamiento entre cada bolsa será de 40 cm. Se utilizarán bolsas con un volumen de 20 litros. En cada tratamiento se repetirá 4 veces, y cada repetición constará de 10 unidades experimentales.



En las camas de tres plantas por bolsa, el distanciamiento de bolsa a bolsa será de 40 cm, las bolsas a utilizar serán de un volumen de 20 litros, la repetición para cada tratamiento será de 4, cada repetición constará de 10 unidades experimentales.

Figura 3. Croquis de cada unidad experimental.

3.3.1.1. Metodología en fase de campo

a. Ejecución del experimento

❖ Limpieza y acondicionamiento del área experimental

El experimento se llevó a cabo en el vivero de la facultad de Agronomía, que tenía un área total de 169 m². El vivero estaba compuesto por seis camas de concreto, cada una con un tamaño de 16,9 m², y estaban distanciadas a una distancia de 1,00 m entre ellas. Antes de iniciar el experimento, se realizó una limpieza completa de malezas en cada cama. Luego, se aplicó el herbicida glifosato (80 mL por una mochila de 20 L) y se colocó una malla Raschell que permitía el paso del 50 % de la luz solar, con el objetivo de proteger los frutos de *C. annuum* de la exposición directa al sol. Finalmente, sobre las camas se colocaron bolsas de polietileno que contenían sustratos que estaban compuestos por aserrín descompuesto y bocashi.

❖ Obtención de los sustratos

Se obtuvieron un total de 3 420 kg de aserrín descompuesto, en promedio, durante un periodo de cinco años. Esto equivale aproximadamente a 60 sacos de aserrín. Además, se obtuvieron 200 kg de bocashi para su uso en la mezcla. Estas labores de recolección se llevaron a cabo 40 días antes de la instalación del área experimental.

❖ Mezcla de los sustratos

Se procedió a mezclar el aserrín descompuesto y el bocashi en una proporción de 0,95:0,05, y se agregó una solución líquida de microorganismos eficientes (ME) en una cantidad de 200 litros, aproximadamente, para obtener un volumen total de aproximadamente 6 m³. Los ME fueron adquiridos del fundo del Ing. Mendis Paredes. Luego de la adquisición, se utilizó una pala para mezclar los ingredientes en un ambiente techado durante 20 días. Esto permitió que los microorganismos eficientes continuaran descomponiendo la mezcla y aseguró una buena oxigenación. Posteriormente, la mezcla se colocó en 360 bolsas de polietileno con dimensiones de 15 x 20 x 0,03 cm. Las bolsas fueron llevadas a las camas del vivero y se colocaron en filas de acuerdo con las densidades y los tratamientos establecidos.

❖ Almacigo del pimiento

Las semillas de las tres variedades de *C. annuum* (Ruby King, Anasac y Yolo Wonder) fueron adquiridas del Semillero Manrique ubicado en Lima. La siembra se llevó a cabo el 26 de abril del 2015 utilizando bandejas de almacigo con 200 orificios cada una. Los orificios tenían una profundidad de 43 mm, un diámetro superior de 24 mm y un diámetro inferior de 11 mm. Como sustrato se utilizó aserrín descompuesto esterilizado en agua hervida. Las plántulas germinaron en aproximadamente 15 días desde la siembra.

❖ Vivero de plantas de pimiento

El 26 de mayo, los plantines fueron trasladados al vivero. Para facilitar la eliminación del exceso de humedad, se prepararon cucuruchos de papel periódico con una capacidad aproximada de 80 cm³. Estos cucuruchos se llenaron con aserrín descompuesto como sustrato y se colocaron los plantines de almácigo en ellos. Los cucuruchos con los plantines se mantuvieron bajo techo con una adecuada aireación. Los plantines permanecieron en estos cucuruchos durante un período de al menos 15 días.

❖ **Trasplante y acomodado de las bolsas**

El 10 de junio se llevó a cabo el trasplante de las plántulas a las bolsas según el tratamiento establecido. En ese momento, las plantas tenían una altura de 15 cm y cuatro hojas. Para realizar el trasplante, se hizo un hoyo en el sustrato de las bolsas utilizando un tubo de metal de forma cónica. Luego, se colocó la plántula en el hoyo para su posterior establecimiento.

❖ **Riego y/o fertirriego**

La composición de la solución nutritiva se determinó en ppm a través de ensayos realizados según Cometivos (2015) (Tabla 3). Para la preparación de la solución al 100%, se utilizó un tanque de 1000 L, que se llenó hasta los 900 L. Primero se agregaron 47 ml de solución reguladora del pH (H₃PO₄), luego se añadieron 183 g de fosfato monoamónico, 10 g de microelementos (Fertrilon combi) y finalmente las sales. Se utilizó un sistema de riego por microtúbulos en un sistema abierto, lo que significa que no hubo reingreso de agua de riego. El riego se aplicó hasta cinco veces al día durante la etapa vegetativa (crecimiento) y de cuatro a seis veces al día durante las etapas de floración, fructificación y maduración. Los horarios de riego fueron a las 7 a.m., 9 a.m., 11 a.m., 2 p.m. y 4 p.m. Se aplicaron 140 ml de solución nutritiva por riego. Para la aplicación de la solución nutritiva, se abrieron las llaves de paso de cada recipiente y se utilizó mangueras de polietileno de color negro con un diámetro de 1" y microtúbulos con un diámetro de 2 mm. La solución nutritiva recorrió cada tratamiento/planta a través de estos sistemas de riego. El tiempo de aplicación de riego fue de 1,50 minutos.

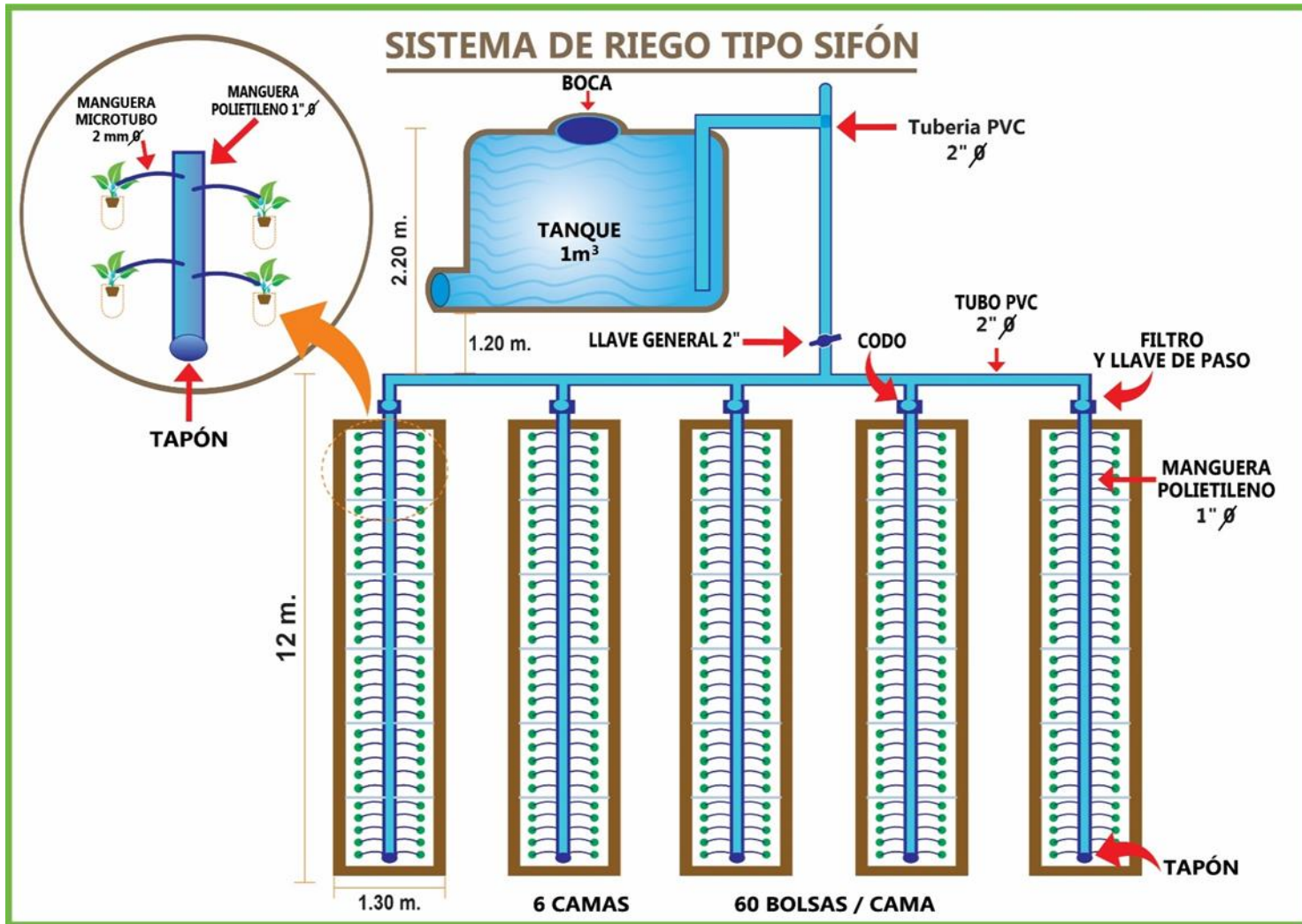


Figura 4. Sistema de fertirriego tipo sifón.

b. Manejo agronómico

❖ Control de malezas

Durante todo el período de cultivo, se llevó a cabo un control manual de malezas dentro de cada una de las bolsas de cultivo de forma mensual. Además, antes de realizar el trasplante, se realizó la eliminación de malezas durante toda la etapa fisiológica en el área de los bordes y caminos que rodeaban las parcelas experimentales. Las malezas que se encontraron con mayor predominio fueron *Cyperus rotundus* (Coquito) y *Laportea* sp. (Ishanga).

❖ Control de plagas y enfermedades

Para el control preventivo de insectos plagas, se utilizó una mezcla de productos sistémicos. Se empleó Fitoraz a una dosis de 24 mL, junto con Golden a una dosis de 12 mL y Carbendazim a una dosis de 36 mL, por cada mochila de 20 L de agua. Esta mezcla se aplicó cada 8 días para prevenir la presencia de insectos plagas. Cuando hubo presencia de ácaros, se utilizó un acaricida llamado Abamectina a una dosis de 10 mL por 20 L de agua.

❖ Aporque

Se realizó un proceso de escarda manual para cubrir las raíces superficiales de las plantas. Esta actividad se llevó a cabo en dos ocasiones durante el cultivo. La primera se realizó 15 días después de la siembra, cuando las plantas fueron trasplantadas a las bolsas definitivas el 25 de junio. La segunda se llevó a cabo 15 días después de la primera, el 10 de julio.

