



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

**EVALUACIÓN DE CINCO VARIEDADES DE UCHUVA
(*Physalis peruviana* L.), DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN
Y PODAS EN INVERNADERO**

TESIS

**Como requisito parcial
para obtener el grado de:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Presenta:

JESUS FRANCISCO FLORES

Bajo la dirección de:

DR. AURELIANO PEÑA LOMELÍ

Chapingo, Estado de México, diciembre de 2024



APROBADA



EVALUACIÓN DE CINCO VARIEDADES DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.), DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN Y PODAS EN INVERNADERO

Tesis realizada por **Jesus Francisco Flores**, bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Director



Dr. Aureliano Peña Lomeli

Asesor:



Dr. Natanael Magaña Lira

Asesor:



Dr. Rogelio Castro Brindis

Asesor:



Dr. Manuel Sandoval Villa

Asesor:



Dra. Ma Teresa Martínez Damián

Diciembre de 2024

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
DEDICATORIAS.....	vii
AGRADECIMIENTOS.....	viii
DATOS BIOGRÁFICOS	ix
RESUMEN GENERAL.....	x
GENERAL SUMMARY	xi
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen y distribución.....	3
2.2 Superficie cultivada en México y el mundo	3
2.3 Países productores y consumidores.....	4
2.4 Variedades de uso actual	4
2.5 Sistemas de producción actuales y potenciales.....	5
2.6 Cultivo en invernadero	6
2.7 Rendimientos y precios.....	7
2.8 Factibilidad de cultivo en México en campo e invernadero.....	7
2.9 Mercados potenciales	8
2.10 Sistema de producción común en Colombia	9
2.10.1 Condiciones edafoclimáticas.....	9
2.10.2 Variedades cultivadas	10
2.10.3 Manejo agronómico.....	10
2.10.4 Índices de madurez y cosecha.....	11
2.10.5 manejo postcosecha	11
2.11 Literatura citada	11
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE CINCO VARIEDADES DE UCHUVA (<i>Physalis peruviana</i> L.) EN DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN Y CONDICIONES DE INVERNADERO	15
RESUMEN.....	15

ABSTRACT	16
3.1 Introducción.....	17
3.2 Materiales y métodos	18
3.3 Resultados y discusión.....	20
3.3.1 Análisis de varianza.....	20
3.3.2 Comparación de medias para densidad.....	25
3.3.3 Comparación de medias para variedad.....	28
3.3.4 Análisis de interacciones	33
3.4 Conclusiones.....	35
3.5 Literatura citada	36
CAPÍTULO 4. PODA Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE UCHUVA (<i>Physalis peruviana</i> L.) EN INVERNADERO E HIDROPONÍA	39
RESUMEN	39
ABSTRACT	40
4.1 Introducción.....	41
4.2 Materiales y métodos	42
4.3 Resultados y discusión.....	43
4.3.1 Análisis de varianza.....	43
4.3.2 Comparación de medias	48
4.4 Conclusiones.....	55
4.5 Literatura citada	55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivadas en dos densidades de población.	22
Cuadro 3.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivadas en dos densidades de población.	23
Cuadro 3.3. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivadas en dos densidades de población.	24

Cuadro 3.4. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivadas en dos densidades de población.	25
Cuadro 3.5. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor densidad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivada en dos densidades de población.	27
Cuadro 3.6. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor densidad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivada en dos densidades de población.	27
Cuadro 3.7. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor densidad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivada en dos densidades de población.	28
Cuadro 3.8 Pruebas de comparación de medias, dentro del factor densidad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivada en dos densidades de población.	28
Cuadro 3.9. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor variedad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivada en dos densidades de población.	30
Cuadro 3.10. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor variedad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivada en dos densidades de población.	31
Cuadro 3.11. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor variedad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivada en dos densidades de población.	32
Cuadro 3.12. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor variedad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) cultivada en dos densidades de población.	33
Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) variedad Sacha con cinco niveles de poda.	45
Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) variedad Sacha con cinco niveles de poda.	46
Cuadro 4.5. Pruebas de comparación de medias de cinco tratamientos de poda en uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) variedad Sacha, cultivada en invernadero e hidroponía.	51
Cuadro 4.6. Pruebas de comparación de medias de cinco tratamientos de poda en uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) variedad Sacha, cultivada en invernadero e hidroponía.	52

Cuadro 4.7. Pruebas de comparación de medias de cinco tratamientos de poda en uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) variedad Sacha, cultivada en invernadero e hidroponía.	53
--	----

Cuadro 4.8. Pruebas de comparación de medias de cinco tratamientos de poda en uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) variedad Sacha, cultivada en invernadero e hidroponía.	54
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Comparación de medias entre variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) en cada densidad. a) altura de planta en la evaluación 1 (AP1); b) altura de planta en la evaluación 5 (AP5); c) altura de planta en la evaluación 6 (AP6); d) altura de planta en la evaluación 7 (AP7). Barras con la misma letra dentro de densidad no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).	34
---	----

Figura 3.2. Comparación de medias entre variedades de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) en cada densidad. a) peso de fruto sin cáliz en la evaluación 3 (PFSC3); b) diámetro polar del fruto en la evaluación 1 (DP1); c) diámetro polar del fruto en la evaluación 4 (DP4); d) diámetro ecuatorial del fruto en la evaluación 2 (DE2). Barras con la misma letra dentro de densidad no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).	35
---	----

DEDICATORIAS

A mi padre Luis Francisco Castro

A mi madre Norma Flores Anota

A mis hermanas Luz Eneyda y Esmeralda Francisco Flores

A Lucero Jazmín Manrique Cortés

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado la beca para la realización de mis estudios de maestría y sumar un grado más a mi formación profesional.

A la Universidad Autónoma Chapingo, especialmente al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia por haber sido el lugar en el que tuve la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado.

A mi comité asesor: Dr. Aureliano Peña Lomelí, Dr. Natanael Magaña Lira, Dr. Rogelio Castro Brindis, Dr. Manuel Sandoval Villa, Dra. Ma Teresa Martínez Damián, por su consejo, asesoría, contribución y correcciones realizadas para llevar a cabo la presente investigación.

Al Dr. Enrique Rodríguez Pérez por su amistad y contribuciones para el desarrollo y conclusión de este trabajo.

Al coordinador de posgrado Dr. Alejandro Facundo Barrientos Priego por su revisión y sugerencias en la redacción de la tesis.

A los profesores del posgrado de Horticultura por sus enseñanzas y aportaciones en mi formación académica.

A Cesar Ayala y Omar Ramírez, por su amistad, consejos y enseñanzas durante el desarrollo de la fase experimental del presente trabajo de investigación.

A la Lic. Itzel Nayelli Silvestre González por su apoyo y asesoría técnica en las determinaciones de calidad de fruto en el Laboratorio de Fisiología de Frutales del Departamento de Fitotecnia.

A los compañeros de posgrado por su constante apoyo para la realización del presente trabajo.



DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Jesus Francisco Flores

Fecha de nacimiento: 18/06/2000

Lugar de nacimiento: El Ocotito, Guerrero.

CURP: FAFJ000618HGRRLSA0

Profesión:

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Cédula: 13291752

Desarrollo académico

Bachillerato: 2015-2018 Colegio de Bachilleres No. 17, El Ocotito

Licenciatura: 2018-2022 Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior
Agropecuario del Estado de Guerrero

Maestría: 2023-2024 Programa de Maestría en Ciencias en Horticultura del
Departamento de Fitotecnia de
la Universidad Autónoma Chapingo

EVALUACIÓN DE CINCO VARIEDADES DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.), DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN Y PODAS EN INVERNADERO¹

RESUMEN GENERAL

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es ampliamente cultivada en Colombia, país que es el principal país productor y exportador a nivel mundial. Existe la probabilidad de establecer el cultivo de uchuva en nuevas zonas de producción probando su adaptabilidad e implementando sistemas de producción más tecnificados. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el potencial productivo de cinco variedades de uchuva en dos densidades de población y determinar el tipo de poda más adecuado para lograr altos rendimientos y calidad de fruto, bajo condiciones de invernadero e hidroponía. En el primer experimento los factores en estudio (densidad y variedad) presentaron efectos altamente significativos sobre las variables diámetro de tallo (DT) y altura de planta (AP). El factor densidad mostró efectos significativos para peso de fruto con cáliz (PFCC) y peso de fruto sin cáliz (PFSC), y altamente significativos para rendimiento total (RT) y rendimiento por planta (RPP). Se obtuvieron mayores valores en diámetro polar de fruto (DP) y diámetro ecuatorial de fruto (DE) con la variedad Sacha. Con la densidad baja (13,861 plantas/ha) se obtuvieron plantas de mayor altura y rendimiento. La mejor variedad en rendimiento y calidad de fruto fue 'Sacha'. En el segundo experimento los tratamientos presentaron efectos altamente significativos sobre las variables DT, AP, número de ramas (NR), número de botones florales (NBF), PFCC, PFSC, RT, RPP número de frutos por planta (NF), DP y DE. El tratamiento sin poda presentó mayor número de frutos totales y rendimiento estimado (15.12 t ha⁻¹). El tratamiento poda a dos tallos aéreos propició mayor tamaño de fruto. La productividad de la uchuva en invernadero e hidroponía se puede incrementar combinando variedades de alto potencial productivo con niveles de poda.

Palabras clave: manejo agronómico; agricultura protegida; fruta exótica; calidad.

¹Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Jesus Francisco Flores
Director: Dr. Aureliano Peña Lomelí

EVALUATION OF FIVE VARIETIES OF UCHUVA (*Physalis peruviana* L.), TWO POPULATION DENSITIES AND PRUNING IN GREENHOUSE CONDITIONS²

GENERAL ABSTRACT

The cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) is widely cultivated in Colombia, the world's leading producer and exporter of this fruit. There is potential to establish cape gooseberry cultivation in new production areas by testing its adaptability and implementing more advanced production systems. The objective of this research was to evaluate the productive potential of five cape gooseberry varieties at two population densities and to determine the most suitable pruning method to achieve high yields and fruit quality under greenhouse and hydroponic conditions. In the first experiment, the study factors (density and variety) showed highly significant effects on stem diameter (SD) and plant height (PH). The density factor showed significant effects on fruit weight with calyx (FWC) and fruit weight without calyx (FWOC), and highly significant effects on total yield (TY) and yield per plant (YPP). The highest values in fruit polar diameter (PD) and equatorial diameter (ED) were obtained with the Sacha variety. The low-density treatment (13,861 plants/ha) produced taller plants and higher yield. The best variety for yield and fruit quality was Sacha. In the second experiment, treatments had highly significant effects on SD, PH, number of branches (NB), number of flower buds (NFB), FWC, FWOC, TY, YPP, number of fruits per plant (NF), PD, and ED. The no-pruning treatment resulted in the highest total fruit count and estimated yield (15.12 t ha⁻¹). The two-stem pruning treatment promoted larger fruit size. Cape gooseberry productivity in greenhouse and hydroponic systems can be enhanced by combining high-yield varieties with specific pruning levels.

Keywords: agronomic management; protected agriculture; exotic fruit; quality.

²Thesis of Master in Science in Horticulture, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Jesusu Francisco Flores
Advisor: Dr. Aureliano Peña Lomelí

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La uchuva es una planta perenne perteneciente a la familia de las solanáceas y al género *Physalis*, cuyo centro de origen corresponde a los Andes suramericanos, principalmente en Perú, Ecuador y Colombia (Fischer & Melgarejo, 2014), por lo que, se desarrolla óptimamente en zonas tropicales y subtropicales. Actualmente existen más de 80 ecotipos en el mundo, entre los que destaca el ecotipo Colombiano por su coloración y contenido de azúcares en el fruto (Perea et al., 2010). Además, en los últimos años se han hecho esfuerzos para el desarrollo de nuevas variedades con características sobresalientes. Tal es el caso de la variedad Corpoica Dorada (Sánchez et al., 2016). Este cultivo ha adquirido gran importancia económica para los países productores dada su creciente demanda dentro de los mercados de exportación debido a las propiedades nutraceuticas y medicinales que se le atribuyen al fruto (Fischer et al., 2014), ya que son ricos en vitaminas A, B y C, y minerales como calcio, hierro y fósforo (Álvarez-Herrera et al., 2021). Asimismo, este cultivo tiene grandes perspectivas de demanda dentro de la industria farmacéutica por sus componentes bioquímicos con potencial farmacológico y dentro de la industria alimentaria puesto que los frutos pueden ser procesados en mermeladas, jugos, néctares o pulpa (Ruiz et al., 2018).

Con la creciente demanda que ha experimentado la uchuva en los últimos años, los productores, de Colombia principalmente, no satisfacen la demanda dado que a pesar de incrementar año con año la superficie de siembra, el rendimiento promedio ha disminuido (Álvarez-Herrera et al., 2021). Esta problemática hace necesario desarrollar nuevos sistemas de producción, preferiblemente intensivos, junto con la introducción, adaptación y producción a nivel comercial de este cultivo en zonas geográficamente distintas a las de su origen. Tal es el caso países como Sudáfrica, Kenia y Australia, en los que ya existe producción comercial. Sin embargo, la estacionalidad de la producción hace que su participación en el mercado internacional sea poco significativa (Buitrago & Montoya, 2012). Mientras que, en México la uchuva solo se ha trabajado a nivel experimental desde comienzos de los años 2000, obteniendo múltiples resultados positivos en cuanto a la adaptabilidad y potencial de producción de este cultivo (Espinoza-Rodríguez et al., 2021).