❖ Tutorado

El sistema de colgado utilizado para las plantas consistió en sujetar las plantas desde la parte basal utilizando rafia. Se hacen anillos de tres a cuatro vueltas alrededor de la planta y se lleva el hilo hacia el alambre ubicado a una altura determinada. A medida que la planta crece, se continúa enrollando o sujetando el hilo tutor con anillos adicionales hasta que la planta alcance el alambre. Este método permite mantener las plantas erguidas y proporciona soporte a medida que crecen, evitando que se inclinen o se dañen debido al peso de los frutos.

❖ Fertilización foliar

Se aplicó abono foliar Fetrilon Combi® en momentos críticos del ciclo de la planta. La primera aplicación se realizó a pocos días después de la germinación. La segunda aplicación se llevó a cabo antes de la fase de floración, y la tercera aplicación se realizó durante el llenado de los frutos.

❖ Cosecha

Se llevaron a cabo seis cosechas durante el ciclo de cultivo del ají pimentón, con una frecuencia de 15 días. La cosecha comenzó cuando los frutos alcanzaron su color rojo característico. Para recolectar los frutos, se utilizó una tijera y se realizaron cortes precisos para evitar dañar las plantas y los frutos. Se tuvo especial cuidado en no ejercer fuerza excesiva que

pudiera dañar la planta durante la cosecha. Los frutos recolectados fueron colocados en cajones para su posterior manipulación y procesamiento.

3.3.1.2. Características evaluadas

a. Parte vegetativa

❖ **Fecha de siembra y fecha de germinación:** Para el inicio de la fecha de siembra, se consideró el primer día en que las semillas fueron depositadas en la bandeja (26 de abril). Para la fecha de germinación de las semillas, se registró cuando el 50 % de los cotiledones llegaron a aparecer sobre el suelo (11 de junio).

❖ **Fecha de floración y periodo de fructificación:** La fecha de floración, se registró cuando 50 % de las plantas se encontraron emitiendo flores (8 de julio). Para el periodo de fructificación, se consideró cuando 50 % de las plantas útiles presentaron frutos (18 de agosto).

b. Parte reproductiva

❖ **Diámetro del fruto:** La evaluación se hizo empleando un vernier, esta evaluación se desarrolló durante el periodo de cosecha.

❖ **Longitud de frutos:** La evaluación de esta característica se realizó durante el periodo de cosecha, se empleó un vernier.

❖ **Número de frutos/bolsa:** Se contabilizó el número de frutos obtenidos por cada cosecha. Estos datos fueron registrados y comparados entre variedades.

❖ **Peso del fruto:** Se pesaron en una balanza gramera para obtener datos más precisos y se realizó durante el período de cosecha.

❖ **Rendimiento:** Al final se determinó el rendimiento total de todas las parcelas y después el total obtenido fue llevado a razón de 1 ha, de esta manera se determinó que variedad y a que densidad de siembra se obtuvo los mejores rendimientos en cuanto a producción.

c. Parte de calidad

❖ **pH del fruto:** Este parámetro se evaluó en época de cosecha y se hicieron dos evaluaciones, tomando la muestra in-situ, con el uso de un pHmetro previamente calibrado.

❖ **Sólidos solubles del fruto:** Se tomó los grados Brix con la ayuda del refractómetro escogiendo dos frutos al azar de cada tratamiento, extrayendo la parte de la pulpa para determinar la cantidad de sólidos solubles. Este parámetro se evaluó en época de cosecha y se hicieron dos evaluaciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento de *C. annuum* (pimiento)

4.1.1. Número de frutos por planta

4.1.1.1. Análisis de variancia

En este análisis ($\alpha = 0,05$) para el número de frutos (Tabla 8), se determinó que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir que al menos un tratamiento fue diferente al otro, de igual manera Orellana y León (2005), demostraron que hay significancias en el número de frutos de cada variedad. El coeficiente de variabilidad fue igual a 21,36 % es decir, el número de frutos tuvo comportamiento de regular homogeneidad (Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2016).

Tabla 8. Análisis de variancia para el número de frutos de *C. annuum*.

Fuente de variancia	G. L.	C.M.	F. Tab.	Significancia
Tratamientos	8	27,36	2,31	AS
Error experimental	27	2,31		
Total	35			
Coeficiente de variabilidad (%)	21,36			

G.L. = Grados de libertad. C.M. = Cuadrados medio.
AS = Existen diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

4.1.1.2. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$)

Respecto a la prueba para la variable del número de frutos de *C. annuum* (Tabla 9), se observa en el promedio hay diferencias estadísticas significativas entre la comparación de los tratamientos T₈ (3 plantas/bolsa + Ruby King) con los demás tratamientos y donde el valor más bajo lo llegó a obtener el tratamiento T₂ (1 planta/bolsa + Ruby King) con un promedio de 3,71 frutos/planta. Al respecto; en Lima se evaluó la producción tres variedades *C. annuum* bajo condiciones de hidroponía en invernadero y cuya producción de frutos/planta varió de 23,23 a 36,23 (Orellana y León, 2005), y siendo significativamente mayor a lo reportado en nuestra investigación que varió de 3,71 a 12,25 frutos/planta (Tabla 6), posiblemente porque las diferencias en los resultados, se deba a la variedad y sustrato que se utilicen; también a la adaptación de la variedad usada y su adaptación a las condiciones climáticas, o a la forma de producción, u otro factor externo o interno que influyó a que los resultados en producción de frutos por planta sean diferentes.

Tabla 9. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el número de frutos de *C. annuum*.

Tratamientos		Número de frutos/planta	
Clave	Descripción	(Frutos)	Significancia
T ₈	3 plantas/bolsa + Ruby King	12,25	a
T ₇	3 plantas/bolsa + Yolo Wonder	9,29	b
T ₉	3 plantas/bolsa + Anasac	8,25	bc
T ₄	2 plantas/bolsa + Yolo Wonder	7,88	bcd
T ₆	2 plantas/bolsa + Anasac	6,50	cde
T ₁	1 planta/bolsa + Yolo Wonder	5,92	cdef
T ₅	2 plantas/bolsa + Ruby King	5,46	ef
T ₃	1 planta/bolsa + Anasac	4,75	ef
T ₂	1 planta/bolsa + Ruby King	3,71	f

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

Según este análisis se muestra que existe mayor número de frutos cuando se tiene 3 plantas/bolsa y al parecer, es poco influenciado por la variedad y porque las variedades de *C. annuum* a una densidad de 1 planta/bolsa, la producción de frutos fueron muy bajos (Tabla 9). Las variedades Ruby King, Yolo Wonder y Anasac a una densidad de tres plantas/bolsa, obtuvieron mayor número de frutos/planta (Tabla 9), posiblemente a la interacción entre la densidad y color de malla, porque se ha encontrado que la sombra por la malla verde puede transmitir de 55,30 a 58,30 % de radiación fotosintético activa, que influye mejor a densidades mayores (3 plantas/bolsa) en el cultivo de pimiento (Ayala et al., 2015), porque las raíces del tienen una mayor absorción de nitrógeno y potasio lo cual influye en la eficiencia de la actividad fotosintética (Escalona y Pire, 2008).

También los resultados obtenidos por los tratamientos con mayor densidad (Tabla 9), pudo deberse a estar mejor condicionado para una mejor oxigenación en el sustrato y de esta manera concordar con Urrestarazu et al. (2005), que la oxigenación mejora la eficiencia del uso del agua y absorción de nutrientes y, además, aumenta significativamente el rendimiento del cultivo. Por lo contrario, la relación que existe entre la densidad de población y el rendimiento/planta no siempre es la misma; en pimiento y tomate, el incremento en la densidad de población disminuye el número de frutos/planta sin afectar el peso medio del fruto (Cruz et al., 2009), como también afirma Gil et al. (2012), que la cobertura del suelo, en este caso por la alta población de plantas (3 plantas/bolsa), incrementa la eficiencia en el uso del agua y por ende hay mayor número de frutos/planta.

Cruz et al. (2009), corroboraron que un sistema de producción con alta densidad de población pero con despunte temprano, llega a aumentar

significativamente el rendimiento (Número de frutos), porque el despunte temprano y la poda dan como resultado plantas de menor área foliar y altura, como también pudo estar relacionado con la ganancia del índice de área foliar (IAF) como indica Cruz et al., (2005) citado por Cruz et al. (2009) que el IAF óptimo para máxima tasa de crecimiento se logra con alta densidad de población pero en ciclos más cortos. La adopción del riego por el tratamiento T₈ (3 plantas/bolsa + Ruby King), pudo influenciar en su mayor valor, porque Zuñiga (2004), reporta que el sistema de riego (Superficial) influye a obtener mayor cantidad de frutos. A lo contrario Reséndiz et al. (2010) reporta que a mayor densidad de siembra disminuye significativamente el número de frutos/planta en variedad Morrón.

4.1.2. Peso del fruto

4.1.2.1. Análisis de variancia

En el análisis de variancia ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento (Tabla 10), se determina que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir, que en esta época los tratamientos influenciaron en este parámetro. El coeficiente de variabilidad es de 10,85 %, cuyo valor nos indica que hubo buena homogeneidad del peso de fruto en los distintos tratamientos (INE, 2016).

Tabla 10. Análisis de variancia para el peso de fruto de *C. annuum*.

Fuentes de variancia	G. L.	C.M.	F. Tab.	Significancia
Tratamientos	8	1753,03	2,31	AS
Error experimental	27	159,00		
Total	35			
Coeficiente de variabilidad (%)		10,85		

G.L. = Grados de libertad. C.M. = Cuadrados medio.
AS = Existen diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

4.1.2.2. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$)

La prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) (Tabla 11) para los promedios del peso del fruto de cada tratamiento; en el promedio total se determina que si hay diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento T₂ (1 planta/bolsa + Ruby King) con los demás tratamientos, que obtuvo en promedio un peso de 157,32 g y este valor se encuentra cercano al valor que muestra Moreno et al. (2011) para la variedad Morrón con 178,70 g siendo un fruto de buena calidad. Asimismo, pudo influir la época de cosecha, así como lo predice Hernández et al. (2011), que indica que a los 100 y 120 días después del trasplante presenta la mayor

biomasa total de frutos, además a mayor densidad tienden a bajar este parámetro, coincidiendo con Reséndiz et al. (2010), quienes reportaron y observaron que a mayor densidad de siembra hubo disminución significativamente el peso del fruto en la variedad Morrón.

Tabla 11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el peso de fruto de *C. annuum*.