1.1 Objetivos

General

Evaluar el potencial de rendimiento y calidad de fruto de cinco variedades de uchuva en dos densidades de población y determinar el tipo de poda más adecuado para lograr altos rendimientos y calidad de fruto, bajo condiciones de invernadero e hidroponía.

Específicos

Identificar la variedad de uchuva de mayor potencial de rendimiento y calidad de fruto en condiciones de invernadero e hidroponía.

Determinar la densidad de población más adecuada para la uchuva en condiciones de invernadero e hidroponía

Determinar el tipo de poda más adecuado para la producción de chuva en invernadero e hidroponía

1.2 Hipótesis

Es posible lograr altos rendimientos y calidad de fruto de uchuva en altas densidades de población en condiciones de invernadero e hidroponía.

Realizar podas en la plantas de uchuva cultivadas en invernadero e hidroponía permitirá mayor rendimiento y calidad de fruto.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen y distribución

La uchuva es una planta perenne que crece de forma silvestre en las zonas altas de América del Sur, en altitudes que van de los 800 a 3000 msnm, donde existe un debate entre diferentes autores sobre cuál es el verdadero origen de este cultivo, sin embargo, se cree que es originaria de las zonas montañosas de Perú, Chile, Colombia y Venezuela; no obstante, existen indicios de que proviene de Brasil y fue aclimatada en los altiplanos de Perú y Chile (Fischer y Melgarejo, 2014).

La uchuva es una planta muy rustica que se adapta fácilmente a una amplia gama de condiciones agroecológicas (Fischer, 2000). Actualmente, se encuentra ampliamente distribuida en países tropicales, subtropicales e incluso templados como Colombia, Perú, Estados Unidos, Ecuador, Chile, Brasil, Sudáfrica, Australia, Kenia, India, El Caribe, Asia y Hawái (Espinoza-Rodríguez et al., 2021).

2.2 Superficie cultivada en México y el mundo

En México la uchuva es un cultivo de introducción relativamente reciente, por lo que no existen plantaciones dedicadas a la producción comercial. Sin embargo, se han establecido pequeñas plantaciones con fines experimentales en diferentes universidades y centros de investigación como el Colegio de Postgraduados, la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, en cuyas investigaciones se ha demostrado la adaptabilidad del cultivo a las diferentes condiciones agroclimáticas del país y se han obtenido buenas perspectivas de producción en los sistemas de agricultura protegida (invernaderos y casas sombra) en los que se han trabajado (Espinoza-Rodríguez et al., 2021).

En el mundo, el país que ha reportado una mayor superficie cultivada de uchuva es Colombia con 1514 ha para el 2022, cuya superficie de producción se distribuye principalmente en Boyacá, Cundinamarca, Nariño y Antioquia con un 33.6, 23.3, 13.94 y 9.9 %, respectivamente (Agronet, 2024). El resto de los países productores cuentan con superficies de producción muy pequeñas, como Ecuador que cuenta con 350 ha de

cultivo y una producción de 1065 t (Quiroga y Kirschbaum, 2021; Peña-Castillo et al., 2024).

2.3 Países productores y consumidores

En el contexto internacional, el único productor de uchuva a escala comercial es Colombia, el cual, para el año 2021 alcanzó su mayor cifra en exportaciones, pasando de US\$ 32,678,630 en el 2020 a US\$ 37,820,445, con 7,872 t de fruto exportado, principalmente a Países Bajos, Estados Unidos, Alemania, Brasil, Emiratos Árabes Unidos y Canadá (Asociación Nacional de Comercio Exterior, 2023). De acuerdo con la Asociación Nacional de Comercio Exterior (2023), el 64.2 % de la uchuva exportada en el año 2022 fue para Países Bajos, seguidos de Estados Unidos (15.7 %) y Alemania (6.7 %). Asimismo, Canadá, Bélgica, Brasil, Francia, Italia, España, Singapur, Hong Kong, Rusia, Suiza y Portugal (Quiroga y Kirschbaum, 2021) son otros destinos de exportación de la uchuva colombiana cuyos porcentajes de importación son pequeños. Sin embargo, las perspectivas de exportación a estos países son positivas debido a la gran aceptación de este fruto en su mercado nacional. También es cultivada en Sudáfrica, Inglaterra, Nueva Zelanda y Kenia, cuya estacionalidad en la producción solo permite producir pequeñas cantidades para auto abastecimiento y bajos volúmenes de exportación durante los meses de abril a julio, mientras que Colombia tiene la capacidad de producir y exportar durante todo el año (Quiroga y Kirschbaum, 2021).

2.4 Variedades de uso actual

Hasta hace algunos años no se conocían variedades o cultivares de este fruto. Solo se habían manejado ecotipos provenientes de diferentes regiones, los cuales se seleccionaban por sus características sobresalientes, principalmente de tamaño, color, sabor, dulzura y la forma del cáliz. Los ecotipos más cultivados en el mundo son “Colombia”, “Sudáfrica” y “Kenia” (Cruzat y Honorato, 2010). Rosero et al. (2021) señalaron que el mejoramiento genético de la uchuva para la producción de híbridos con fines comerciales es muy escaso debido a que no se cuenta con los estudios suficientes en esta área. Sin embargo, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria en el año 2016 hizo pública la variedad Corpoica Dorada, la cual fue generada en

laboratorio por cultivo *in vitro* de polen, cuyas características sobresalientes son un buen comportamiento agronómico y calidad de frutos, por lo que gradualmente se ha vuelto una alternativa para la producción de fruta para exportación en algunos departamentos de Colombia (Sánchez et al., 2016).

2.5 Sistemas de producción actuales y potenciales

Los sistemas de producción actuales son predominantemente extensivos y bajo nivel de tecnificación. De acuerdo con Rodríguez et al. (2022) se pueden identificar tres niveles de tecnificación en los sistemas de producción: El primero es un nivel bajo, en el cual no se cuentan con certificados de tecnificación, no se realizan análisis de suelos, no se hacen enmiendas, no se cuenta con sistemas de riego y los productores no reciben asesoría técnica; el segundo nivel es considerado de nivel medio y se caracteriza por contar con el servicio de asistencia técnica y certificaciones de calidad; el tercer nivel de tecnificación es considerado alto debido a la presencia de asistencia técnica, certificaciones de calidad, sistemas de riego, realización de análisis de suelos y la aplicación de enmiendas al suelo. En general, los sistemas de producción más tecnificados consisten en el manejo del suelo de forma más balanceada dado que la uchuva es un cultivo muy demandante y desgastante de éstos.

La plantación y manejo del cultivo consiste principalmente en la preparación del terreno, en el que si es posible se preparan camellones de 0.5 de altura por 0.4 m de ancho con una separación de 1.5 m entre camellones y 1.0 m entre plantas (Quiroga y Kirschbaum, 2021). Sin embargo, si la plantación se establece en laderas o terrenos poco accesibles, la preparación del suelo consiste en hacer hoyos de 0.4 x 0.4 x 0.4 m a distancias que pueden variar entre 1, 1.5, 2 y 3 m entre surcos y plantas (Miranda y Fischer, 2021). Estos sistemas de producción no permiten altas densidades de plantación y por ende los rendimientos no pueden ser mayores, además, sin la asesoría técnica suficiente, el uso inadecuado de los fertilizantes, un mal control de plagas y enfermedades y la escasa realización de las prácticas culturales y agronómicas necesarias la producción se ve comprometida y la calidad de frutos podría no satisfacer los estándares del mercado actual, por lo que se ha vuelto cada vez más atractiva la idea de cambiar el sistema tradicional de producción por uno más intensivo, como lo son los invernaderos y las

casas sombra, el uso de sustratos y fertirriego, haciendo de los sistemas de agricultura protegida alternativas de alto potencial para la producción de uchuva.

2.6 Cultivo en invernadero

Establecer plantaciones de uchuva en invernadero es una potencial alternativa a los sistemas de producción convencionales dado que se contaría con múltiples ventajas que permitirían mejorar la producción y calidad de frutos (Miranda & Fischer, 2021). Esto se lograría a través del uso de sustratos como el tezontle, tepojal e incluso arena de río para fungir como fuente de anclaje para el sistema radical y con un adecuado tratamiento de desinfestación se reduciría el riesgo de las enfermedades fúngicas en la raíz. Asimismo, se tendría un mejor manejo y control de la nutrición puesto que, el aporte de los nutrimentos sería por medio de fertirriego o solución nutritiva. Sin embargo, el reto actual sería definir las densidades de plantación más adecuadas para el desarrollo del cultivo y que además permitan mantener los parámetros de calidad que exige el mercado actual, así como establecer las prácticas agronómicas pertinentes para el manejo del cultivo y la implementación de todo un paquete tecnológico para el establecimiento de la uchuva en invernadero.

Existen antecedentes a nivel de investigación en los que se ha trabajado la uchuva en condiciones de invernadero, tal es el caso de la investigación realizada por Mora-Aguilar et al. (2006), quienes caracterizaron agronómicamente seis colectas silvestres de *Physalis peruviana* L. y determinaron su fenología bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Álvarez-Herrera et al. (2021) probaron cuatro diferentes láminas de riego para determinar el efecto del aporte hídrico en la producción y el cuarteamiento de frutos. Aguilar-Carpio et al. (2018) determinaron el comportamiento de crecimiento y el rendimiento de la uchuva bajo tres diferentes concentraciones de la solución nutritiva Steiner, demostrando que dicha solución nutritiva al 100 % permite el desarrollo óptimo del cultivo y permite una buena producción. Por su parte Sabino-López et al. (2018) evaluaron el efecto de diferentes fechas de trasplante, niveles de poda y suministro de K y B sobre la producción de frutos de uchuva, con lo que determinaron que los trasplantes tempranos (junio-julio) con una dosis de 3 ml L⁻¹ de B favorecen un incremento en la producción y reducen la cantidad de frutos agrietados.

2.7 Rendimientos y precios

En Colombia los rendimientos por hectárea han disminuido alrededor del 23.63 % en los últimos años, pasando de 16.1 a 12.3 t ha⁻¹ (Álvarez-Herrera et al., 2021). Esta reducción en los rendimientos puede estar influenciada por la falta de agua, inadecuadas fertilizaciones y mal manejo de las plagas y enfermedades, lo que resulta en una mala calidad de los frutos (Fischer y Melgarejo, 2014). No obstante, se han realizado estudios para incrementar la producción por unidad de superficie a través de la implementación de manejos agronómicos más tecnificados y la exploración de prácticas culturales más eficientes como las estudiadas por Quevedo et al. (2015), quienes probaron diferentes sistemas de tutorio y densidades de plantación logrando obtener rendimientos de hasta 27.7 t ha⁻¹; Peña-Castillo et al. (2024) obtuvieron rendimientos de 15.64 a 16.17 t ha⁻¹ con densidades de plantación de 10000 y 4444 plantas/ha y la utilización de bioestimulantes, resaltando la importancia de mejorar los sistemas de producción ya existentes y la necesidad de introducir nuevas tecnologías en la producción de uchuva.

El precio de la uchuva puede variar significativamente entre los destinos a los que se exporta, en países como Alemania y Países Bajos el precio puede variar entre US\$ 4.80 y 5.62 por kilogramo de fruta, llegando a alcanzar precios máximos entre US\$ 14.27 y 18.51 para Alemania y Estados Unidos, respectivamente, no obstante, los consumidores finales pueden llegar a pagar hasta US\$ 2 por cada 100 g de fruta (Quiroga y Kirschbaum, 2021).

2.8 Factibilidad de cultivo en México en campo e invernadero

A pesar de que la uchuva es un cultivo desconocido en México, existen indicadores económicos positivos para el establecimiento de uchuva en invernadero, este hecho se ve reflejado en el trabajo realizado por Espinoza-Rodríguez et al. (2021) puesto que el 76 % de las personas encuestadas dijeron estar dispuestos a comprar el fruto, mientras que el 88 % dijeron estar convencidos y dispuestos a recomendar el consumo del fruto. Esto hace que la producción de uchuva en México sea una prometedora alternativa. Por lo que, es necesario realizar investigación para definir un sistema de producción. Además, se debe comenzar a capacitar y especializar recursos humanos para brindar

las asesorías necesarias y el apoyo técnico a los productores que decidan incursionar en el establecimiento de este nuevo cultivo, con los diferentes niveles de tecnificación existentes en el campo agrícola mexicano, ya sea en campo abierto o en invernadero e hidroponía.

2.9 Mercados potenciales

Tras el establecimiento de las primeras plantaciones de uchuva en Colombia en el año 1985, el fruto fue cobrando importancia dentro del mercado internacional debido a su buen sabor y propiedades nutraceuticas, dentro de las cuales se destaca en contenido de vitamina A, ácido ascórbico y algunas vitaminas del complejo B como tiamina, niacina y B12; además, contiene grandes cantidades de antioxidantes tales como fitoesteroles, tocoferoles y flavonoides (Fischer et al., 2014). Dichas características han hecho de este fruto exótico un éxito en el mercado internacional. Las exportaciones para el año 2022 a países como Estados Unidos se incrementaron un 22.2 %, Emiratos Árabes Unidos, 55.7 %, Brasil, 106 %, y Malasia, 132.6 %, con respecto a las exportaciones del año 2021 (Asociación Nacional de Comercio Exterior, 2023). Estados Unidos es un destino clave para la exportación de uchuvas colombianas debido a un importante incremento en las importaciones de este fruto pasando de 1068.5 toneladas en el 2021 a 1349.7 toneladas en el 2022, que representa un incremento del 26.3 % en la demanda de este fruto exótico (Asociación Nacional de Comercio Exterior, 2023). Asimismo, es posible abrir nuevos mercados en otros países en los que la uchuva aun no es conocida dentro de su población general debido a que aún se encuentra destinada a nichos de mercado muy específicos. Tal es el caso de México, cuyas primeras importaciones de uchuva provenientes de Colombia se dieron en septiembre de 2023 quedando destinadas solo a hoteles de lujo, restaurantes de alta cocina y tiendas gourmet (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2023).