Clave	Tratamientos		Peso del fruto	
	Descripción	(g)	Significancia	
T ₂	1 planta/bolsa + Ruby King	157,32	a	
T ₅	2 plantas/bolsa + Ruby King	131,08	b	
T ₃	1 planta/bolsa + Anasac	126,60	b	
T ₆	2 plantas/bolsa + Anasac	118,21	b	
T ₉	3 plantas/bolsa + Anasac	117,79	b	
T ₁	1 planta/bolsa + Yolo Wonder	111,83	bc	
T ₄	2 plantas/bolsa + Yolo Wonder	97,41	c	
T ₇	3 plantas/bolsa + Yolo Wonder	97,27	cd	
T ₈	3 plantas/bolsa + Ruby King	88,84	d	

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

Al parecer el peso del fruto está determinado por la densidad de siembra (1 planta/bolsa) y la variedad (Ruby King), porque es posiblemente que a esta densidad hubo mayor dispersión y distribución de la raíz de planta, lo cual repercute en mayor masa radical por planta, como afirman Vilorio et al. (1998), quienes sustentan que a mayor densidad de siembra incrementa la densidad de raíces de 0,123 cm/cm³ y además el mayor peso se da a mayor masa radical, y esto pudo suceder por la adaptación de este a diferentes densidades de siembra y al tener concentración de nutrientes disponibles por una baja densidad a comparación de las demás densidades que hubo una competencia mayor. Al respecto, esto lo corrobora Armas (2001), quien sustenta que *C. annuum* es muy exigente y requiere de suelos profundos, fértiles, con una buena dotación de fósforo y potasio, no tolera acidez siendo el pH óptimo de 5,50 a 6,80.

También pudo deberse a la mayor acumulación de agua por tener mayor humedad y riego, esto es corroborado por Domene y Segura (2014), quienes mencionan que el pimiento puede tener desde 89,30 hasta 91,51 % de agua, y también tal vez estuvo favorecida por la temperatura (25,40 a 26,60 °C) en esta densidad (1 planta/bolsa) porque Hernández et al. (2011), reportan un rango de 20 a 25 °C como temperatura adecuada para la formación de frutos. Además, los bajos pesos del fruto en mayor densidad se pudieron deber a

mayor precocidad, porque existen referencias que sostienen que, a mayor precocidad, se reduce el valor de los tallos/planta, las semillas y peso del fruto. Los valores de pesos promedios (Tabla 10) están dentro de los valores reportados por Domene et al. (2014), quienes indican que los pesos de *C. annuum* varían desde 13,40 a 210,80 g; mientras que para la variedad Ruby King, Sarita (1994) reporta 88 g peso promedio de fruto.

4.1.3. Rendimiento

4.1.3.1. Análisis de variancia

En el análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del rendimiento de *C. annuum* (Tabla 12), se determina que hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir, que en esta época los tratamientos influenciaron en estos parámetros. El coeficiente de variabilidad (CV) fue igual a 23,65 % es decir, el rendimiento en cada una de las densidades de siembra de un mismo tratamiento tuvo un comportamiento de regular homogeneidad (INE, 2016).

Tabla 12. Análisis de varianza para el rendimiento de *C. annuum*.

Fuentes de variancia	G. L.	C.M.	F. Tab.	Significancia
Tratamientos	8	201,45	2,31	AS
Error experimental	27	49,43		
Total	35			
Coeficiente de variabilidad (%)	23,65			

G.L. = Grados de libertad. C.M. = Cuadrados medio.
AS = Existen diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

4.1.3.2. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$)

La prueba para el rendimiento (Tabla 13) en diferentes periodos de cosecha, hay diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento T₈ (3 plantas/bolsa + Ruby King) con los tratamientos T₄ (2 plantas/bolsa + Yolo Wonder), T₅ (2 plantas/bolsa + Ruby King), T₁ (1 planta/bolsa + Yolo Wonder), T₃ (1 planta/bolsa + Anasac) y T₂ (1 planta/bolsa + Ruby King) y donde este último tratamiento, obtuvo un rendimiento de 20,96 t/ha. Según este análisis, el rendimiento (t/ha) está dominado por la densidad de siembra (3 plantas/bolsa), porque a mayor número de plantas, mayor es el número de frutos; pero, Paulus et al. (2015), encontró que a una menor densidad de siembra (1,00 x 1,25 m) hubo mayor producción de *C. annuum* (22,88 t/ha); en cambio, Orellana y León (2005) encontraron que a mayor densidad de siembra de *C. annuum*, fue mayor el rendimiento. Esta última referencia,

posiblemente se deba a que la extracción de fósforo (0,07 g/planta) y potasio (0,63 g/planta), es mayor en los frutos que en los demás órganos de la planta, porque existe una alta población de raíces en una misma zona por la alta densidad de siembra (3 plantas/bolsa) (Escalona y Pire, 2008), o porque modificó el pH de la rizósfera, por lo que hizo más factible la disponibilidad de fósforo en la zona radical para la planta (Fernández y Ramírez, 2001).

Tabla 13. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento de *C. annuum*.

Clave	Tratamientos		Rendimiento	
	Descripción	(t/ha)	Significancia	
T ₈	3 plantas/bolsa + Ruby King	41,50	a	
T ₉	3 plantas/bolsa + Anasac	37,20	ab	
T ₇	3 plantas/bolsa + Yolo Wonder	35,84	abc	
T ₆	2 plantas/bolsa + Anasac	31,05	abcd	
T ₄	2 plantas/bolsa + Yolo Wonder	27,64	bcd	
T ₅	2 plantas/bolsa + Ruby King	25,80	cd	
T ₁	1 planta/bolsa + Yolo Wonder	24,35	d	
T ₃	1 planta/bolsa + Anasac	23,19	d	
T ₂	1 planta/bolsa + Ruby King	20,96	d	

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

El rendimiento de la variedad Ruby King a una densidad de 3 plantas/bolsa, fue 41,50 t/ha (Tabla 12) es mayor a lo reportado por Sarita (1994) que es 24,82 t/ha para esta variedad; pero menor a lo reportado por Zúñiga et al. (2004) reporta hasta 80 t/ha. Por otro lado, otro factor que ayudó a que el tratamiento T₈ (3 plantas/bolsa + Ruby King) a mantener mayor rendimiento, tal vez se debió a su menor periodo de emergencia y de esta manera fueron a las bolsas con mayor edad, porque Montaña (2000), que alcanzó mayor rendimiento (16,66 t/ha) a mayor edad de plántula (50 días). Los rendimientos bajos obtenidos por las variedades a bajas densidades de siembra (1 planta/bolsa), posiblemente se debió a la acumulación de elementos como sales y de esta forma causó fitotoxicidad, porque hay menos masa radicular en determinada área y la planta se ve afectada por dicha acumulación.

La mayor producción de frutos se obtuvo en la segunda semana de evaluación (Figura 4), coincidiendo con Cruz et al. (2009), quienes indicaron que para las primeras 2 semanas de cosecha se tiene la mayor proporción de frutos grandes y por ende más

pesado, porque según Gil et al. (2012) están influenciado por la evapotranspiración de la planta. También la fluctuación (Figura 2) está dominada por el ciclo fenológico del cultivo e influido por la lámina de riego, porque Gómez et al. (2010), recalcan que el pimiento requiere de 425 mm de agua durante su ciclo vegetativo y tiene una eficiencia del uso del agua de $5,32 \text{ kg/m}^3$ por fruta fresca, esto significa que es posible que cada variedad en estudio tenga diferente comportamiento a una determinada lamina de riego, como también se ve la diversidad del peso de los frutos durante el tiempo de evaluación, lo cual también se ve afectado por la precipitación variable porque la precipitación en los meses de agosto y septiembre fue 50,80 y 43,50 mm; respectivamente (Tabla 2). Además, las cosechas que se dieron en el mes septiembre fueron más variados (Mostrando valores con mayor rango) esto tal vez se debe a la temperatura alta que se dio en ese mes (hasta $32,40 \text{ }^\circ\text{C}$), porque altas temperaturas afectan a la solución nutritiva en la absorción mineral y tiene influencia en el rendimiento (Gil et al., 2012).

Se observa que la fluctuación del número de frutos cosechados (Figura 5), no está determinado por una densidad de siembra o variedad, presentando en la segunda evaluación un mayor número de frutos cosechados con 5,04 frutos/bolsa ($T_8 = 3$ plantas/bolsa + Ruby King), siendo las siguientes evaluaciones que tuvieron menores frutos cosechados en cada tratamiento, además para esas épocas de cosecha, todos los tratamientos obtuvieron el mayor pico, menos el tratamiento T_5 (2 plantas/bolsa + Ruby King), que no tuvo frutos en cosecha, con esto se corrobora lo que dice Cruz et al. (2009), que el pimiento en las primeras 2 semanas de cosecha se obtiene más de dos tercios del rendimiento final, porque según Díaz et al. (1999), manifiestan que las plantas hasta los 102 días después del trasplante continúan aumentando en altura, peso fresco y seco de tallo y peso seco de hojas, mientras que hasta los 80 días después del trasplante, el diámetro y el peso fresco de hojas se mantienen; esto puede explicar la distribución de los nutrientes y de las cadenas carbonatadas para la formación y llenado de frutos en diferentes épocas. También es muy posible que en el tratamiento T_5 (2 plantas/bolsa + Ruby King) y en las demás evaluaciones, hubo caída de flores y/o frutos debido al riego en suelo sin cobertura como lo confirma Gil et al. (2012).

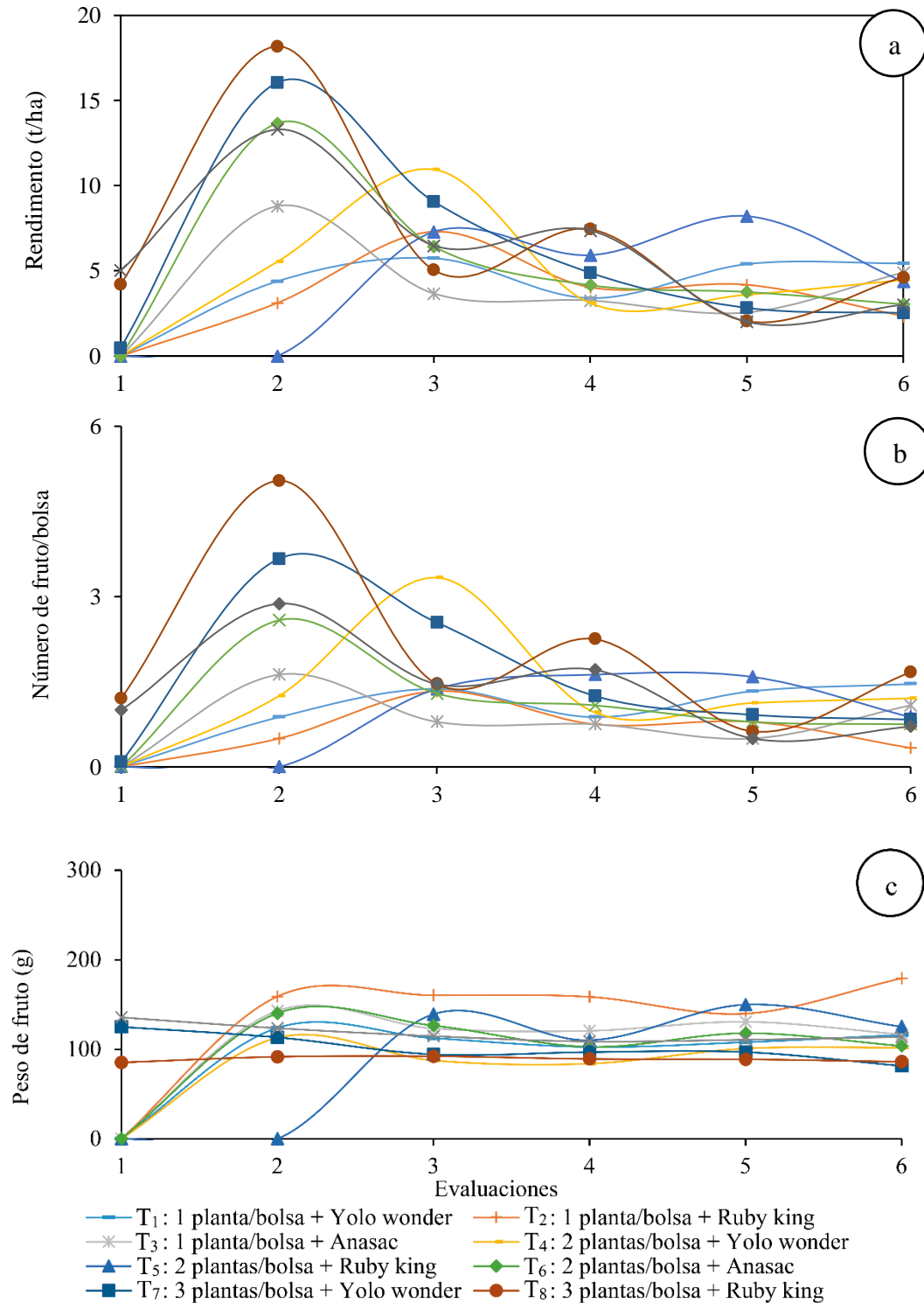


Figura 5. Curvas de: a. Rendimiento, b. Número de fruto, c. Peso de fruto.

En las Tablas 6 y 10, se muestran las comparaciones de medias del número de frutos y rendimiento, se observa que en la primera evaluación tan solo presentaron frutos los tratamientos de mayor población (3 plantas/bolsa) siendo diferentes variedades, esto tal vez se debe al principio de una competencia de nutrientes para la sobrevivencia, lo cual repercute en su precocidad como es un menor periodo a floración, y un

menor periodo a madurez fisiológica (Paulus et al., 2015), o también pudo deberse a la exigencia de luminosidad en los primeros estados de desarrollo y floración (Cometivos, 2015) para los de mayor densidad en la primera evaluación, porque para el mes de agosto hubo mayor horas sol (217 h) (Tabla 2). También pudo deberse a la polinización y el cuajado de los embriones, lo cual Riaño et al. (2015), reportan a *Bambus atratus* como polinizador de pimiento en el estadio floral, teniendo un efecto en el incremento del tamaño, peso del fruto y número de semillas en un 40 %.

4.1.4. Dimensiones del fruto

4.1.4.1. Análisis de variancia

El análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de las dimensiones del fruto (Largo y ancho) (Tabla 14), se determinó que para la longitud del fruto no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, mientras que para el diámetro del fruto existe diferencias estadísticas significativas, es decir, que los tratamientos han influido en el ancho del fruto mas no en la longitud del fruto. El coeficiente de variabilidad de 8,99 y 6,69 % para la longitud y diámetro del fruto, respectivamente, son de excelente homogeneidad (INE, 2016), es decir, el tamaño de frutos en cada una de las densidades de siembra con cada variedad de pimiento de un mismo tratamiento tuvo un comportamiento de excelente homogeneidad.

Tabla 14. Análisis de varianza de las dimensiones del fruto de *C. annuum*.

Factores de varianza	G.L.	Longitud del fruto		Diámetro del fruto	
		C.M.	Sig.	C.M.	Sig.
Tratamiento	8	1,12	NS	0,65	S
Error experimental	27	0,51		0,19	
Total	35				
Coeficiente de variabilidad (%)		8,99		6,69	

C.M. = Cuadrados medio. Sig. = Significancia
S = Existen diferencias estadísticas al 5 % de probabilidad.

4.1.4.2. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$)

Según la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$); la longitud del fruto de *C. annuum* del tratamiento T₂ (1 planta/bolsa + Ruby King) fue igual a 8,81 cm y significativamente mayor a las longitudes obtenidos por los tratamientos T₉ (3 plantas/bolsa + Anasac), T₈ (3 plantas/bolsa + Ruby King) y T₇ (3 plantas/bolsa + Yolo Wonder) que obtuvieron longitudes iguales a 7,51; 7,27 y 7,21 cm; respectivamente (Tabla 15). También se observó que el tratamiento T₂ (1 planta/bolsa + Ruby King) obtuvo un diámetro de fruto igual a 7,20 cm y

fue significativamente mayor al diámetro de los frutos por los tratamientos T₁ (1 planta/bolsa + Yolo Wonder), T₆ (2 plantas/bolsa + Anasac), T₃ (1 planta/bolsa + Anasac) y T₄ (2 plantas/bolsa + Yolo Wonder) que obtuvieron diámetros iguales a 6,27; 6,16; 6,30 y 5,84 cm; respectivamente (Tabla 13). Finalmente, las longitudes y diámetros de los frutos obtenidos por los tratamientos (Tabla 15), coinciden con lo reportado por Domene et al. (2014), quienes reportaron frutos de *C. annuum* desde 3,12 a 8,16 cm de diámetro ecuatorial y 1,33 a 8,67 cm de diámetro axial.

Tabla 15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) de las dimensiones del fruto de *C. annuum*.

Longitud del fruto			Diámetro del fruto		
Clave	(cm)	Significancia	Clave	(cm)	Significancia
T ₂	8,81	a	T ₂	7,20	a
T ₅	8,38	ab	T ₉	6,80	ab
T ₃	8,22	ab	T ₇	6,74	ab
T ₄	8,05	ab	T ₅	6,65	ab
T ₆	8,00	ab	T ₈	6,52	abc
T ₁	7,79	ab	T ₁	6,27	bc
T ₉	7,51	b	T ₆	6,16	bc
T ₈	7,27	b	T ₃	6,30	bc
T ₇	7,21	b	T ₄	5,84	c

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

Leyenda:

T₁ = 1 planta/bolsa + Yolo Wonder
 T₂ = 1 planta/bolsa + Ruby King
 T₃ = 1 planta/bolsa + Anasac

T₄ = 2 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₅ = 2 plantas/bolsa + Ruby King
 T₆ = 2 plantas/bolsa + Anasac

T₇ = 3 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₈ = 3 plantas/bolsa + Ruby King
 T₉ = 3 plantas/bolsa + Anasac

Los altos rendimientos de las variedades de *C. annuum* se obtuvo a altas densidades de siembra (Tabla 13); sin embargo, la longitud y diámetro del fruto está influenciado por la densidad de siembra (1 planta/bolsa), coincidiendo con Ucan et al. (2005), quienes observaron el rendimiento por unidad de superficie incrementó a medida que incrementó la densidad de siembra, debido a un mayor número de frutos/unidad de superficie, pero el rendimiento/planta es menor por la baja producción de frutos/planta, además de frutos de menor peso y tamaño, porque el rendimiento de un cultivo según Peil y Galvez (2004), está determinado por la producción de frutos cosechados y su tamaño individual, pero también dependen de la arquitectura, anatomía, funciones metabólicas y fisiológicas de la planta. Razón por el cual, las dimensiones del fruto (Tabla 15) posiblemente fueron influidos por la densidad de siembra, porque según Díaz et al. (1999), la biomasa (Tallo y hojas) es menor al incrementar

la densidad de población y, por ende, los frutos adquieren menor peso y tamaño en comparación a plantas que se desarrollaron a bajas densidades de siembra. Sin embargo, es probable que también las dimensiones del fruto hayan sido influidas por otros factores, porque Ayala et al. (2015), corroboraron que la malla verde juntamente con la roja proporciona los mayores incrementos de altura y área foliar de las plantas, y por ende obtuvieron frutos de buena consistencia y tamaño (Longitud y diámetro).

Las longitudes de los frutos de *C. annuum* de los tratamientos en estudio variaron de 7,21 a 8,81 cm (Figura 6), siendo valores mayores a 6 cm, cuya longitud de fruto menor a 6 cm es considerado de pésima calidad de acuerdo con estándares internacionales (Elizondo y Monge, 2017; Monge y Loría, 2021), por lo que concluimos que los tratamientos no obtuvieron frutos de pésima calidad según los estándares de tamaño.

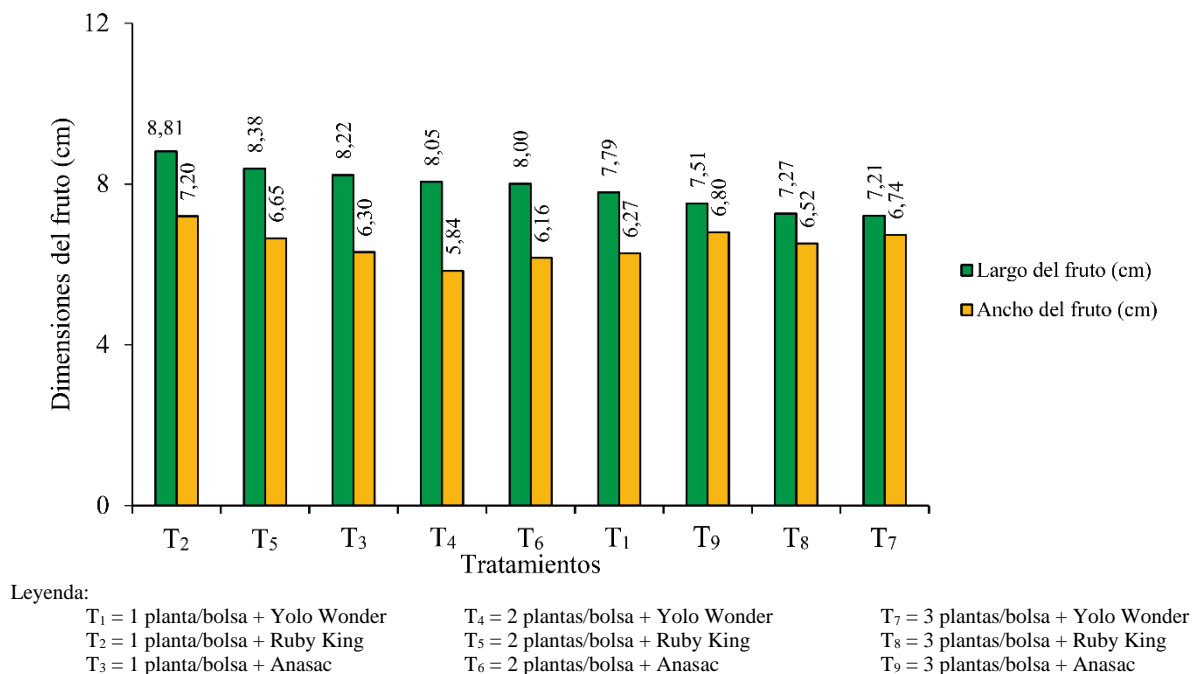


Figura 6. Longitud y diámetro del fruto de *C. annuum*.