Por otra parte, la uchuva contiene una gran cantidad de componente bioquímicos que han demostrado una amplia acción farmacológica *in vitro* entre los que destacan los efectos diuréticos, antiespasmódicos, antioxidantes, anticolinesterásicos, antibacterianos, antitumorales, antisépticos, sedantes y analgésicos. Estudios más recientes demuestran un fuerte efecto hipoglucemiante a través de la mejora de la

sensibilidad a la insulina mediante el consumo de frutos de uchuva (Núñez-Zarantes et al., 2024). Dichos resultados abren un enorme panorama para la uchuva dentro de la industria farmacéutica, por lo que, si las investigaciones en el área médica siguen demostrando la eficacia tanto del consumo del fruto fresco como de sus componentes bioquímicos, la demanda de uchuva se hará cada vez mayor para el desarrollo de nuevos fármacos, haciendo de la industria farmacéutica un importante mercado potencial a futuro. Con respecto a la industria alimenticia, la uchuva es un producto muy versátil que puede ser utilizado en la preparación de múltiples postres, en confitería o transformado en jugos, mermeladas, néctares o bebidas alcohólicas, lo que le da un mayor valor dentro del mercado (Ruiz et al., 2018).

2.10 Sistema de producción común en Colombia

Colombia es el mayor productor y exportador de uchuva en el mundo, cuyo sistema de producción ha sido mayormente extensivo y campo abierto. A continuación, se describen brevemente algunos de los componentes de los sistemas de producción.

2.10.1 Condiciones edafoclimáticas

En Colombia la uchuva es cultivada en zonas con altitudes de 1800 a 2700 m, con precipitaciones anuales de 1000 a 1800 mm al año y humedad relativa del 70 al 80 % (Fischer et al., 2021), donde las bajas temperaturas y la alta incidencia de luz ultravioleta hacen que las plantas sean de porte bajo y hojas pequeñas (Fischer y Miranda, 2012). Las plantaciones se establecen en dichas zonas debido a que, la temperatura media oscila entre 13 y 16 °C propiciando un equilibrio entre el desarrollo vegetativo y la producción (Fischer et al., 2021).

La uchuva requiere de suelos de textura franco-arenosa o franco-arcillosa, con estructura granular, ricos en materia orgánica, con pH de 5.5 a 6.5 y en general, que sean suelos sin resistencia a la penetración de las raíces (Fischer y Miranda, 2012).

2.10.2 Variedades cultivadas

En Colombia no se habían distinguido variedades por lo que, el material más utilizado es denominado 'ecotipo Colombia', que destaca por su contenido de sólidos solubles y color de frutos (Balaguera-López et al., 2014). No obstante, en la actualidad existen dos variedades mejoradas creadas por Agrosavia, denominadas 'Andina' y 'Dorada' (Núñez, 2020). Dichas variedades aún no se encuentran ampliamente cultivadas, puesto que solo se tienen plantaciones en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Antioquia.

2.10.3 Manejo agronómico

El establecimiento del cultivo comienza por la propagación por vía sexual, es decir, la siembra de la semilla, aunque también puede ser vegetativa a través de la propagación de estacas (Fischer et al., 2021). Tras la emergencia de las semillas, las plántulas se trasplantan en bolsas plásticas de color negro de una libra, finalmente, dos meses después, con una altura de 15 a 20 cm, las plántulas son llevadas a campo para su trasplante. El establecimiento en campo suele realizarse con los siguientes arreglos topológicos: 3 x 3, 3 x 2, 2 x 2 y 1.5 x 1.5 m entre hileras y plantas, con lo que se manejan densidades de población de 1111, 1666, 2500 y 4444 plantas/ha, respectivamente (Fischer y Miranda, 2012). Para el trasplante se hacen hoyos de 40 x 40 x 40 cm en los que se añaden 2 a 4 kg de materia orgánica, un mes después se hace la aplicación de 150 g por planta de la fórmula de fertilización 10-30-10 N-P-K y cuatro meses después del trasplante se aplican 100 g más de la misma fórmula de fertilización (Angulo, 2011).

El manejo de las plantas requiere de podas de formación y mantenimiento; las podas de formación se realizan entre los 30 y 45 días después del trasplante, en la que se dejan de tres a cuatro tallos basales. Las podas de mantenimiento se deben de realizar cada 45 a 60 días, eliminando las ramas secas, los chupones basales y hojas viejas, así como las que presenten daños por alguna plaga o enfermedad (Fischer y Miranda, 2012). Además, Fischer y Miranda (2012) señalaron que después de 18 a 24 meses de establecida la plantación, se realizan podas de rejuvenecimiento.

2.10.4 Índices de madurez y cosecha

Las cosechas pueden comenzar de cuatro a siete meses después del trasplante. Sin embargo, esto está en función de las temperaturas presentes en la zona de plantación. Al comenzar las cosechas, el índice de madurez más empleado es el color del cáliz, puesto que coincide con la coloración del fruto; el punto óptimo para el corte del fruto es cuando el cáliz comienza a cambiar de color verde a amarillo (Fischer y Miranda, 2021), cuando el fruto presenta una coloración 50 % amarillo y 50 % naranja con un cáliz verde amarillento o 100 % naranja y el cáliz 100% amarillo (Fischer et al., 2011).

2.10.5 manejo postcosecha

El manejo postcosecha comienza desde la cosecha, en la que se van descartando aquellos frutos que no cumplen con las características de calidad esenciales. Posteriormente, en los centros de acondicionamiento, el cáliz de los frutos se abre cuidadosamente para descartar aquellos que presentan daños físicos, fitosanitarios o fisiológicos. En seguida se hace la clasificación por color y tamaño de fruto (Fischer et al., 2011). Después se empaquetan en contenedores de 125- 250 g, si el fruto es con cáliz, pero si es sin cáliz, se emplean empaques de 250-500 g. Finalmente el almacenamiento y transporte del fruto se hace en cadena de frío entre 8 y 12 °C con una humedad relativa de 80 a 90 %. Fischer et al. (2021) señalaron que el manejo postcosecha se modifica de acuerdo con los lineamientos de cada uno de los destinos a los que se exporta el fruto.

2.11 Literatura citada

- Agronet (noviembre de 2024). *Agricultura*. Reporte: Área, Producción, y Rendimiento Nacional por Cultivo. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=1>.
- Aguilar-Carpio, C., Juárez-López, P., Campos-Aguilar, I. H., Alia-Tejacal, I., Sandoval-Villa, M., & López-Martínez, V. (2018). Análisis de crecimiento y rendimiento de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en hidroponía e invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 24(3), 191-202. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.07.024>.

- Álvarez-Herrera, J., Fischer, G., & Vélez, J. E. (2021). Análisis de la producción de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante el ciclo de cosechas en invernadero con diferentes láminas de riego. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(174), 109-121. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1239>
- Angulo, R. (2011). Uchuva *Physalis peruviana*. Bayer CropScience.
- Asociación Nacional de Comercio Exterior. (febrero de 2023). *Dirección de asuntos económicos. Informe exportaciones de uchuva 2022*. <https://www.analdex.org/2023/02/09/informe-exportaciones-de-uchuvas-2022/>.
- Balaguera-López, H. E., Martínez, C. A., & Herrera-Arévalo, A. (2014). Papel del cáliz en el comportamiento postcosecha de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ecotipo Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(2), 181-191. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2014v8i2.3212>.
- Buitrago, N. D. A., & Montoya, M. J. N. (2012). Modelo de costeo para la producción y comercialización de uchuva. *Revista In Vestigium Ire*, 5(1), 47-58. <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ivestigium/article/view/365>
- Cruzat, G. R., & Honorato, G. C. (2010). Cultivo de goldenberry (*Physalis peruviana* L.) en la zona central de Chile. In A. M. Villena (Ed.), *Proyecto de Innovación en la Región del Maule* (58 p.). Fundación para la Innovación Agraria. Ministerio de Agricultura.
- Espinoza-Rodríguez, M., Sandoval-Villa, M., García-Cruz, E., Antúnez-Ocampo, O., Pérez-Pacheco, R., & Sabino-López, J.E. (2020). El mercado de la uchuva en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8), 1789-1802. <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2228>.
- Fischer, G. (2000). Crecimiento y desarrollo. In R. V. J. Flórez, Fischer, G. & Sora, R. A. D. (Eds), *Producción, postcosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.)* (pp. 9-26). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53455>
- Fischer, G., & Melgarejo, L. M. (2014). Ecofisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). In C. C. P. Pássaro & D. A. Moreno (Eds.), *Physalis peruviana L.: Fruta Andina para el Mundo. Capítulo II: Agronomía* (pp: 29-47). CYTED.
- Fischer, G., & Miranda, D. (2012). Uchuva (*Physalis peruviana* L.). In G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 851-873). Produmedios.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(1), 1-15. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>.
- Fischer, G., Balaguera-López, H. E., & Magnistkiy, S. (2021). Review on the ecophysiology of important Andean fruits: Solanaceae. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1), e1701. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1701>.

- Fischer, G., Herrera, A., & Almanza, P.J. (2011). 17 - Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). In E. M. Yagida (Ed.), *Technology and nutrition, postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 374-397). Woodhead Publishing Limited. <https://doi.org/10.1533/9780857092762.374>.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (septiembre de 2023). *Noticia de Comercio*. La uchuva colombiana llega por primera vez a México. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Disponible en: <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/comercio/uchuva-colombiana-llega-por-primera-vez-a-mexico>.
- Miranda, D., & Fischer G. (2021). Avances tecnológicos en el cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. In G. Fischer, D. Miranda, S. Magnitskiy., H. E. Balaguera-López & Z. Molano (Eds), *Avances en el Cultivo de las Berries en el Trópico* (pp. 14-36). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. <https://doi.org/10.17584/IBerries>.
- Mora-Aguilar, R., Peña-Lomelí, A., López-Gaytán, E., Ayala-Hernández, J. J., & Ponce-Aguirre, D. (2006). Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(1), 57-63.
- Núñez, V. M. (2020). La tecnología doble haploide en el mejoramiento genético de frutas exóticas: uchuva, *Physalis peruviana* L., como estudio de caso. *Revista colombiana de Biotecnología*, 22(1), 2-5. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v22n1.88590>.
- Núñez-Zarantes, V. M, Rodriguez, P. D., Luna, M. L. T., & Ramos, Z. H. S. (2024). Cape Gooseberry: crop production system in Colombia. In Fawzy, R. M (Ed.), *Handbook of Goldenberry (Physalis peruviana) Cultivation, Preprocessing, Chemistry, and Functionality* (pp. 55-66). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15433-1.00005-4>.
- Peña-Castillo, R., Neira-Ojeda, M., Javier-Alva, J., Arévalo-Valladolid, D., Chanduvi-García, R., Lindo-Seminario, D., Vera, E., Calero-Merino, M., Quiroz, C. M., & Morales-Pizzaro, A. (2024). Doses of biostimulant and plant spacing in correlation with productive parameters in aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(1), 9 p. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.5058>.
- Perea, D.M., Rodriguez, N.C., Fischer, G., Velázquez, L.M., & Micán, G.Y. (2010). Solanaceae: Uchuva (*Physalis peruviana* L.). In D. M. Perea, R.L.P. Matallana & P.A. Tirado (Eds), *Biotecnología aplicada al mejoramiento de los cultivos de frutales tropicales* (pp. 466-490). Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Quevedo, G. E., Sánchez, G. O., & Veloza, S. C. E. (2015). Efecto del tutorado y distancias de siembra sobre el rendimiento de *Physalis peruviana* L. *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 91-99. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n1.2015.457>
- Quiroga, R. J., & Kirschbaum, D. S. (2021). *Physalis* (goldenberry): native fruit species of the sub-Andean Yungas with high cultivation potential in Argentina. *Horticultura Argentina*, 40(103), 90-114. <http://id.caicyt.gov.ar/ark:/s18519342/b1hh3umjs>.

- Rodríguez, P. D., Luna M. L. T., Quesada, Q. J. M., Guerrero, D. G. F., Meneses, B. D. H., Ramos, Z. H. S., & Rincón, M. L. F. (2021). Tipología de productores de uchuva en el departamento de Nariño, Colombia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrarias*, 12(7), 1313-1318. <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v12i7.2766>
- Rosero, E. J. A., García, D. A. A., Lagos, B. T. C., Duarte, A. D. E., & Lagos, S. L. K. (2021). Aptitud combinatoria del rendimiento en líneas endogámicas de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Acta Agronómica*, 70(4), 345-352. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.79049>.
- Ruiz, G.L.M., Castellanos, G. L. / Villamizar, C. J. (2018). El cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 46-53. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/163>
- Sabino-López, J.E., Sandoval-Villa, M., Alcántar-González, G., Ortiz-Solorio, C., Vargas-Hernández, M., & Colinas-León, T. 2018. Fecha de trasplante, boro, potasio y poda en la producción de frutos de *Physalis peruviana* L. en hidroponía e invernadero. *Agrociencia*. 52(2), 255-265.
- Sánchez, B. E. P., Mayorga, C. F. G., Navas, A. A. A., Gómez, G. L. F., & Núñez, Z. V. M. (2016). Corpoica Dorada: variedad de uchuva para Boyacá, Cundinamarca y Antioquia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA (12 p.). Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/11565>.

CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE CINCO VARIEDADES DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) EN DOS DENSIDADES DE POBLACIÓN Y CONDICIONES DE INVERNADERO

RESUMEN

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es originaria de las zonas montañosas de América del Sur. Es ampliamente cultivada en Colombia, país que es el principal país productor y exportador a nivel mundial. Existe la probabilidad de establecer el cultivo en nuevas zonas de producción probando su adaptabilidad e implementando sistemas de producción más tecnificados. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el potencial productivo de cinco variedades de uchuva en dos densidades de población bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Se establecieron cinco variedades de uchuva bajo dos densidades de población (Alta: 27,639 y Baja: 13,861 pl ha⁻¹), en un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, con cuatro repeticiones, donde la parcela grande se asignó a densidades y la parcela chica a variedades. Se encontró efecto altamente significativo de la densidad y variedad sobre las variables diámetro de tallo (DT) y altura de planta (AP). El factor densidad mostró efectos significativos para peso de fruto con cáliz (PFCC) y peso de fruto sin cáliz (PFSC), y altamente significativos para rendimiento total (RT) y rendimiento por planta (RPP). Se obtuvieron mayores valores en diámetro polar de fruto (DP) y diámetro ecuatorial de fruto (DE) con la variedad Sacha, al igual que mayor rendimiento. La variedad Modificada presentó los valores más bajos en sólidos solubles totales (SST). Con respecto a la variable acidez titulable total (ATT) se presentaron efectos significativos en ATT4 para densidad y en ATT3 para variedad. La variable vitamina C total (VC) no presentó valores significativos en ninguno de los factores de estudio. La densidad baja presentó plantas de menor altura y mayor rendimiento. La mejor variedad en rendimiento y calidad de fruto fue Sacha. No hubo interacciones entre variedad y densidad para rendimiento, solo para altura de planta y tamaño de fruto.

Palabras clave: sistema de producción; manejo agronómico; hidroponía; calidad.

EVALUATION OF FIVE VARIETIES OF UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) IN TWO POPULATION DENSITIES AND GREENHOUSE CONDITIONS

ABSTRACT

The cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) is native to the mountainous regions of South America. It is widely cultivated in Colombia, the world's leading producer and exporter. There is potential to establish its cultivation in new production areas by testing its adaptability and implementing more technologically advanced production systems. The aim of this research was to evaluate the productive potential of five varieties of cape gooseberry at two population densities under greenhouse and hydroponic conditions. Five varieties of cape gooseberry were established at two population densities (High: 27,639 and Low: 13,861 pl ha⁻¹) in a randomized complete block design with a split-plot arrangement and four replications, where the main plot was assigned to densities and the subplot to varieties. Highly significant effects of density and variety were found on stem diameter (SD) and plant height (PH). The density factor showed significant effects on fruit weight with calyx (FWC) and fruit weight without calyx (FWOC), and highly significant effects on total yield (TY) and yield per plant (YPP). Higher values in fruit polar diameter (PD) and equatorial diameter (ED) were obtained with the Sacha variety, as well as higher yield. The Modificada variety showed the lowest values in total soluble solids (TSS). Regarding the variable total titratable acidity (TTA), significant effects were observed in TTA4 for density and in TTA3 for variety. The total vitamin C variable (VC) did not show significant values in any of the study factors. The low-density treatment produced shorter plants and higher yield. The best variety in terms of yield and fruit quality was Sacha. There were no interactions between variety and density for yield, only for plant height and fruit size.

Keywords: production system; agronomic management; hydroponics; quality.

3.1 Introducción

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una planta perenne que se puede encontrar de forma silvestre en las regiones montañosas de América del Sur, en altitudes que van de los 800 a 3000 m. A pesar de que no se tiene un acuerdo absoluto sobre su centro de origen, se piensa que es originaria de Perú, Chile, Colombia y Venezuela (Fischer y Melgarejo, 2014). La uchuva se ha vuelto un cultivo de gran importancia para los países productores, ya que su demanda en los mercados internacionales se ha incrementado considerablemente debido a las propiedades nutraceuticas y efectos medicinales del fruto (Fischer et al., 2014), el cual es rico en vitamina A, B y C, además contienen minerales como calcio, hierro y fosforo (Álvarez-Herrera et al., 2021).

Actualmente Colombia es el principal país productor y exportador de uchuva a nivel mundial, siendo Países Bajos, Estados Unidos, Alemania, Brasil, Emiratos Árabes Unidos y Canadá los principales destinos para la uchuva colombiana (Asociación Nacional de Comercio Exterior, 2023). Paradójicamente, a pesar del incremento de la superficie cultivada de uchuva, la producción de Colombia ha disminuido un 23.63 %, pasando de 16.1 a 12.3 t ha⁻¹ (Álvarez-Herrera et al., 2021). Este fenómeno podría deberse a que la producción de uchuva es principalmente extensiva y con bajo nivel de tecnología (Rodríguez et al., 2022). Por esta situación se han realizado trabajos buscando incrementar los rendimientos por unidad de superficie, a través del incremento en las densidades de plantación e implementación de más técnicas de manejo agronómico y nuevas tecnologías; tal es el caso de la investigación realizada por Quevedo et al. (2015) quienes lograron obtener un rendimiento de 27.7 t ha⁻¹ con una densidad de 5000 pl ha⁻¹ bajo un sistema de tutorio tipo chiquero. Por otra parte, en un trabajo más reciente realizado por Peña-Castillo et al. (2024) se obtuvieron rendimientos de hasta 16.17 t ha⁻¹ haciendo uso de bioestimulantes en combinación con densidades de siembra de 4444 y 10000 plantas/ ha.

Además de la búsqueda de prácticas de manejo agronómico que propicien el incremento de los rendimientos y la calidad de frutos, se ha buscado introducir el cultivo en zonas geográficamente distintas a las de su origen con el objetivo de producir fruto a escala comercial. Sin embargo, en la práctica, esto no se ha logrado por completo. Sudáfrica,

Inglaterra, Nueva Zelanda y Kenia son países en los que la uchuva es cultivada en pequeñas cantidades para el abastecimiento de los mercados locales. No obstante, la producción es estacionaria, a diferencia de Colombia, que tiene la capacidad de producir y exportar durante todo el año (Quiroga y Kirschbaum, 2021). Con base en estos antecedentes, se ha observado la posibilidad de llevar el cultivo de uchuva a nuevas zonas de producción en las cuales se hace necesario probar la adaptabilidad y productividad del cultivo a través de la implementación de sistemas de producción más tecnificados. Bajo este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el potencial productivo de cinco variedades de uchuva en dos densidades de población bajo condiciones de invernadero e hidroponía.

3.2 Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó de marzo a noviembre de 2023 en un invernadero del Campo Agrícola Experimental del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), localizado en las coordenadas geográficas 19°29'24" de latitud Norte y 98°52'27" longitud Oeste, a 2250 m. El clima predominante en Chapingo es (Wo)(W)b(i'), definido como subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación invernal menor al 5 %, con un poco de oscilación térmica y veranos frescos, con un régimen de precipitación anual de 636 mm. La temperatura media anual oscila entre los 12 y 18 °C con variación menor a 5°C (García, 1998).

Las variedades utilizadas son de origen ecuatoriano ('Sacha' y 'Modificada'), una de Perú ('Chiclayo'), una del estado de Guerrero ('CSAEGRO') y una de Venezuela ('Fitos'), cuya semilla utilizada para el establecimiento del experimento fue obtenida en ciclos experimentales anteriores, en el Colegio de Postgraduados, el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGro) y la UACH, respectivamente. Cuatro de los cinco materiales utilizados son de fruto amarillo con diámetro de fruto entre 1.5 a 2.5 cm y de 12 a 18 °Brix. La variedad Modificada es el único material utilizado de fruto café verdoso, con un diámetro de 1.0 a 1.8 cm y 10 a 11 °Brix (Orozco-Balbuena et al., 2021). Los factores en estudio fueron dos. El primero fue densidades de población, con dos niveles, que fueron alta (27,639 plantas/ha) y baja (13,861 plantas/ha). El segundo fue variedad, al cual le correspondieron los cultivares de uchuva utilizados ('Sacha',

'Modificada', 'CSAEGRO', 'Fitos' y 'Chiclayo'). Se usó un diseño de tratamientos factorial completo (2 x 5) con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande se le asignó al factor densidad y la parcela chica al factor variedad.

El experimento se estableció en el mes de marzo de 2023, con la siembra de las variedades en charolas de poliestireno de 200 cavidades. Posterior a la siembra, las plántulas se mantuvieron en almacigo durante 49 días, tras los cuales se realizó el trasplante y se estableció el experimento en invernadero, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental (UE) consistió en un surco de 25 y 13 plantas de acuerdo con las densidades de población alta y baja, respectivamente. El cultivo se desarrolló en condiciones de invernadero e hidroponía; con tezontle rojo de granulometría pequeña (≤ 0.5 cm) como sustrato y la solución nutritiva universal de Steiner (Steiner, 1984) a 2.5 dS m^{-1} de CE.

Las variables evaluadas fueron altura de planta (AP, en cm), diámetro de tallo (DT, en mm), estas variables se midieron cada dos semanas a partir del 21 de mayo al 26 de agosto de 2023; peso de fruto con cáliz (PFCC, en g), peso de fruto sin cáliz (PFSC, en g), rendimiento total (RT, en g), rendimiento por planta (RPP, en g), diámetro polar del fruto (DP, en mm), diámetro ecuatorial del fruto (DE, en mm), sólidos solubles totales (SST, en °Brix), acidez titulable total (ATT, en %) y vitamina C (VC, en $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$). Estas variables, a excepción de RT y RPP, se midieron cada 20 días a partir del 10 de agosto al 30 de noviembre de 2023. La variable AP se midió con un flexómetro Truper®. DT, DP y DE se midieron con un vernier digital de la marca Danu®. El PFCC y PFSC se midieron con una báscula digital de la marca Electronic Compact Scale modelo SF-400A. El RT se obtuvo al realizar la suma de los pesos de fruto sin cáliz de las siete cosechas realizadas en cada una de las UE y el RPP se estimó al realizar la división del RT entre el número de plantas por UE, y los SST se midieron en cinco frutos por UE utilizando un refractómetro digital manual portátil PAL-1® marca ATAGO. Los componentes de calidad ATT y VC se determinaron en laboratorio por medio de la metodología propuesta por la AOAC (1990). Para la acidez titulable total se tomó una muestra de 5 g de fruto, se licuaron en 50 mL de agua destilada, posteriormente se tomó una alícuota de 10 mL y se neutralizó con hidróxido de sodio a 0.1 N utilizando como indicador fenolftaleína al 1 %.

Para la vitamina C, se licuó una muestra de 5 g de fruto en 50 mL de ácido oxálico, se tomó una alícuota de 5 mL y se tituló con la solución Tillman (DFI-2,6 diclorofenol-indofenol), del gasto medido en la titulación se calculó la concentración en mg 100 g⁻¹ de fruto.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, para lo cual se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System versión 9.0. Posteriormente, se realizaron comparaciones de medias de Tukey ($P = 0.05$) para los factores cuyo efecto fue significativo. En las variables que presentaron interacciones significativas se realizaron pruebas de comparación de medias de los niveles del factor variedad en cada uno de los niveles de factor densidad.

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza para los dos factores en estudio (densidad y variedad) muestran efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) sobre las variables diámetro de tallo (DT) y altura de planta (AP) a partir de DT4 y AP1, mientras que, la interacción densidad x variedad fue significativa ($P \leq 0.05$) en AP5, y altamente significativa en AP1, AP6 y AP7 (Cuadro 3.1). Al respecto, Quevedo et al. (2015) señalaron que densidades de plantación bajas permiten un mejor desarrollo de las plantas debido a una mejor distribución de las ramas y desarrollo de área foliar. Por su parte Mora-Aguilar et al. (2006) sostienen que las diferencias en diámetro de tallo y altura de planta se debe a la variabilidad genética.

Para las variables peso de fruto fresco con cáliz (PFCC) y peso de fruto fresco sin cáliz (PFSC) el análisis de varianza muestra efectos significativos y altamente significativos para el factor densidad a partir de PFCC1 y PFSC1, y efectos altamente significativos para las variables rendimiento total (RT) y rendimiento por planta (RPP). El factor variedad fue significativo en cuatro de siete cortes para PFCC y PFSC y para RT y RPP. La interacción densidad x variedad solo fue significativa en PFCC3 y PFSC3 (Cuadro 3.2). Álvarez-Herrera et al. (2021) encontraron que la producción de uchuva en

invernadero disminuye cuando las plantas son sometidas a estrés hídrico y altas temperaturas. Así mismo, Peña et al. (2021) sostuvieron que el rendimiento de la uchuva depende de las características genéticas del cultivar, las condiciones agroclimáticas y el manejo agronómico del cultivo. Al respecto Quevedo et al. (2015) indicaron que un espaciamiento adecuado entre plantas permite un mejor desarrollo del cultivo debido a que se mejora la aireación y la captación de la luz en las hojas. En cuanto al rendimiento por planta, Criollo et al. (2014), mencionaron que el rendimiento está en función del número de frutos producidos por planta, en las que presentan picos de producción bimestrales que van disminuyendo hasta que las cosechas son mínimas (Álvarez-Herrera et al., 2021).