Sin embargo y según las longitudes de los frutos obtenidos por los tratamientos en estudio; los frutos cosechados se considerarían frutos de segunda calidad, porque Monge y Loría (2021), indican que los frutos de *C. annuum* con longitudes de 6 a 12 cm, son considerados frutos de segunda calidad, y frutos con longitudes mayores a 12 cm, son considerados frutos de primera calidad. Pero también, los frutos de los tratamientos se podrían considerar frutos de primera calidad según los estándares de calidad de Elizondo y Monge (2017), quienes indican que frutos con un promedio entre la longitud y diámetro del fruto es igual o mayor a 7 cm, son llamados frutos de primera calidad.

4.2. Calidad de fruto de *C. annuum*

4.2.1. Acidez activa del fruto (pH)

4.2.1.1. Análisis de variancia

En el Tabla 16, se muestra el análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para el promedio del pH, donde no se encontró diferencias estadísticas significativas en las dos fechas de evaluación siendo también así no significativo para el resultado total de pH del fruto, esto nos muestra que la variedad y densidad de siembra no determina el pH del fruto. El coeficiente de variabilidad resultó ser de excelente homogeneidad (INE, 2016), es decir, la acidez activa del fruto en cada una de las densidades de siembra con cada variedad de pimiento de un mismo tratamiento tuvo un comportamiento de excelente homogeneidad.

Tabla 16. Análisis de varianza para la acidez activa del fruto de *C. annuum*.

Fuente varianza	G.L.	1 ^{ra} evaluación		2 ^{da} evaluación		Promedio	
		C.M.	Sig.	C.M.	Sig.	C.M.	Sig.
Tratamiento	8	0,03	NS	0,03	S	0,02	S
Error experimental	27	0,02		0,01		0,01	
Total	35						
C.V. (%)		2,64		2,21		2,09	

C.M. = Cuadrados medio. Sig. = Significancia. C.V. = Coeficiente de variabilidad.

NS = No existen diferencias estadísticas.

S = Existen diferencias estadísticas al 5 % de probabilidad.

4.2.1.2. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$)

Al realizar la prueba (Tabla 17), se muestra que en la primera evaluación los tratamientos no mostraron diferencias significativas, es decir que para esta fecha el pH del fruto no estuvo influenciado por la variedad o densidad de siembra; mientras que en la segunda evaluación y promedio de las dos evaluaciones, si hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos T₃ (1 planta/bolsa + Anasac), T₂ (1 planta/bolsa + Ruby King) y T₅ (2 plantas/bolsa + Ruby King) con el tratamiento T₁ (1 planta/bolsa + Yolo Wonder) (Tabla 17). Por un lado, se demuestra que las variedades Anasac y Ruby King a una densidad de siembra menor (1 planta/bolsa), obtuvieron frutos menos ácidos; sin embargo, la variedad Yolo Wonder bajo esa misma densidad, obtuvo frutos más ácidos con un pH igual a 4,98 en promedio (Tabla 15) y cuyo pH, se encuentra por debajo del rango recomendable entre 5,10 a 6,30 para *C. annuum* (Painii, 2017). Sin embargo, en promedio el pH de los frutos de *C. annuum* de los demás tratamientos en estudio varió de 5,05 a 5,22 (Tabla 17), cuyos valores fueron similares a lo reportado por Castillo et al. (2009), quienes encontraron que el pH de *C. annuum* L. varía de dentro del rango de 5,18 a 5,26; pero inferiores a los reportado por Morales (2014)

y Painii (2017), quienes reportaron pH del fruto de *C. annuum* en rangos de 5,82 a 6,13 y 5,36 a 5,51; respectivamente.

Tabla 17. Prueba de Duncan ($\alpha=0,05$) para la acidez activa del fruto de *C. annuum*.

Primera evaluación			Segunda evaluación			Promedio		
Clave	(pH)	Sig.	Clave	(pH)	Sig.	Clave	(pH)	Sig.
T ₃	5,22	a	T ₃	5,23	a	T ₃	5,22	a
T ₅	5,22	a	T ₂	5,17	a	T ₂	5,19	a
T ₂	5,21	a	T ₅	5,15	a	T ₅	5,19	a
T ₉	5,13	a	T ₉	5,15	a	T ₉	5,14	ab
T ₆	5,12	a	T ₆	5,13	a	T ₆	5,12	ab
T ₄	5,09	a	T ₈	5,09	a	T ₈	5,09	ab
T ₈	5,09	a	T ₇	5,06	a	T ₄	5,05	ab
T ₇	5,04	a	T ₄	5,02	a	T ₇	5,05	ab
T ₁	5,01	a	T ₁	4,96	b	T ₁	4,98	b

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

Leyenda:

T₁ = 1 planta/bolsa + Yolo Wonder

T₂ = 1 planta/bolsa + Ruby King

T₃ = 1 planta/bolsa + Anasac

T₄ = 2 plantas/bolsa + Yolo Wonder

T₅ = 2 plantas/bolsa + Ruby King

T₆ = 2 plantas/bolsa + Anasac

T₇ = 3 plantas/bolsa + Yolo Wonder

T₈ = 3 plantas/bolsa + Ruby King

T₉ = 3 plantas/bolsa + Anasac

De acuerdo al párrafo anterior, es probable que las diferencias de pH pueda deberse a las variedades utilizadas, tipo de producción, condiciones edafoclimáticas u otros factores que influyan sobre la acidez del fruto, porque está comprobado que la reducción de acidez del fruto de *C. annuum*, es provocado por el proceso de maduración (López, 2017), por lo que es posible que la maduración del fruto haya jugado un papel importante sobre el pH obtenido de los frutos y razón por el cual existen diferencias numéricas y estadísticas. Al parecer también ha influido la mayor concentración de nutrientes disponibles para la planta a esta densidad, mostrando como un resultado el mayor vigor, estando relacionado con ácidos presentes la capacidad de proliferación microbiana en conservación puesto que actúa en el fruto como barrera fisiológica natural frente a la acción microbiana (Domene y Segura, 2014).

4.2.2. Contenido total de sólidos solubles (°Bx)

4.2.2.1. Análisis de variancia

El análisis de variancia ($\alpha = 0,05$) para el contenido total de sólidos solubles (°Bx) del fruto de *C. annuum* (Tabla 18), no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio en la primera evaluación, es decir que a esta época la

concentración total de sólidos solubles no estuvo influenciado por las variables en estudio; en cambio que en la segunda evaluación y promedio total, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio, esto nos muestra que la variedad y densidad de siembra han determinado el cambio de la concentración de azúcares en el fruto de *C. annuum*. Además, los valores del coeficiente de variabilidad resultaron ser menores a 10 %, por lo que se considera que las unidades presentaron excelente homogeneidad (INE, 2016), es decir, la acidez activa del fruto en cada una de las densidades de siembra con cada variedad de pimiento de un mismo tratamiento tuvo un comportamiento de excelente homogeneidad.

Tabla 18. Análisis de varianza para el contenido total de sólidos solubles (°Bx) del fruto de *C. annuum*.

Factores de varianza	G.L.	1 ^{ra} evaluación		2 ^{da} evaluación		Promedio	
		C.M.	Sig.	C.M.	Sig.	C.M.	Sig.
Tratamiento	8	1,19	NS	0,92	S	1,02	S
Error experimental	27	0,54		0,28		0,31	
Total	35						
C.V. (%)		13,25		9,49		9,95	

C.M. = Cuadrados medio. Sig. = Significancia. C.V. = Coeficiente de variabilidad.

NS = No existen diferencias estadísticas.

S = Existen diferencias estadísticas al 5 % de probabilidad.

4.2.2.2. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$)

Se observa que los frutos de *C. annuum* obtenidos por el tratamiento T₁ (1 planta/bolsa + Yolo Wonder) obtuvieron mayor contenido de sólidos solubles en comparación a los frutos de los tratamientos T₇ (3 plantas/bolsa + Yolo Wonder), T₈ (3 plantas/bolsa + Ruby King), T₃ (1 planta/bolsa + Anasac), T₅ (2 plantas/bolsa + Ruby King) y T₄ (2 plantas/bolsa + Yolo Wonder) en la primera y segunda evaluación, y promedio de las evaluaciones, respectivamente (Tabla 19). Es decir, la variedad Yolo Wonder a una densidad de 1 planta/bolsa, obtuvo un desarrollo favorable en comparación a otras densidades de siembra y a las demás variedades de *C. annuum* en esta variable, permitiendo que durante la maduración de sus frutos, los sólidos solubles totales aumentara por la metabolización de los carbohidratos solubles en la biosíntesis de los polisacáridos y acumulación de azúcares (Castillo et al., 2009), lo que permitió obtener más contenido de azúcares en comparación a los frutos de *C. annuum* de los demás tratamientos en estudio (Tabla 19); aunque, también factores como la variedad, manejo de fertilización, madurez del fruto, agua o etapa de crecimiento que influyen sobre los valores el contenido de azúcar en los frutos (Painii, 2017).

Tabla 19. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) del contenido total de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Bx}$) del fruto de *C. annuum*.

Primera evaluación			Segunda evaluación			Promedio		
Clave	($^{\circ}\text{Bx}$)	Sig.	Clave	($^{\circ}\text{Bx}$)	Sig.	Clave	($^{\circ}\text{Bx}$)	Sig.
T ₁	6,63	a	T ₁	6,50	a	T ₁	6,56	a
T ₉	6,00	ab	T ₆	5,88	ab	T ₉	5,94	ab
T ₆	5,88	ab	T ₉	5,88	ab	T ₆	5,88	abc
T ₇	5,65	ab	T ₇	5,63	bc	T ₇	5,64	bc
T ₈	5,38	b	T ₂	5,38	bc	T ₈	5,38	bc
T ₂	5,25	b	T ₃	5,38	bc	T ₂	5,31	bc
T ₄	5,13	b	T ₈	5,38	bc	T ₃	5,19	bc
T ₅	5,00	b	T ₅	5,13	bc	T ₅	5,06	bc
T ₃	5,00	b	T ₄	4,88	c	T ₄	5,00	c

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

Leyenda:

T₁ = 1 planta/bolsa + Yolo Wonder
 T₂ = 1 planta/bolsa + Ruby King
 T₃ = 1 planta/bolsa + Anasac

T₄ = 2 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₅ = 2 plantas/bolsa + Ruby King
 T₆ = 2 plantas/bolsa + Anasac

T₇ = 3 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₈ = 3 plantas/bolsa + Ruby King
 T₉ = 3 plantas/bolsa + Anasac

Respecto al párrafo anterior; también las condiciones climáticas pueden influir sobre el contenido total de sólidos solubles ($^{\circ}\text{Bx}$) en los frutos, porque Domene y Segura (2014) encontraron que una humedad relativa igual a 90 % durante la poscosecha, el contenido de sólidos solubles incrementa hasta en dos unidades en los frutos. Sin embargo, se cree que la diferencia del contenido de sólidos solubles en los frutos de *C. annuum* de los tratamientos en estudio (Tabla 19), pueda estar más ligado al grado de madurez de los frutos, porque está comprobado que los sólidos solubles aumentan a medida que aumenta los días de poscosecha, debido a la hidrólisis de los almidones a través de las amilasas propias del fruto, y donde se libera moléculas de glucosa haciendo que incremente los sólidos solubles en el fruto (Yanes, 2018), razón por el cual es posible que la madurez de los frutos del tratamiento T₁ (1 planta/bolsa + Yolo Wonder) se inició antes que la madurez de los frutos de los demás tratamientos en estudio y porque no existe un patrón común para interpretar que el contenido de sólidos solubles fue influido por la densidad de siembra (Figura 7a), debido a que no existe un comportamiento lineal, tampoco se observa que una variedad destacó por encima que las demás variedades de *C. annuum* bajo cualquier densidad de siembra (Figura 7c).