El análisis de varianza muestra efectos significativos y altamente significativos para las variables diámetro polar del fruto (DP) y diámetro ecuatorial del fruto (DE) para ambos factores en estudio, excepto en DP4, DP7, DE1, DE6 y DE7 para el factor densidad, y en DP2 y DE2 para el factor variedad, mientras que, para la variable sólidos solubles totales (SST) solo se presentaron efectos altamente significativos para el factor variedad (Cuadro 3.3). La significancia expresada por las variedades en el diámetro de frutos puede deberse a la variabilidad genética resultante de efectos aditivos y no aditivos según lo reportado por Trevisani et al. (2024). Antúñez-Ocampo et al. (2014), señalaron que las plantas con alto vigor expresan mayor concentración de sólidos solubles en los frutos. Asimismo, estos autores sostienen que, a mayor disponibilidad de nutrientes, se incrementa el tamaño del fruto. Por su parte Miranda y Fischer (2021) encontraron que, durante la maduración de los frutos, el contenido de azúcares solubles se incrementa.

En la variable acidez titulable total (ATT) solo se presentaron efectos significativos en ATT4 para el factor densidad y en ATT3 para el factor variedad. En cambio, la variable vitamina C total (VCT) tuvo efectos altamente significativos solo para el factor variedad a partir de VCT2 (Cuadro 3.4). Con respecto a la acidez titulable, Miranda y Fischer (2021) mencionaron que conforme mayor es el estado de madurez de los frutos de uchuva, la acidez disminuyó, lo que indicó que el grado de madurez afecta negativamente el porcentaje de acidez en los frutos. Asimismo, el contenido de vitamina C está influenciado por el grado de madurez del fruto (Ávila et al., 2006).

Cuadro 3.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivadas en dos densidades de población.

FV	GL	DT1	DT2	DT3	DT4
Bloque	3	3.72 **	45.24 **	11.34 **	17.12 **
Densidad	1	0.27	0.03	0.00	42.94 **
Error a	3	3.29	7.63	12.03	15.50
Variedad	4	0.66	9.77	4.21 *	11.48 **
Den*Var	4	0.56	10.13	2.44	0.73
Error b	742	0.59	11.76	1.74	2.14
Total	757				
CV (%)		12.85	35.96	10.63	10.19
		DT5	DT6	DT7	DT8
Bloque	3	14.97 **	20.78 **	14.95 **	14.31 **
Densidad	1	26.02 **	12.82 **	6.94 *	12.55 **
Error a	3	10.44	8.88	3.22	2.16
Variedad	4	14.26 **	12.42 **	7.11 **	5.87 **
Den*Var	4	1.57	2.36	3.24	3.52
Error b	742	2.04	1.77	1.44	1.54
Total	757				
CV (%)		9.37	8.30	7.10	6.96
		AP1	AP2	AP3	AP4
Bloque	3	182.53	1184.54 *	32.58	49.61
Densidad	1	18.40 **	423.56 **	7662.75 **	55139.93 **
Error a	3	16.83	42.70	37.05	94.69
Variedad	4	501.44 **	377.51 **	223.95 **	418.18 **
Den*Var	4	57.19 **	41.79	62.03	138.13
Error b	742	5.10	23.28	33.58	62.87
Total	757				
CV (%)		16.44	15.02	10.42	8.57
		AP5	AP6	AP7	AP8
Bloque	3	90.23	370.41	958.51 **	1101.37 **
Densidad	1	139352.70 **	166668.38 **	208132.18 **	193624.04 **
Error a	3	385.08	798.95	3541.05	2667.18
Variedad	4	739.85 **	669.87 **	786.74 **	1494.43 **
Den*Var	4	239.66 *	738.09 **	943.76 **	344.62
Error b	742	89.51	165.16	159.99	202.60
Total	757				
CV (%)		7.26	7.89	6.56	6.35

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; DTi: diámetro de tallo (mm); APi: altura de planta (cm); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada dos semanas; CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 3.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivadas en dos densidades de población.

FV	GL	PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4
Bloque	3	3920.97 *	2615.80	161161.67 **	681141.83 *
Densidad	1	10497.60 **	9548.10 *	1168956.10 **	933608.03 **
Error a	3	799.67	2056.97	81425.77	103006.56
Variedad	4	556.69	3267.91	118387.09 *	575218.28 *
Den*Var	4	470.54	2291.91	97008.16 *	144496.03
Error b	24	1252.71	1321.78	28375.09	138149.40
Total	39				
CV (%)		31.39	30.73	52.57	38.57
		PFCC5	PFCC6	PFCC7	PFSC1
Bloque	3	2238246.16 *	1164090.23 **	356151.09	12427.40 *
Densidad	1	5140173.02 **	6275016.23 **	880605.63 *	9610.00 **
Error a	3	876349.83	157189.89	53309.43	4108.60
Variedad	4	2847888.21 **	597612.65	460837.96 *	1038.85
Den*Var	4	398327.21	338688.85	228098.81	1713.75
Error b	24	653024.60	219243.77	131563.82	971.79
Total	39				
CV (%)		43.92	51.12	61.87	32.78
		PFSC2	PFSC3	PFSC4	PFSC5
Bloque	3	2109.07	135727.23 **	561676.47 **	1813038.49 *
Densidad	1	9424.90 **	960690.03 **	776736.90 *	4273890.63 **
Error a	3	1688.90	71816.69	96936.97	818074.43
Variedad	4	2876.21	102051.54 **	466541.73 **	2275063.90 *
Den*Var	4	2097.84	88576.59 *	122878.90	343959.50
Error b	24	1162.19	22720.73	105577.28	543082.17
Total	39				
CV (%)		31.02	53.34	36.77	44.28
		PFSC6	PFSC7	RT	RPP
Bloque	3	1101222.30 **	278676.90	13572649.87 **	46000.93 *
Densidad	1	5598032.40 **	759002.50 *	48593793.60 **	1872630.42 **
Error a	3	147586.47	46428.63	2612077.33	3733.12
Variedad	4	503122.79	369295.69 *	9965913.79 *	59313.94 **
Den*Var	4	302655.46	185190.31	2271946.54	31306.07
Error b	24	189973.84	107788.85	2406480.20	12994.28
Total	39				
CV (%)		51.25	61.92	35.13	29.84

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; PFCCi: pesos de fruto fresco con cáliz (g); PFSCi: peso de fruto fresco sin cáliz (g); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: mediciones del uno al siete, cada 20 días; RT: rendimiento total (g); RPP: rendimiento por planta (g); CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 3.3. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivadas en dos densidades de población.

FV	GL	DP1	DP2	DP3	DP4	DP5	DP6
Bloque	3	14.62 **	4.97	1.70	12.93 **	0.97	2.67
Densidad	1	31.73 **	32.27 **	20.03 **	3.60	12.53 **	4.63 *
Error a	3	4.99	0.78	2.85	1.78	25.89	9.19
Variedad	4	20.83 **	2.25	9.50 **	17.94 **	12.59 **	28.88 **
Den*Var	4	5.93 *	2.16	1.00	4.61 *	1.31	0.56
Error b	184	2.32	2.27	1.87	1.63	1.43	1.10
Total	199						
CV (%)		8.89	9.76	8.58	8.12	6.95	6.17
		DP7	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5
Bloque	3	6.54 *	19.16 **	10.30 **	2.30	20.25 **	1.24
Densidad	1	0.22	0.52	34.74 **	21.98 **	8.45 *	7.19 *
Error a	3	9.15	3.94	3.42	0.72	3.42	1.05
Variedad	4	43.96 **	16.68 **	0.95	9.18 **	29.73 **	17.82 **
Den*Var	4	4.83	5.11	5.55 *	1.32	3.66	1.78
Error b	184	2.12	2.25	2.07	1.84	1.59	1.58
Total	199						
CV (%)		9.10	8.79	9.17	8.50	7.75	7.34
		DE6	DE7	SST1	SST2	SST3	SST4
Bloque	3	1.29	6.84 *	6.46	10.09 *	12.04	1.95
Densidad	1	0.03	0.20	5.54	2.71	6.09	0.15
Error a	3	6.10	9.62	15.24	2.12	1.55	1.31
Variedad	4	52.04 **	62.59 **	135.42 **	122.42 **	24.40 **	23.58 **
Den*Var	4	1.66	5.63 *	3.10	6.92	3.59	7.75
Error b	184	1.12	2.31	4.88	3.48	4.72	3.65
Total	199						
CV (%)		6.09	9.16	16.77	15.87	17.66	15.76
		SST5	SST6	SST7			
Bloque	3	6.36	8.44	0.95			
Densidad	1	0.11	1.22	0.54			
Error a	3	0.34	0.54	6.13			
Variedad	4	28.30 **	54.56 **	149.80 **			
Den*Var	4	1.93	5.53	16.77 *			
Error b	184	3.39	4.14	4.98			
Total	199						
CV (%)		15.35	15.95	15.74			

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; DPi: diámetro Polar del fruto (mm); DEi: diámetro ecuatorial del fruto (mm); SSTi: sólidos solubles totales (°Brix); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: mediciones del uno al siete, cada 20 días; CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 3.4. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivadas en dos densidades de población.

FV	GL	ATT1	ATT2	ATT3	ATT4
Bloque	3	0.069	0.0027	0.1698 **	0.0507
Densidad	1	0.001	0.0458	0.0104	0.2147 *
Error a	3	0.015	0.0608	0.0903	0.0304
Variedad	4	0.024	0.0151	0.0667 *	0.0093
Den*Var	4	0.017	0.0259	0.0162	0.0183
Error b	24	0.031	0.0487	0.0176	0.0355
Total	39				
CV (%)		17.30	19.72	11.80	16.80
		ATT5	ATT6	VCT1	VCT2
Bloque	3	0.0256	0.0356	2.35855	1.03728 *
Densidad	1	0.0648	0.0002	0.40386	0.70598
Error a	3	0.0555	0.0196	0.23667	0.50790
Variedad	4	0.0245	0.0144	1.28952	2.52904 **
Den*Var	4	0.0157	0.0477	0.62397	0.04853
Error b	24	0.0267	0.0193	1.01535	0.27264
Total	39				
CV (%)		13.54	10.77	25.909	15.12
		VCT3	VCT4	VCT5	VCT6
Bloque	3	0.1681	0.3447	0.7007	0.1987
Densidad	1	0.0113	0.3774	0.0116	0.5893
Error a	3	0.1764	0.2230	0.5215	0.5247
Variedad	4	2.3203 **	3.6546 **	5.3544 **	3.2932 **
Den*Var	4	0.0951	0.1462	0.1348	0.4961
Error b	24	0.2292	0.8164	0.2898	0.3939
Total	39				
CV (%)		13.22	23.10	13.54	14.98

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; ATTi: acidez titulable total (%); VCTi: vitamina C total (mg/100 g); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6: mediciones del uno al seis, cada 20 días; CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

3.3.2 Comparación de medias para densidad

La prueba de comparación de medias de Tukey ($P = 0.05$) no presentó diferencias en la variable DT para el factor densidad. No obstante, sí se presentaron diferencias a partir de la variable AP3, donde la densidad alta superó a la baja (Cuadro 3.5). Quevedo et al. (2015) obtuvieron alturas de planta de 139.5 cm con una densidad de 5000 pl ha⁻¹ y un sistema de espaldera tradicional. Es posible que la altura de planta obtenida en esta

investigación (hasta 236.31 cm) se deba a la competencia entre plantas por una mayor captación de luz, así como por el tutoreo en espaldera simple que fue utilizado y por la mayor densidad de población (13,861 y 27,639 plantas/ha para baja y alta densidad, respectivamente).

En general, en las variables PFCC, PFSC, RT y RPP, la prueba de medias mostró diferencias para el factor densidad a favor de la densidad baja, donde se obtuvo el mayor rendimiento (Cuadro 3.6). Gastelum-Osorio et al. (2013) obtuvieron mayor peso de frutos con cáliz con una densidad de 8 plantas/m, en cambio, difieren al tener mayor peso acumulado de fruto sin cascara con 4 plantas/m. Mientras que, Peña-Castillo *et al.* (2024) obtuvo rendimientos de 16.17 t ha⁻¹ con 4444 plantas/ha y una dosis de bioestimulante de 750 mL 200 L⁻¹. En la presente investigación el rendimiento por hectárea fue de 8.29 y 4.58 t para baja y alta densidad, respectivamente, en promedio de densidades.

La prueba de medias para el factor densidad solo mostró diferencias para las variables DP2 y DE2 para la densidad alta y en DE3 par la densidad baja, en tanto que no hubo para SST (Cuadro 3.7). Quevedo et al. (2015) obtuvieron diámetros de fruto de hasta 2.193 cm con densidades de plantación de 1666 plantas/ha. Por su parte Peña-Castillo et al. (2024) alcanzaron diámetros de fruto de hasta 6.2 cm con la aplicación de 750 mL 200 L⁻¹ de bioestimulante en una densidad de plantación de 4444 plantas/ha. Dichos resultados indicaron que es posible obtener frutos de gran calibre al reducir las densidades de plantación e implementar diferentes prácticas de manejo agronómico.