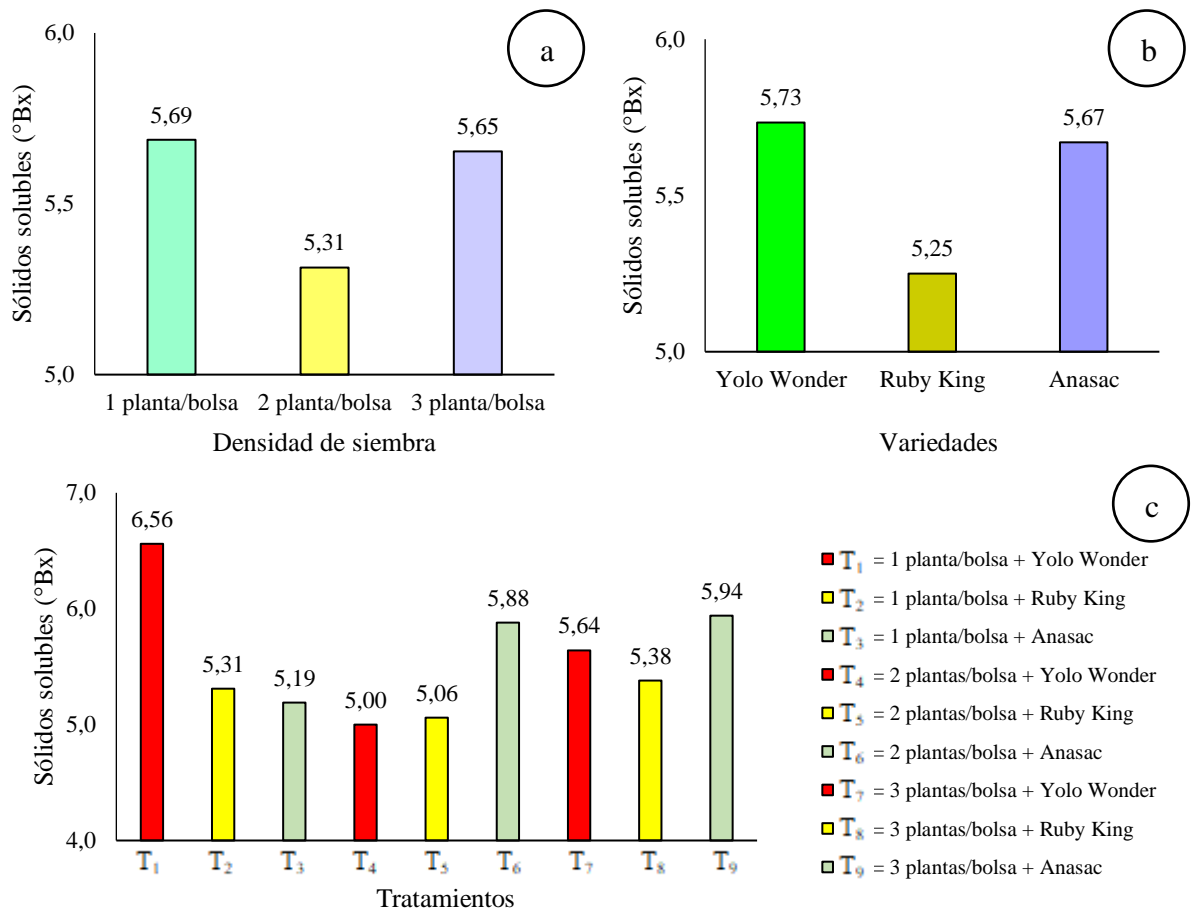


Figura 7. Promedio de los sólidos solubles en el fruto de *C. annuum*: a. Densidad de siembra, b. Variedades, c. Promedio de evaluaciones de los tratamientos.

Los contenidos totales de sólidos solubles (°Bx) de los frutos de *C. annuum* de los tratamientos en estudio (5,00 a 6,56 °Bx) (Figura 7c), se encuentra en el rango (3,60 a 8,90 °Bx) propuesto por Penchaiya et al. (2009), para distintas variedades de *C. annuum*. Aunque nuestros resultados fueron inferiores a lo reportado por Palacio y Sánchez (2017), quienes encontraron que las variedades de *C. annuum* alcanzaron contenidos sólidos solubles de 6,30 a 8,30 °Bx; mientras que Domene y Segura (2014), reportaron valores desde 4,03 hasta 8,64 °Bx de distintas variedades de *C. annuum*. Asimismo, nuestros resultados son similares a lo reportado por Painii (2017), quien encontró que el contenido de sólidos solubles de frutos de *C. annuum* L. varió de 5,36 a 5,51 °Bx; pero menores (Figura 7c) a lo reportado por Morales (2014), quien encontró que los frutos de una variedad de *C. annuum* obtuvo valores de 6,00 a 7,75 °Bx. Estas diferencias de valores respecto al contenido de sólidos solubles en los frutos de *C. annuum* depende de variedad, estado de desarrollo y nutrición, y cantidad de frutos por planta (Yanes, 2018); además, la calidad de los frutos de *C. annuum* es mayor a medida que aumenta los °Brix y disminuye el pH (Palacio y Sánchez, 2017).

V. CONCLUSIONES

1. Las tres variedades de *C. annuum* (Ruby King, Anasac y Yolo Wonder) bajo tres densidades de siembra en un sistema de fertirrigación y sombra controlada, alcanzaron rendimientos promedios de 20,96 a 41,50 t/ha, con una producción promedio total de 3,71 a 12,25 frutos por planta, con pesos promedios de un fruto entre 88,94 a 157,32 g.
2. Se encontró que los rendimientos de *C. annuum* de las variedades Ruby King, Anasac y Yolo Wonder a una densidad siembra de 3 plantas/bolsa, fueron 41,55; 37,20 y 35,84 t/ha; respectivamente, y fueron los rendimientos más altos en comparación a los demás tratamientos en estudio. Finalmente, se encontró que la variedad Ruby King a una densidad de 3 plantas/bolsa obtuvo la mayor producción de frutos/bolsa (12,25) en comparación a los demás tratamientos en estudio.
3. Se determinó que la longitud de fruto de las tres variedades de *C. annuum* bajo tres densidades de siembra promediaron entre 7,21 a 8,81 cm, considerándolos de acuerdo con algunos estándares de calidad por tamaño como frutos de segunda calidad, y donde la variedad Ruby King a densidades de 1 y 2 plantas/bolsa destacó por encima de los demás tratamientos en estudio. Asimismo, el pH de las variedades bajo tres densidades de siembra varió de 4,98 a 5,22; donde la variedad Anasac a una densidad de 3 plantas/bolsa, obtuvo frutos menos ácidos. Finalmente; los contenidos de sólidos solubles (°Bx) de los frutos de las tres variedades bajo tres densidades de siembra variaron de 5,00 a 6,56 °Bx, donde la variedad Yolo Wonder a una densidad de 1 planta/bolsa, obtuvo frutos más dulces que los demás tratamientos en estudio.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Es necesario realizar estudios de calidad de fruta con más parámetros a evaluar como son: firmeza, contenido de ácido cítrico, color del fruto, contenido de hidratos de carbono, proteínas, fibra, vitamina C, polifenoles y carotenos.
2. Tener en cuenta en futuros estudios, la comparación con pimentones de diferentes colores (Rojos, anaranjados y amarillos).

VII. REFERENCIAS

- Armas, G. (2001). Estrategias para el manejo integrado de plagas en el cultivo de pimiento paprika (*Capsicum annuum* L.), en el fundo Los Laureles Villacuri – Ica. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Ayala, F., Sánchez, R., Partida, L., Yáñez, G., Ruiz, H., Velázquez, T., Valenzuela, M., y Parra, M. (2015). Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. *Revista Fitotecnia México*, 38(1), 93 – 99. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61035375012.pdf>
- Becerra, N. (2014). Parámetros fisicoquímicos de efluentes mineros para el desarrollo de consorcios bacterianos en biorreactores AIR LIF con soportes de lechos de PVC [Informe de Práctica Pre Profesional, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://tinyurl.com/4xu9p5sk>
- Berríos, M., Belmar, C., y Tjalling, H. (2007). *Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad: pimiento*. SQM S.A. <https://tinyurl.com/2p9ymzda>
- Berrones, M., Garza, E., Vásquez, E. y Méndez, R. (2013). *Producción de pimiento morrón en Casa – Malla para el Sur de Tamaulipas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/942.pdf>
- Castillo, C., Ortiz, C., Borie, F. y Rubio, R. (2009). Respuesta de Ají (*Capsicum annuum* L.) cv. “Cacho de Cabra” a la inoculación con hongos micorrícicos arbusculares. *Información Tecnológica*, 20(4), 3-14. <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v20n4/art02.pdf>
- Cometivos, J. (2015). *Efecto de tres densidades de siembra y porcentaje de luminosidad en el rendimiento del cultivo de ají pimiento (Capsicum annuum L.) bajo el sistema hidropónico en condiciones de vivero en Tingo María* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Perú.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (2012). *Modelo productivo del cultivo de pimiento bajo condiciones protegidas en el oriente antioqueño*. CORPOICA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13753>
- Cruz, N., Sánchez, F., Ortiz, J., y Mendoza, M. (2009). Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y periodo de cosecha en chile pimiento. *Agricultura Técnica en México*, 35(1), 73 – 80. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n1/v35n1a7.pdf>
- Díaz, L., Vilorio, A. y Arteaga, L. (1999). Crecimiento vegetativo del pimiento en función de la densidad de plantas y edad del cultivo. *Rioagro*, 11(2), 69 – 73. [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/REV11\(2\)/4.%20Crecimiento%20vegetativo%20del%20pimiento%20C3%B3n.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/REV11(2)/4.%20Crecimiento%20vegetativo%20del%20pimiento%20C3%B3n.pdf)