La prueba de medias no mostró diferencias entre densidades en las variables ATT y VCT (Cuadro 3.8). Al respecto, Kretzschmar et al. (2014) sostienen que altas densidades de siembra afectan negativamente el contenido de vitamina C en los frutos de uchuva, aspecto que no se corroboró en la presente investigación, pues no hubo diferencias entre densidades.

Cuadro 3.5. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor densidad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en dos densidades de población.

Densidad	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	DT6
Baja	5.99 a ^z	9.55 a	12.42 a	14.71 a	15.52 a	16.23 a
Alta	5.95 a	9.53 a	12.41 a	14.20 a	15.11 a	15.91 a
DMSH	0.44	0.67	0.85	0.96	0.83	0.82
	DT7	DT8	AP1	AP2	AP3	AP4
Baja	17.01 a	17.99 a	13.94 a	31.11 a	51.24 b	80.71 b
Alta	16.82 a	17.72 a	13.62 a	32.67 a	57.95 a	98.70 a
DMSH	0.51	0.42	1.00	1.59	1.49	2.38
	AP5	AP6	AP7	AP8		
Baja	110.51 b	138.87 b	164.65 b	196.91 b		
Alta	140.53 a	174.10 a	205.54 a	236.31 a		
DMSH	5.01	7.74	16.84	14.70		

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; DTi: diámetro de tallo (mm); APi: altura de planta (cm); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada dos semanas.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P = 0.05$).

Cuadro 3.6. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor densidad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en dos densidades de población.

Densidad	PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4	PFCC5	PFCC6
Baja	96.55 b ^z	102.85 a	491.35 a	1116.50 a	2198.50 a	1312.10 a
Alta	128.95 a	133.75 a	149.45 b	811.00 a	1481.50 a	519.90 b
DMSH	28.46	45.64	287.17	322.99	942.10	399.00
	PFCC7	PFSC1	PFSC2	PFSC3	PFSC4	PFSC5
Baja	734.65 a	79.60 a	94.55 a	437.55 a	1023.05 a	1991.10 a
Alta	437.90 b	110.60 a	125.25 a	127.60 b	744.35 a	1337.40 a
DMSH	232.36	37.24	41.36	269.69	313.33	910.24
	PFSC6	PFSC7	RT	RPP		
Baja	1224.60 a	668.00 a	5518.40 a	598.40 a		
Alta	476.40 b	392.50 b	3314.00 b	165.66 b		
DMSH	386.62	216.85	1626.50	61.49		

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; PFCC: peso de fruto fresco con cáliz (g); PFSC: peso de fruto fresco sin cáliz (g); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: mediciones del uno al siete, cada 20 días; RT: rendimiento total (g); RPP: rendimiento por planta (g).

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

Cuadro 3.7. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor densidad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en dos densidades de población.

Densidad	DP1	DP2	DP3	DP4	DP5	DP6	DP7
Baja	16.72 a ^z	15.03 b	16.26 a	15.85 a	17.46 a	17.15 a	16.03 a
Alta	17.52 a	15.83 a	15.63 a	15.58 a	16.96 a	16.84 a	15.97 a
DMSH	1.01	0.40	0.76	0.60	2.29	1.36	1.36
	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	DE6	DE7
Baja	17.00 a	15.27 b	16.28 a	16.49 a	16.96 a	17.38 a	16.58 a
Alta	17.10 a	16.10 a	15.62 b	16.08 a	17.34 a	17.35 a	16.64 a
DMSH	0.89	0.83	0.38	0.83	0.46	1.11	1.40
	SST1	SST2	SST3	SST4	SST5	SST6	SST7
Baja	13.34 a	11.87 a	12.48 a	12.11 a	11.98 a	12.84 a	14.24 a
Alta	13.00 a	11.64 a	12.13 a	12.16 a	12.02 a	12.68 a	14.13 a
DMSH	1.76	0.66	0.56	0.52	0.26	0.33	1.11

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; DPi: diámetro polar del fruto(mm); DEi: diámetro ecuatorial del fruto (mm); SSTi: sólidos solubles totales (°Brix); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: mediciones del uno al siete, cada 20 días.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

Cuadro 3.8 Pruebas de comparación de medias, dentro del factor densidad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en dos densidades de población.

Densidad	ATT1	ATT2	ATT3	ATT4	ATT5	ATT6
Baja	1.02 a ^z	3.58 a	1.11 a	1.19 a	1.24 a	1.28 a
Alta	1.02 a	3.31 a	1.14 a	1.05 a	1.17 a	1.30 a
DMSH	0.12	0.73	0.30	0.18	0.24	0.14
	VCT1	VCT2	VCT3	VCT4	VCT5	VCT6
Baja	3.83 a	3.58 a	3.59 a	3.81 a	3.97 a	4.31 a
Alta	3.95 a	3.31 a	3.65 a	4.02 a	3.98 a	4.07 a
DMSH	0.49	0.73	0.42	0.48	0.73	0.73

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; ATTi: acidez titulable total (%); VCTi: vitamina C total (mg/100 g); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6: mediciones del uno al seis, cada 20 días.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

3.3.3 Comparación de medias para variedad

Para el factor variedad, la variedad Sacha tendió a desarrollar mayor diámetro de tallo a partir de DT4 con un diámetro final de 18.05 mm (DT8); mientras que, para la variable AP

Sacha fue la variedad de mayor altura al final de las evaluaciones (228.87 cm) (Cuadro 3.9). Al respecto, Mora-Aguilar et al. (2006) obtuvieron alturas de planta y diámetros de tallo de 72 a 85 cm 1.30 a 1.33 cm a los 64 ddt en colectas silvestres de uchuva, dichos resultados difieren con los obtenidos en esta investigación en ambas variables en las cinco variedades evaluadas. Asimismo, las alturas finales de las variedades Sacha, Modificada y Chiclayo fueron superiores (228.87, 221.27 y 222.63 cm, respectivamente) a las reportadas por Orozco-Balbuena et al. (2021) a los 52 ddt, con 94.83, 100.92 y 100.75 cm para cada variedad respectivamente. Sin embargo, los diámetros reportados para las variedades Sacha (17-25 mm), Modificada (10-18 mm) y Chiclayo (17-22 mm) coincidieron con los obtenidos en la presente investigación. La mayor altura de planta obtenida en este trabajo puede deberse a que las variedades se evaluaron en densidades de población más altas.

La prueba de medias mostró que la variedad Modificada tendió a presentar los valores más bajos para las variables PFCC, PFSC, RT y RPP; mientras que la variedad Sacha fue la que mostró un mayor rendimiento por planta (451.82 g) (Cuadro 3.10). Peña et al. (2021) alcanzaron un rendimiento de 7.33.46 t ha⁻¹ con el ecotipo Celendín. Por su parte, Quevedo et al. (2015) obtuvieron rendimientos de 27.7 t ha⁻¹ con densidades de plantación de 5000 plantas/ha y espaldera tipo chiquero, con el ecotipo Colombia; mientras que el mejor rendimiento por planta lo obtuvieron con una densidad de 2500 plantas/ha y espaldera tipo chiquero (574.50 g). En promedio de variedades, la variedad Sacha rindió 6.26 t ha⁻¹ y en la densidad baja rindió 8.29 t ha⁻¹, que es comparable con lo obtenido por Peña et al. (2021).

La variedad Sacha tendió a desarrollar frutos sobresalientes en las variables DP, DE y SST (Cuadro 3.11). Peña et al. (2021) reportaron 19.56 mm de diámetro ecuatorial en frutos del ecotipo Celendín. Con respecto a los sólidos solubles totales, Peña et al. (2021) reportaron 14.97 °Brix en frutos del ecotipo Celendín. Por su parte, Grigolo et al. (2021) obtuvieron valores de 15 °Brix en frutos frescos de uchuva. Estos resultados son comparables a los obtenidos en las variedades evaluadas en la presente investigación que, en general, variaron de 10 a 16 °Brix en los siete cortes.

Cuadro 3.9. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor variedad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en dos densidades de población.

Variedad	DT1	DT2	DT3	DT4	DT5	DT6
Sacha	5.87 a ²	9.24 a	12.57 a	14.69 a	15.67 a	16.51 a
Modificada	6.02 a	9.51 a	12.50 a	14.29 ab	15.14 bc	15.99 b
CSAEGRO	5.92 a	9.35 a	12.20 a	14.02 b	14.91 c	15.70 b
Fitos	5.96 a	9.45 a	12.27 a	14.28 ab	15.07 bc	15.84 b
Chiclayo	6.07 a	10.13 a	12.55 a	14.61 a	15.48 ab	16.01 b
DMSH	0.24	1.08	0.42	0.46	0.47	0.46
	DT7	DT8	AP1	AP2	AP3	AP4
Sacha	17.26 a	18.05 a	12.41 c	30.39 c	54.48 b	92.60 ab
Modificada	16.93 ab	17.91 ab	16.97 a	34.89 a	55.11 b	90.46 b
CSAEGRO	29.18 b	17.51 b	13.31 b	31.61 bc	54.69 b	90.93 b
Fitos	16.80 b	17.73 ab	12.94 bc	31.78 bc	56.17 ab	93.89 a
Chiclayo	16.67 b	17.81 ab	13.00 bc	32.00 b	57.70 a	94.52 a
DMSH	0.43	0.45	0.71	1.52	1.83	2.50
	AP5	AP6	AP7	AP8		
Sacha	130.38 bc	163.70 a	195.25 a	228.87 a		
Modificada	127.48 c	157.68 b	188.93 b	221.27 b		
CSAEGRO	127.91 c	162.52 a	191.23 ab	222.34 b		
Fitos	131.90 ab	164.50 a	193.65 a	224.67 ab		
Chiclayo	133.87 a	165.92 a	194.70 a	222.63 b		
DMSH	3.12	4.47	4.51	5.11		

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; DT: diámetro de tallo (mm); AP: altura de planta (cm); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada dos semanas.

²Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

Cuadro 3.10. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor variedad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en dos densidades de población.

Variedad	PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4	PFCC5	PFCC6
Sacha	124.00 a ^z	150.25 a	444.63 a	1375.10 a	2581.40 a	1051.40 ab
Modificada	103.38 a	100.63 a	451.13 a	711.50 b	1086.60 b	543.90 b
CSAEGRO	118.50 a	125.25 a	267.25 ab	1066.50 ab	2279.10 a	1237.10 a
Fitos	109.88 a	111.38 a	261.25 ab	762.50 b	1520.00 ab	740.90 ab
Chiclayo	108.00 a	104.00 a	177.75 b	903.00 ab	1732.80 ab	1006.60 ab
DMSH	52.14	53.55	248.13	547.49	1190.30	689.71
	PFCC7	PFSC1	PFSC2	PFSC3	PFSC4	PFSC5
Sacha	533.00 ab	87.75 a	139.75 a	386.25 a	1257.10 a	2324.90 a
Modificada	275.10 b	93.75 a	92.75 a	414.13 a	672.10 b	993.40 b
CSAEGRO	808.30 ab	103.63 a	116.38 a	230.13 ab	972.10 ab	2059.60 ab
Fitos	468.60 ab	96.00 a	104.00 a	233.13 ab	688.10 b	1370.40 ab
Chiclayo	846.40 a	94.38 a	96.63 a	149.25 b	829.00 ab	1572.90 ab
DMSH	534.29	45.92	50.22	222.03	478.62	1085.50
	PFSC6	PFSC7	RT	RPP		
Sacha	968.30 a	484.90 ab	5648.90 a	451.82 a		
Modificada	515.30 a	255.50 b	3036.90 b	280.39 b		
CSAEGRO	1132.10 a	728.00 ab	5342.00 a	441.70 ab		
Fitos	670.10 a	417.50 ab	3579.30 ab	295.64 ab		
Chiclayo	966.50 a	765.40 a	4474.00 ab	440.62 ab		
DMSH	642.02	483.61	2285.10	167.91		

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; PFCC_i: peso de fruto fresco con cáliz (g); PFSC_i: peso de fruto fresco sin cáliz (g); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: mediciones del uno al siete, cada 20 días; RT: rendimiento total (g); RPP: rendimiento por planta (g).

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

Cuadro 3.11. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor variedad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en dos densidades de población.

Variedad	DP1	DP2	DP3	DP4	DP5	DP6	DP7
Sacha	18.25 a ^z	15.48 a	16.72 a	16.51 a	17.61 a	17.76 a	16.84 a
Modificada	16.42 b	15.15 a	15.73 b	14.75 c	16.25 b	15.57 c	14.22 c
CSAEGRO	17.34 ab	15.55 a	15.82 b	15.96 ab	17.47 a	17.19 ab	15.94 b
Fitos	16.63 b	15.73 a	15.42 b	15.38 bc	17.17 a	16.95 b	16.53 ab
Chiclayo	16.95 b	15.24 a	16.03 ab	15.97 ab	17.54 a	17.48 ab	16.48 ab
DMSH	0.94	0.93	0.84	0.79	0.74	0.65	0.90
	DE1	DE2	DE3	DE4	DE5	DE6	DE7
Sacha	18.05 a	15.83 a	16.65 a	17.12 a	17.63 a	18.37 a	17.65 a
Modificada	16.46 b	15.55 a	15.58 b	14.88 c	16.01 b	15.44 c	14.46 b
CSAEGRO	17.33 ab	15.77 a	15.86 ab	16.66 ab	17.51 a	17.70 b	16.95 a
Fitos	16.64 b	15.80 a	15.47 b	16.10 b	17.12 a	17.35 b	17.26 a
Chiclayo	16.77 b	15.50 a	16.19 ab	16.65 ab	17.51 a	17.97 ab	16.75 a
DMSH	0.92	0.89	0.84	0.78	0.78	0.65	0.94
	SST1	SST2	SST3	SST4	SST5	SST6	SST7
Sacha	13.21 b	12.02 a	12.10 ab	12.26 ab	11.75 ab	13.44 a	14.40 b
Modificada	10.01 c	8.71 b	11.16 b	11.03 c	10.64 b	10.68 b	10.95 c
CSAEGRO	13.79 ab	12.80 a	13.30 a	13.16 a	12.60 a	13.19 a	14.87 ab
Fitos	14.68 a	12.99 a	12.35 ab	12.28 ab	12.62 a	13.23 a	14.57 b
Chiclayo	14.06 ab	12.26 a	12.62 a	11.94 bc	12.41 a	13.27 a	16.14 a
DMSH	1.36	1.15	1.34	1.18	1.13	1.25	1.38

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; DPi: diámetro polar del fruto(mm); DEi: diámetro ecuatorial del fruto (mm); SSTi: sólidos solubles totales (°Brix); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7: mediciones del uno al siete, cada 20 días.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

La variedad Modificada presentó los valores más bajos para la variable VCT (excepto en VCT1), así como en la variable ATT3 (Cuadro 3.12). Bazalar et al. (2020) reportaron contenidos de vitamina C de 0.34-1.77 mg/100 g de fruto fresco, dichos resultados se encuentran por debajo de los obtenidos en esta investigación en los frutos de cualquiera de las cinco variedades evaluadas. Al respecto, Grigolo et al. (2021) afirmaron que los diferentes contenidos de vitamina C en los frutos se debe a la variabilidad entre plantas.

Cuadro 3.12. Pruebas de comparación de medias, dentro del factor variedad, de variables evaluadas en cinco variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) cultivada en dos densidades de población.

Variedad	ATT1	ATT2	ATT3	ATT4	ATT5	ATT6
Sacha	0.95 a ^z	1.14 a	1.13 ab	1.08 a	1.14 a	1.25 a
Modificada	0.99 a	1.14 a	0.97 b	1.09 a	1.21 a	1.34 a
CSAEGRO	1.04 a	1.09 a	1.13 ab	1.15 a	1.15 a	1.26 a
Fitos	1.05 a	1.05 a	1.20 a	1.13 a	1.29 a	1.34 a
Chiclayo	1.07 a	1.18 a	1.20 a	1.16 a	1.24 a	1.26 a
DMSH	0.26	0.33	0.20	0.28	0.24	0.20

	VCT1	VCT2	VCT3	VCT4	VCT5	VCT6
Sacha	4.12 a	3.66 a	3.97 a	4.13 a	4.39 a	4.52 a
Modificada	3.25 a	2.54 b	2.70 b	2.72 b	2.49 b	3.12 b
CSAEGRO	3.83 a	3.53 a	4.07 a	4.40 a	4.28 a	4.74 a
Fitos	4.27 a	4.05 a	3.72 a	4.32 a	4.36 a	4.53 a
Chiclayo	3.98 a	3.49 a	3.65 a	3.99 ab	4.36 a	4.03 ab
DMSH	1.48	0.78	0.71	1.33	0.79	0.92

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; ATTi: acidez titulable total (%); VCTi: vitamina C total (mg/100 g); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6: mediciones del uno al seis, cada 20 días.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

3.3.4 Análisis de interacciones

Solo se hizo comparación de medias en las variables donde la interacción densidad x variedad fue significativa. Se analizó el comportamiento de las variedades dentro de cada densidad. Para la variable AP1 la variedad Modificada mostró diferencias con respecto a 'Chiclayo', 'CSAEGRO', 'Fitos' y 'Sacha' dentro de la densidad alta, mientras que, dentro de la densidad baja, las diferencias se presentaron en las variedades Chiclayo, Fitos y Sacha. En ambas densidades la variedad modificada fue la de mayor altura (Figura 3.1a). Para AP5 las diferencias observadas se debieron al comportamiento de la variedad Fitos dentro de cada densidad (Figura 3.1b). En AP6 y AP7 la variedad Modificada mostró diferencias dentro de la densidad alta (Figuras 3.1c y 3.1d), mientras que, para AP6 dentro de la densidad baja la variedad Fitos fue la que presentó un comportamiento diferente con respecto a las demás variedades (Figura 3.1c) y para AP7, dentro de la densidad baja, la variedad Chiclayo mostró un comportamiento diferente con respecto a las variedades CSAEGRO y Modificada que a su vez mostraron diferencias con respecto a las variedades Fitos y Sacha (Figura 3.1d).

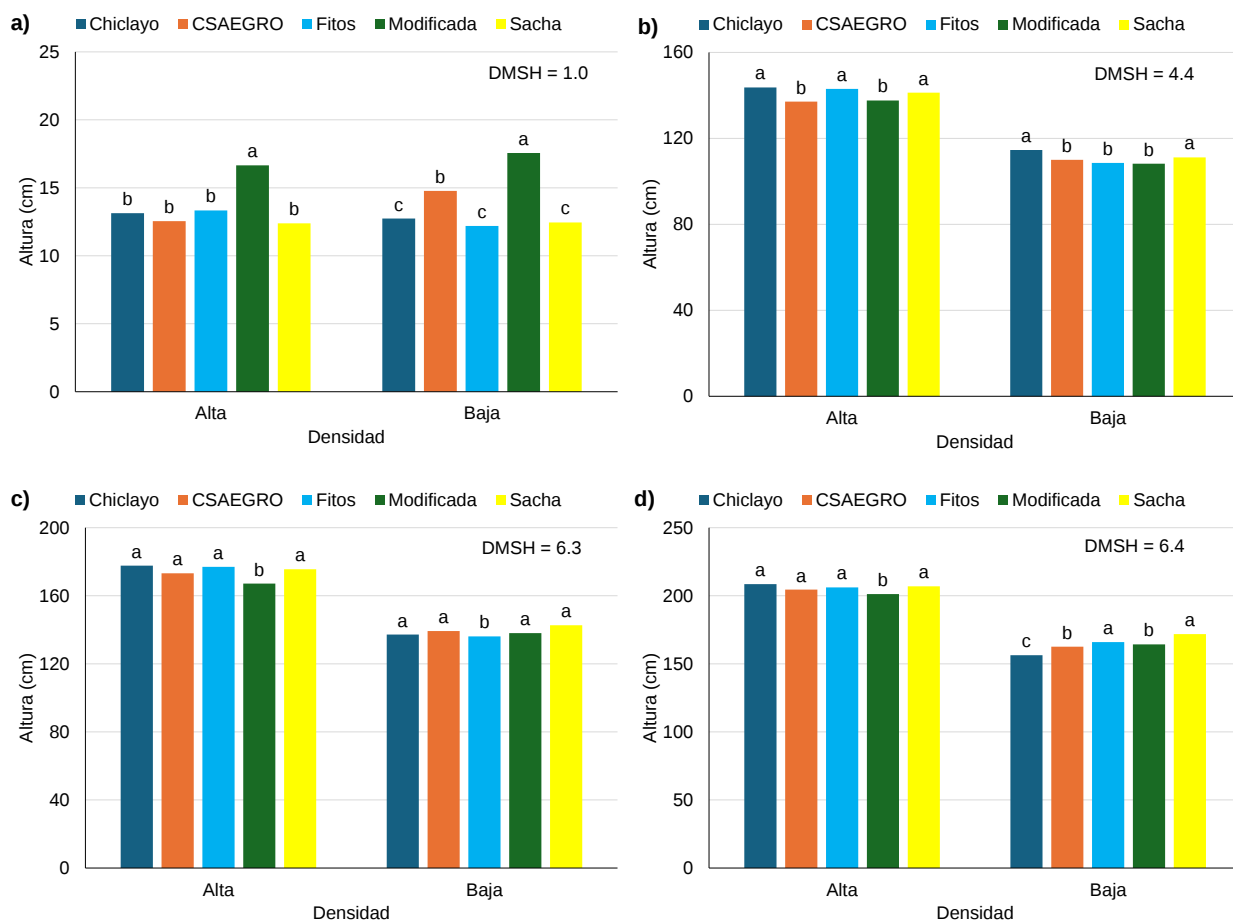


Figura 3.1. Comparación de medias entre variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en cada densidad. a) altura de planta en la evaluación 1 (AP1); b) altura de planta en la evaluación 5 (AP5); c) altura de planta en la evaluación 6 (AP6); d) altura de planta en la evaluación 7 (AP7). Barras con la misma letra dentro de densidad no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).

En la variable PFSC3, las variedades presentaron un comportamiento similar dentro de la densidad alta. En cambio, dentro de la densidad baja las variedades Modificada y Sacha presentaron un comportamiento distinto con respecto al resto de variedades (Figura 3.2a). Para las variables DP1 y DP4 la variedad Modificada presentó diferencias con respecto al resto de variedades dentro de la densidad alta (Figuras 3.2b y 3.2c); en cambio, para DP1 en la densidad baja las variedades CSAEGRO y Sacha mostraron diferencias frente a 'Chiclayo', 'Modificada' y 'Fitos' (Figura 3.2b). Mientras que para la variable DP4 las variedades que presentaron diferencias dentro de la densidad baja fueron 'Fitos' y 'Modificada' (Figura 3.2c). No hubo diferencias entre variedades para DE2 en ninguna densidad (Figura 3.2d).

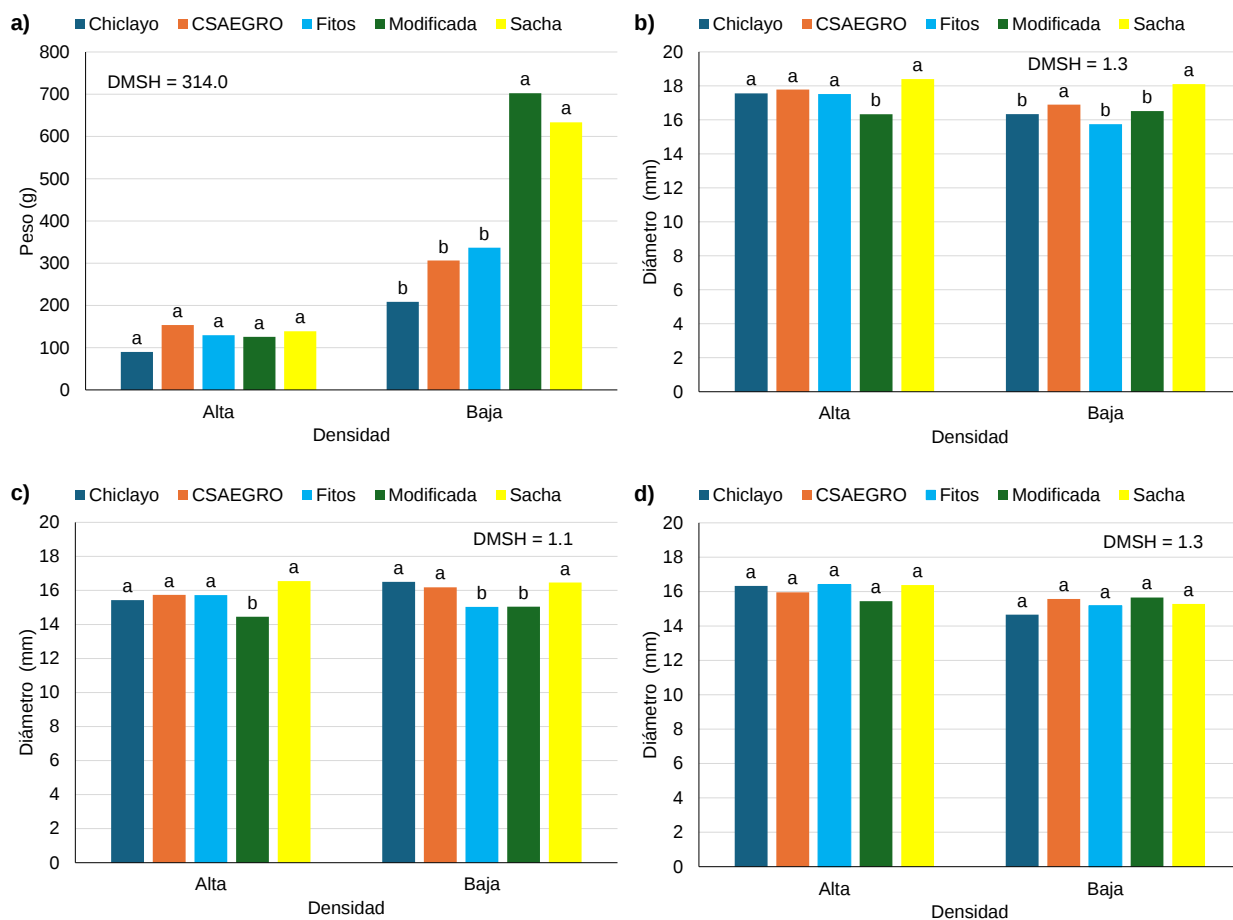


Figura 3.2. Comparación de medias entre variedades de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en cada densidad. a) peso de fruto sin cáliz en la evaluación 3 (PFSC3); b) diámetro polar del fruto en la evaluación 1 (DP1); c) diámetro polar del fruto en la evaluación 4 (DP4); d) diámetro ecuatorial del fruto en la evaluación 2 (DE2). Barras con la misma letra dentro de densidad no difieren estadísticamente (Tukey, $P = 0.05$).