- Domene, A. y Segura, D (2014). *Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria*. [Boletín informativo N° 5]. Grupo Cooperativo CAJAMAR. <https://tinyurl.com/mz52kbsb>
- Domene, A., Gázquez, C., Segura, D. y Meca, E. (2014). *Evaluación de la calidad interna en especialidades de pimientos: sustancias nutritivas y bioactivas*. En: Actas de Horticultura I Jornadas del Grupo de Alimentación y Salud. <https://tinyurl.com/bddvuj7z>
- Del Pino, M. (2022). *Curso de horticultura y floricultura*. Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Facultad de ciencias agrarias. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/101136/mod_folder/content/0/Gu%C3%ADa%20de%20Pimiento%202022.pdf
- Elizondo, E., y Monge, J. (2017). Evaluación de rendimiento y calidad de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 30(4), 3 -14. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-3.pdf>
- Escalona, A., y Pire, R. (2008). Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) abonados con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara. *Revista Facultad de Agronomía*, 25(2), 243 – 260. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000200004
- Fernández, M. y Ramírez, R. (2001). Efecto del sistema radical de siete líneas de maíz en los cambios de pH de la rizosfera y su influencia en la disponibilidad de fósforo. *Revista Bioagro*, 13(1), 3 – 9. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85713101.pdf>
- Gil, J., Montaña, N. y Plaza, R. (2012). Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la producción de dos cultivares de ají dulce. *Revista Bioagro*, 24 (2), 143-148. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612012000200009
- Gómez, A., Rojas, H., Vallejo, F. y Estrada, E. (2010). Determinación del requerimiento hídrico del pimiento en el municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 59(4), 442 – 448. <https://tinyurl.com/ypxdcasd>
- Grajales, F. (2012). *Biofertilización de plantas de pimiento morrón (Capsicum annuum L.) con rizobacterias del género Pseudomonas en invernadero* [(Tesis de pregrado, Universidad Veracruzana]. Repositorio institucional UCHILE. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/677809>
- Hernández, F., López, C., Guevara, R., Rico, E., Ocampo, V., Herrera, G., González, M. y Torres, I. (2011). Simulación del crecimiento y desarrollo de pimiento (*Capsicum*

- annuum* L.) bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 385 – 397. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n3/v2n3a7.pdf>
- Integrated Taxonomic Information System. (2022). Report, *Capsicum annum* L. Taxonomic Serial N°: 30492. ITIS. <https://tinyurl.com/ywjwmarh>
- Instituto Nacional de Estadísticas (2016). *Anexo estadístico: Coeficientes de variación y error asociado al estimador*. INE.
- Lara, A. (2000). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra Latinoamericana*, 17 (3), 221-229. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317306.pdf>
- Llerena, E. (2007). *Comportamiento de dos genotipos, de tomate riñón *Lycopersicon esculentum* Mill en diferentes sustratos hidropónicos en Yuyucocha* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional UTN. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/232>
- López, F. (2017). *Comportamiento poscosecha de pimiento morrón afectado por el estado de madurez y una atmósfera Modificada con microperforado* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Institucional CHAPINGO. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/items/0f5d3931-938a-49bf-9604-08c772765d3c>
- Martínez, S. (2005). *Conjunto tecnológico para la producción de pimiento. Suelo y preparación del terreno*. Universidad de Puerto Rico. <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Siembra-v2005.pdf>
- Monge, J. y Loría, M. (2021). Producción de chile dulce en invernadero: correlación entre densidad de siembra y variables de rendimiento. *Tecnología en Marcha*, 34(2), 161-177. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v34n2/0379-3982-tem-34-02-161.pdf>
- Montaño, N. (2000). Efecto de la edad de trasplante el rendimiento de tres selecciones de ají dulce (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Bioagro*, 12(2), 55 – 59. <https://core.ac.uk/download/pdf/71505331.pdf>
- Montgomery, D. (2004). *Diseño y análisis de experimentos*. (2.^a ed). Editorial Limusa Wiley. <https://tinyurl.com/ms85brnb>
- Morales, J. (2014). *Evaluar la calidad de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.) con la aplicación de fertilizante foliar (Mastergrow) en invernadero*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio Institucional UAAAN. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1167>
- Moreno, E., Mora, R., Sánchez, F. y García, V. (2011). Fenología y rendimiento de híbridos de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) cultivados en hidroponía. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 17(2), 5-18. <https://tinyurl.com/bdep48jc>

- Orellana, F., Escobar, J., Morales, A., Méndez, I., Cruz, R. y Castellón, M. (2002). *Guía técnica del cultivo chile dulce*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). <https://tinyurl.com/yfy96she>
- Orellana, C. y León, E. (2005). *Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (Capsicum annum L.), bajo invernadero en la solución nutritiva La Molina* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional UCUENCA. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3026>
- Pacheco, E. (2001). *Guía de manejo del cultivo de pimentón*. Universidad Francisco de Paula Santander. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11691>
- Painii, E. (2017). *Características físicas y químicas del fruto de pimiento (Capsicum annum L), por la aplicación de bio-pirosil vía foliar bajo condiciones semi controladas en la zona de Vinces, Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio UG. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20020>
- Palacio, A. y Sánchez, E. (2017). Influencia de la variedad, portainjerto y época de cosecha en la calidad e índices de madurez en pimiento morrón. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 9(2), 1 - 23. <https://tinyurl.com/bdhhmh8w>
- Paulus, D., Valmorbidia, R., Santin, A., Toffoli, E. y Paulus, E. (2015). Crescimento, produção e qualidade de frutos de Pimenta (*Capsicum annum L.*) em diferentes espaçamentos. *Horticultura Brasileira*, 33(1), 91-100. <https://tinyurl.com/5y5p8p2d>
- Peil, M. y Galvez, J. (2004). Rendimiento de plantas de tomate injertadas y efecto de la densidad de tallos en el sistema hidropónico. *Horticultura Brasileira*, 22, 265-270. <https://tinyurl.com/2p92eufz>
- Penchaiya, P., Bobelyn, E., Verlinden, E., Nicolai, M. y Saeys, W. (2009). Non-destructive measurement of firmness and soluble solids content in bell pepper using NIR spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 94, 267 - 273. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877409001587>
- Pizarro, F. (1990). Riegos localizados de alta frecuencia, goteo, micro aspersion, exudación. Ediciones Mundi-Prensa. <https://tinyurl.com/hc3jwpd7>
- Reche, J. (2010). *Cultivo del pimiento dulce en invernadero*. Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación. <https://tinyurl.com/5btt9p97>
- Reséndiz, R., Moreno, E., Sánchez, F., Rodríguez, J. y Peña, A. (2010). Variedades de pimiento morrón manejadas con despunte temprano en dos densidades de población. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 16(3), 223 - 229. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v16n3/v16n3a11.pdf>

- Resh, H. (2001). *Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción*. Ediciones Mundi-Prensa. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=298624>
- Revista Agro. (23 de noviembre del 2017). *Manejo del cultivo de pimiento*. Editado por Revista Agro (exportaciones y medio ambiente). <https://tinyurl.com/2p97hjet>
- Riaño, D., Pacateque, J., Cure, R. y Rodríguez, D. (2015). Comportamiento y eficiencia de polinización de *Bambusa atrata* Franklin en pimiento (*Capsicum annuum* L.) sembrado bajo invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 259 – 267. <https://tinyurl.com/mrmun779>
- Sarita, V. (1994). *Cultivo de ají*. Boletín técnico. N° 20. Fundación de Desarrollo Agropecuario (FDA). <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/aji.pdf>
- Ucan, I., Sánchez, F., Contreras, E. y Corona, T. (2005). Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño de fruto de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(1), 33 - 38. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61028105.pdf>
- Urrestarazu, M., Mazuela, P., Lozano, A., Ventura, F. y Catellano, D. (2005). Ventajas económicas de la aplicación de un oxigenante en pimiento. *Horticultura*, 190, 14 – 19. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1369024>
- Ticona, Y. (2013). Determinación del bulbo húmedo con goteros de diferente caudal en dos suelos, La Molina - Lima y Virú –Trujillo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional La Molina: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1845>
- Vásquez, A.; Vásquez, R. y Vilchez, O. (2008). *Principios básicos del riego*. Editorial Fimart. <https://tinyurl.com/3dukf4b6>
- Villagrán, E., Gil, R., y Bojacá, C. (2012). *Manual de producción de pimentón bajo invernadero*. Editorial Gente Nueva. <https://tinyurl.com/nmhp799n>
- Viloria, A., Arteaga, L. y Pire, R. (1998). Desarrollo radical del pimiento (*Capsicum annuum* L.) bajo tres distancias de siembra y su relación con el peso de los frutos. *Revista Bioagro*, 10(3), 80 – 83. <https://tinyurl.com/yn9azae2>
- Yanes, V. (2018). *Correlación existente entre el contenido de sólidos solubles totales y grado de acidez con las longitudes de ondas obtenidas mediante la espectroscopia Vis/NIR en la poscosecha del cultivo de la frutabomba (Carica papaya L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas]. Repositorio Institucional UCLV. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/10227>
- Zúñiga, L., Martínez, J., Baca, G., Martínez, A., Tirado, J. y Kohashi, J. (2004). Producción de chile pimiento en dos sistemas de riego bajo condiciones hidropónicas. *Revista Agrociencia*, 38(2), 207 – 218. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30238208.pdf>

ANEXOS

Tabla 20. Análisis de varianza para el rendimiento de *C. annuum*.

Fuente de variancia	G.L.	Evaluaciones periódicas ^(2/)						Total (*)	F. Tab
		1 ^{ra}	2 ^{da}	3 ^{ra}	4 ^{ta}	5 ^{ta}	6 ^{ta}		
Tratamientos	8	13,33 S	13,94 S	1,28 NS	1,35 NS	1,21 NS	0,92 NS	4,08 S	2,31
Error experimental	27								
Total	35								
Coefficiente de variación (%)		27,39	19,08	19,91	20,60	28,62	28,03	23,65	

G.L.: Grados de libertad. (x): Datos no transformados. ^(2/): Datos transformados Log10 (x + 1). S: Significativo. NS: No significativo.

Tabla 21. Análisis de varianza para el número de frutos de *C. annuum*.

Fuente de variancia	G.L.	Evaluaciones periódicas ^(2/)						Total (*)	F. Tab
		1 ^{ra}	2 ^{da}	3 ^{ra}	4 ^{ta}	5 ^{ta}	6 ^{ta}		
Tratamientos	8	10,30 S	15,51 S	3,13 S	1,90 NS	1,15 NS	1,45 NS	11,86 S	2,31
Error experimental	27								
Total	35								
Coefficiente de variación (%)		10,75	14,26	15,49	15,80	17,01	16,49	21,36	

G.L.: Grados de libertad. (x): Datos no transformados. ^(2/): Datos transformados Log10 (x + 1). S: Significativo. NS: No significativo.

Tabla 22. Análisis de varianza para el peso del fruto de *C. annuum*.

Fuente de variancia	G.L.	Evaluaciones periódicas ^(2/)						Total (*)	F. Tab
		1 ^{ra}	2 ^{da}	3 ^{ra}	4 ^{ta}	5 ^{ta}	6 ^{ta}		
Tratamientos	8	23,70 S	15,86 S	4,88 S	4,19 S	0,89 NS	1,83 NS	11,03 S	2,31
Error experimental	27								
Total	35								
Coefficiente de variación (%)		41,89	16,42	3,67	3,71	15,71	16,68	10,85	

G.L.: Grados de libertad. (x): Datos no transformados. ^(2/): Datos transformados Log10 (x + 1). S: Significativo. NS: No significativo.

Fecha de la primera evaluación = 20/08/2015
Fecha de la segunda evaluación = 8/09/2015

Fecha de la tercera evaluación = 20/09/2015
Fecha de la cuarta evaluación = 16/10/2015

Fecha de la quinta evaluación = 20/10/2015
Fecha de la sexta evaluación = 27/10/2015

Tabla 23. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el rendimiento de *C. annuum* (t/ha).

Evaluaciones periódicas																				
1 ^{ra}		2 ^{da}		3 ^{ra}		4 ^{ta}		5 ^{ta}		6 ^{ta}		Total								
Clave	(t/ha)*	Sig.	Clave	(t/ha)*	Sig.	Clave	(t/ha)*	Sig.	Clave	(t/ha)*	Sig.	Clave	(t/ha)*	Sig.	Clave	(t/ha)*	Sig.			
T ₉	5,02	a	T ₈	18,18	a	T ₄	10,95	a	T ₈	7,44	a	T ₅	8,21	a	T ₁	5,44	a	T ₈	41,55	a
T ₈	4,21	ab	T ₇	16,05	a	T ₇	9,07	ab	T ₉	7,37	a	T ₁	5,39	a	T ₄	4,46	a	T ₉	37,20	ab
T ₇	0,48	bc	T ₉	13,30	a	T ₅	7,29	ab	T ₅	5,92	a	T ₂	4,18	a	T ₃	4,90	a	T ₇	35,84	abc
T ₁	0,00	c	T ₆	13,67	a	T ₆	6,43	ab	T ₇	4,89	a	T ₄	3,60	a	T ₅	4,37	a	T ₆	31,05	abcd
T ₂	0,00	c	T ₃	8,80	a	T ₉	6,48	ab	T ₆	4,16	a	T ₆	3,76	a	T ₈	4,63	a	T ₄	27,64	bcd
T ₃	0,00	c	T ₄	5,53	a	T ₂	7,30	ab	T ₂	4,03	a	T ₇	2,83	a	T ₉	3,01	a	T ₅	25,80	cd
T ₄	0,00	c	T ₁	4,38	a	T ₁	5,74	ab	T ₁	3,40	a	T ₃	2,56	a	T ₆	3,04	a	T ₁	24,35	d
T ₅	0,00	c	T ₂	3,11	a	T ₈	5,05	ab	T ₃	3,26	a	T ₈	2,04	a	T ₇	2,52	a	T ₃	23,19	d
T ₆	0,00	c	T ₅	0,00	b	T ₃	3,67	b	T ₄	3,10	a	T ₉	2,01	a	T ₂	2,34	a	T ₂	20,96	d

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

* Datos reales. Sig. = Significancia.

Leyenda:

T₁ = 1 planta/bolsa + Yolo Wonder
 T₂ = 1 planta/bolsa + Ruby King
 T₃ = 1 planta/bolsa + Anasac

T₄ = 2 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₅ = 2 plantas/bolsa + Ruby King
 T₆ = 2 plantas/bolsa + Anasac

T₇ = 3 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₈ = 3 plantas/bolsa + Ruby King
 T₉ = 3 plantas/bolsa + Anasac

Fechas de evaluación:

Fecha de la primera evaluación = 20/08/2015
 Fecha de la segunda evaluación = 8/09/2015

Fecha de la tercera evaluación = 20/09/2015
 Fecha de la cuarta evaluación = 16/10/2015

Fecha de la quinta evaluación = 20/10/2015
 Fecha de la sexta evaluación = 27/10/2015

Tabla 24. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el número de frutos de *C. annuum*.

Evaluaciones periódicas																				
																Total				
1 ^{ra}			2 ^{da}			3 ^{ra}			4 ^{ta}			5 ^{ta}			6 ^{ta}					
Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.
T ₈	1,21	a	T ₈	5,04	a	T ₄	3,33	a	T ₈	2,25	a	T ₅	1,58	a	T ₁	1,46	a	T ₈	12,25	a
T ₉	1,00	a	T ₇	3,67	ab	T ₇	2,54	ab	T ₅	1,63	ab	T ₁	1,33	a	T ₈	1,67	a	T ₇	9,29	b
T ₇	0,08	b	T ₉	2,88	bc	T ₈	1,46	bc	T ₉	1,71	ab	T ₄	1,13	a	T ₄	1,21	ab	T ₉	8,25	bc
T ₁	0,00	b	T ₆	2,58	bc	T ₉	1,46	bc	T ₇	1,25	ab	T ₇	0,92	a	T ₃	1,08	ab	T ₄	7,88	bcd
T ₂	0,00	b	T ₃	1,63	cd	T ₅	1,38	bc	T ₆	1,08	ab	T ₂	0,79	a	T ₅	0,88	ab	T ₆	6,50	cde
T ₃	0,00	b	T ₄	1,25	de	T ₁	1,38	bc	T ₄	0,96	b	T ₆	0,79	a	T ₇	0,83	ab	T ₁	5,92	cdef
T ₄	0,00	b	T ₁	0,88	de	T ₆	1,29	bc	T ₁	0,88	b	T ₈	0,63	a	T ₆	0,75	ab	T ₅	5,46	ef
T ₅	0,00	b	T ₂	0,50	ef	T ₂	1,33	bc	T ₂	0,75	b	T ₉	0,50	a	T ₉	0,71	ab	T ₃	4,75	ef
T ₆	0,00	b	T ₅	0,00	f	T ₃	0,79	c	T ₃	0,75	b	T ₃	0,50	a	T ₂	0,33	b	T ₂	3,71	f

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

* Datos reales. Sig. = Significancia.

Leyenda:

T₁ = 1 planta/bolsa + Yolo Wonder
 T₂ = 1 planta/bolsa + Ruby King
 T₃ = 1 planta/bolsa + Anasac

T₄ = 2 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₅ = 2 plantas/bolsa + Ruby King
 T₆ = 2 plantas/bolsa + Anasac

T₇ = 3 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₈ = 3 plantas/bolsa + Ruby King
 T₉ = 3 plantas/bolsa + Anasac

Fechas de evaluación:

Fecha de la primera evaluación = 20/08/2015
 Fecha de la segunda evaluación = 8/09/2015

Fecha de la tercera evaluación = 20/09/2015
 Fecha de la cuarta evaluación = 16/10/2015

Fecha de la quinta evaluación = 20/10/2015
 Fecha de la sexta evaluación = 27/10/2015

Tabla 25. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para el peso del fruto de *C. annuum*.

Evaluaciones periódicas																				
																		Total		
1 ^{ra}			2 ^{da}			3 ^{ra}			4 ^{ta}			5 ^{ta}			6 ^{ta}					
Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.	Clave	(\bar{x})*	Sig.
T ₉	135,55	a	T ₂	158,96	a	T ₁	112,42	a	T ₁	102,57	a	T ₅	149,82	a	T ₅	125,21	a	T ₁	111,83	a
T ₈	85,25	a	T ₃	142,91	a	T ₂	160,30	a	T ₂	158,50	a	T ₂	139,77	a	T ₃	116,64	a	T ₂	157,32	a
T ₇	31,25	b	T ₆	140,21	a	T ₅	139,15	ab	T ₃	120,60	b	T ₆	117,92	a	T ₁	116,05	a	T ₅	131,08	b
T ₁	0,00	b	T ₉	123,56	a	T ₃	123,20	abc	T ₅	110,15	bc	T ₉	110,63	a	T ₉	113,70	a	T ₃	126,60	b
T ₂	0,00	b	T ₇	113,26	ab	T ₆	126,49	abc	T ₉	108,68	bc	T ₁	107,86	a	T ₆	103,70	a	T ₆	118,21	b
T ₃	0,00	b	T ₄	112,85	ab	T ₉	114,63	bcd	T ₆	102,73	bc	T ₄	100,81	a	T ₄	101,86	a	T ₉	117,79	b
T ₄	0,00	b	T ₁	91,62	ab	T ₇	94,27	cd	T ₇	96,81	bc	T ₃	98,02	a	T ₂	89,63	a	T ₄	97,41	c
T ₅	0,00	b	T ₈	92,88	b	T ₈	92,22	d	T ₈	89,18	bc	T ₇	96,81	a	T ₈	86,05	a	T ₇	97,27	c
T ₆	0,00	b	T ₅	0,00	c	T ₄	87,57	d	T ₄	83,96	c	T ₈	88,75	a	T ₇	81,46	b	T ₈	88,84	c

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

* Datos reales. Sig. = Significancia.

Leyenda:

T₁ = 1 planta/bolsa + Yolo Wonder
 T₂ = 1 planta/bolsa + Ruby King
 T₃ = 1 planta/bolsa + Anasac

T₄ = 2 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₅ = 2 plantas/bolsa + Ruby King
 T₆ = 2 plantas/bolsa + Anasac

T₇ = 3 plantas/bolsa + Yolo Wonder
 T₈ = 3 plantas/bolsa + Ruby King
 T₉ = 3 plantas/bolsa + Anasac

Fechas de evaluación:

Fecha de la primera evaluación = 20/08/2015
 Fecha de la segunda evaluación = 8/09/2015

Fecha de la tercera evaluación = 20/09/2015
 Fecha de la cuarta evaluación = 16/10/2015

Fecha de la quinta evaluación = 20/10/2015
 Fecha de la sexta evaluación = 27/10/2015



Figura 8. Colecta de los sustratos para el experimento.



Figura 9. Preparación y mezcla del sustrato para el experimento.



Figura 10. Almácigo de las variedades de pimiento en cubetas.



Figura 11. Campo experimental en inicio de producción.



Figura 12. Cosecha y evaluación de las variables establecidas.



Figura 13. Producción de los tratamientos en almacenamiento.



Figura 14. Frutos de cosecha evaluados: T₁ (1 planta/bolsa + Yolo Wonder), T₂ (1 planta/bolsa + Ruby King), T₃ (1 planta/bolsa + Anasac), T₄ (2 plantas/bolsa + Yolo Wonder), T₅ (2 plantas/bolsa + Ruby King), T₆ (2 plantas/bolsa + Anasac), T₇ (3 plantas/bolsa + Yolo Wonder), T₈ (3 plantas/bolsa + Ruby King) y T₉ (3 plantas/bolsa + Anasac).