3.4 Conclusiones

Con la densidad baja, 13,861 plantas/ha, se obtuvieron plantas de menor altura y mayor rendimiento.

La mejor variedad en rendimiento y calidad de fruto fue ‘Sacha’.

No hubo interacción entre variedad y densidad para rendimiento, solo para altura de planta y tamaño de fruto, donde las variedades Fitos, Chiclayo y CSAEGRO se comportan distinto al cambiar de densidad de población.

3.5 Literatura citada

- Álvarez-Herrera, J., Fischer, G., & Vélez, J. E. (2021). Análisis de la producción de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante el ciclo de cosechas en invernadero con diferentes láminas de riego. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(174), 109-121. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1239>.
- Antúñez-Ocampo, O., Sandoval-Villa, M., Alcantar-González, G., & Solís-Martínez, M. (2014). Aplicación de amonio y nitrato en plantas de *Physalis peruviana* L. *Agrociencia*, 48(8), 805-817. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30232982004>.
- Asociación Nacional de Comercio Exterior. (febrero de 2023). *Dirección de asuntos económicos. Informe exportaciones de uchuva 2022*. <https://www.analdex.org/2023/02/09/informe-exportaciones-de-uchuva-2022/>.
- Association of Official Analytical Chemist. (2023). *Official methods of analysis* (22 th Ed.). Association of Official Analytical Chemist. <https://www.aoac.org/official-methodsof-analysis/>.
- Ávila, J. A., Moreno, P., Fischer, G., & Miranda, D. (2006). Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18°C. *Acta Agronómica*, 55(4), 29-37. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169920333005>.
- Bazalar, P. M. S., Nazareno, M. A., & Viturro, C. I. (2020). Optimized formulation of a *Physalis peruviana* L. fruit nectar: physicochemical characterization, sensorial traits and antioxidant properties. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 3267-3277 <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04358-w>.
- Criollo, H., Lagos, T. C., Fischer, G., Mora, L., & Zamudio, L. (2014). Comportamiento de tres genotipos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes sistemas de poda. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 34-43. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2798>
- Fischer, G., & Melgarejo, L. M. (2014). Ecofisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). In C. C. P. Pássaro & D. A. Moreno (Eds.), *Physalis peruviana* L.: *Fruta Andina para el Mundo. Capítulo II: Agronomía* (pp: 29-47). CYTED.
- Fischer, G., Almanza, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 1-15. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a la República Mexicana)*. Universidad Nacional Autónoma de México. http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf.

- Gastelum-Osorio, D. A., Sandoval-Villa, M., Trejo-López, C., & Castro-Brindis, R. (2013). Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(2), 197-210. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60927902006>.
- Grigolo, C. R., de Cacia, O. M., Schroll, L. E., Ropelato, J., Oldoni, T., & Boeira, B. C. (2021). Physico-chemical characterization and antioxidant content of *Physalis* fruits. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(3), 607-618. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i3.2080>.
- Kretzschmar, A. A., Muniz, J., Muniz, J. N., Pelizza, T. R., Marchi, T., & Rufato, L. (2014). The effects of harvest date, training system and spacing on physical and chemical characteristics of *Physalis* fruit. *Acta Horticulturae*, (1058), 165-173. Doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1058.18>.
- Miranda, D., & Fischer, G. (2021). Avances tecnológicos en el cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. In G. Fischer, D. Miranda, S. Magnitskiy, H. E. Balaguera-López & Z. Molano (Eds.). *Avances en el cultivo de berries en el trópico* (pp. 14-36). Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. <https://doi.org/10.17584/IBerries>.
- Mora-Aguilar, R., Peña-Lomelí, A., López-Gaytán, E., Ayala-Hernández, J. J., & Ponce-Aguirre, D. (2006). Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(1), 57-63. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912109>.
- Orozco-Balbuena, D. I., Sandoval-Villa, M., Rodríguez-Mendoza, M. de las N., & Antúnez-Ocampo, M. (2021). Phenology of four varieties of gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in greenhouses and hydroponics for its commercial production in México. *Agroproductividad*, 14(3), 3-9. <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i3.1747>.
- Peña, R., Gelacio, M., & Guerrero, J. (2021). Producción, calidad y rentabilidad de tres ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Manglar*, 18(3), 231-238. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.030>.
- Peña-Castillo, R., Neira-Ojeda, M., Javier-Alva, J., Arévalo-Valladolid, D., Chanduvi-García, R., Lindo-Seminario, D., Vera, E., Calero-Merino, M., Quiroz, C. M., & Morales-Pizzaro, A. (2024). Dosis de bioestimulante y distanciamiento de siembra en correlación con los parámetros productivos en aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(27), Article 027. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5058>.
- Quevedo, G. E., Sánchez, G. O., & Veloza, S. C. E. (2015). Efecto del tutorado y distancias de siembra sobre el rendimiento de *Physalis peruviana* L. *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 91-99.

- Quiroga, R. J., & Kirschbaum, D. S. (2021). *Physalis* (goldenberry): native fruit species of the sub-Andean Yungas with high cultivation potential in Argentina. *Horticultura Argentina*, 40(103), 90-114
- Rodríguez, P. D., Luna, M. L. T., Quesada, Q, J. M., Guerrero, D. G. F., Meneses, B. D. H., Ramos, Z. H. S., & Rincón, M. L. F. (2022). Tipología de productores de uchuva en el departamento de Nariño, Colombia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(7), 1313-1318.
- Trevisani, N., Melo, R. C. de., Cerutti, P. H., Pierre, P. M. O., Coimbra, J. L. M., & Guidolin, A. F. (2024). Heterotic potential for *Physalis peruviana* fruit traits in hybrid combinations. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 46, Article e-935 <https://doi.org/10.1590/0100-29452024935>.

CAPÍTULO 4. PODA Y POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) EN INVERNADERO E HIDROPONÍA

RESUMEN

El cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.) ha comenzado a desarrollarse en invernadero, sin embargo, hace falta definir un sistema de manejo agronómico que permita mantener o incrementar el rendimiento sin comprometer la calidad del fruto. El objetivo de la presente investigación fue determinar el tipo de poda más adecuado para lograr altos rendimientos y calidad de fruto, bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Se establecieron cinco tratamientos de poda: T1: Sin poda (testigo), T2: Poda terminal a 1.5 m, T3: Poda a dos tallos aéreos, T4: Poda a cuatro tallos aéreos y T5: Poda a cuatro tallos basales; bajo un diseño de bloques completos al azar, con ocho repeticiones. Las podas se realizaron entre los 30 y 45 días después del trasplante. El tratamiento T1 se condujo hasta tener 2.5 m de altura y el resto de los tratamientos se manejó a 1.5 m de altura. Se encontraron efectos altamente significativos ($P \leq 0.05$) atribuidos a tratamientos en las variables diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), número de ramas (NR), número de botones florales (NBF), peso de fruto con cáliz (PFCC), peso de fruto sin cáliz (PFSC), rendimiento total (RT), rendimiento por planta (RPP), número de frutos por planta (NF), diámetro polar de fruto (DP) y diámetro ecuatorial de fruto (DE). Se estimó un rendimiento de 15.12, 12.04 y 11.02 t ha⁻¹ para los tratamientos T1, T2 y T4, respectivamente. El mayor número de frutos totales y rendimiento se obtuvo con el tratamiento T1. El tratamiento T3 propició mayor tamaño de fruto.

Palabras clave: manejo agronómico; fruta exótica; tamaño de fruto; calidad.

PRUNING AND POTENTIAL YIELD OF CAPE GOOSEBERRY (*Physalis peruviana* L.) IN GREENHOUSE AND HYDROPONICS

ABSTRACT

The cultivation of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) has begun to develop in greenhouses; however, an agronomic management system that maintains or increases yields without compromising fruit quality is still needed. The objective of this research was to determine the most suitable type of pruning to achieve high yields and fruit quality under greenhouse and hydroponic conditions. Five pruning treatments were established: T1: No pruning (control), T2: Terminal pruning at 1.5 m, T3: Pruning to two aerial stems, T4: Pruning to four aerial stems, and T5: Pruning to four basal stems; using a randomized complete block design with eight replications. Pruning was performed between 30 and 45 days after transplanting. Treatment T1 was allowed to grow up to 2.5 m in height, while the remaining treatments were maintained at 1.5 m in height. Highly significant effects ($P \leq 0.05$) were found attributed to treatments in the variables of stem diameter (SD), plant height (PH), number of branches (NB), number of flower buds (NFB), fruit weight with calyx (FWC), fruit weight without calyx (FWoC), total yield (TY), yield per plant (YPP), number of fruits per plant (NFP), polar fruit diameter (PD), and equatorial fruit diameter (ED). An estimated yield of 15.12, 12.04, and 11.02 t ha⁻¹ was obtained for treatments T1, T2, and T4, respectively. The highest total number of fruits and yield was achieved with treatment T1. Treatment T3 resulted in larger fruit size.

Keywords: agronomic management; exotic fruit; fruit size; quality.

4.1 Introducción

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es un cultivo ampliamente distribuido en las zonas altas de Suramérica (Fischer et al., 2014). Debido a su adaptabilidad se puede encontrar en altitudes que van de los 1500 a 3000 msnm, en países tropicales, subtropicales e incluso templados (Fischer y Miranda, 2012), tales como Estados Unidos, Hawái, Nueva Zelanda, Reino Unido, Sudáfrica, Australia, Kenia e India (Espinoza-Rodriguez et al., 2021).

Colombia, a pesar de ser el principal productor y exportador de uchuva en el mundo, aún se encuentra desarrollando su tecnología de producción puesto que la existente se ha desarrollado sobre el conocimiento empírico de productores y algunos trabajos de investigación (Fischer et al., 2014). El cultivo de uchuva se desarrolla a campo abierto con tecnología limitada y prácticas de manejo convencionales con poca innovación (Muniz et al., 2011). Este cultivo presenta un crecimiento indeterminado que, durante el primer año se da de forma herbácea y a partir del segundo año comienza a formarse un arbusto semileñoso (Fischer, 2000), cuyo crecimiento sin tutorado puede alcanzar los 1.5 m y con tutorado alcanza más de 2 m de altura (Fischer y Miranda, 2012). Para lograr altos volúmenes de producción y mejorar la calidad de los frutos es necesario el uso de sistemas de conducción y la implementación de podas en las plantas (Muniz et al., 2011).

Los sistemas de producción actuales se basan en la formación de un “árbol” a través de la eliminación de las ramas basales y la conducción de las ramas de uchuva hacia los alambres tutores ubicados a 1.8 o 2 m de altura y a 1 m de separación entre cada uno (Fischer & Miranda, 2012). En general, es necesario realizar podas en el cultivo para garantizar el aprovechamiento de la luz para favorecer la fotosíntesis y consecuentemente mayor producción y calidad de fruto (Angulo, 2011). La primera poda que se realiza en las plantaciones de uchuva es la de formación, en la cual se puede optar por eliminar el tallo central y dejar dos o hasta cuatro ramas vegetativas que posteriormente se volverán las ramas productivas (Criollo et al., 2014), cuyo crecimiento se rige por el sistema de tutorado, el cual puede ser en espaldera simple, en “V”, en triángulo invertido, o en “X” (Fischer et al., 2014). Posteriormente las podas son de mantenimiento, en las que se eliminan ramas y hojas viejas o enfermas, así como la eliminación de chupones o rebrotes que surjan y reduzcan la ventilación. Si bien a campo

abierto el cultivo de uchuva requiere de mucho manejo, en la actualidad la producción de uchuva se ha llevado a condiciones de invernadero debido a su importancia económica; bajo estas condiciones se ha observado un acelerado crecimiento, buen desarrollo y producción competitiva (Álvarez-Herrera et al., 2021), sin embargo, aun hace falta definir un sistema de manejo agronómico que permita mantener o incrementar los rendimientos sin comprometer la calidad del fruto; por ende, el objetivo de la presente investigación fue determinar el tipo de poda más adecuado para lograr altos rendimientos y calidad de fruto, bajo condiciones de invernadero e hidroponía.

4.2 Materiales y métodos

La presente investigación se realizó del mes de abril a noviembre de 2024 en un invernadero de 500 m² del Campo Agrícola Experimental del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), ubicado en las coordenadas geográficas 19°29'24" de latitud Norte y 98°52'27" longitud Oeste, a 2250 m de altitud. Con clima predominante de tipo C(Wo)(W)b(i'), definido como subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación invernal menor al 5 %, con poca de oscilación térmica y veranos frescos, y precipitación anual de 636 mm, con una temperatura media anual que oscila entre los 12 y 18 °C con variación menor a 5 °C (García, 1998).

El experimento comenzó con el establecimiento del almácigo el dos de abril de 2024. Posteriormente, el trasplante se realizó el 18 de mayo a una densidad de población de 16,666 plantas/ha. Se definieron cinco tratamientos o niveles de poda: T1: Sin poda (testigo), T2: Poda terminal a 1.5 m, T3: Poda a dos tallos aéreos, T4: Poda a cuatro tallos aéreos y T5: Poda a cuatro tallos basales; bajo un diseño de bloques completos al azar, con ocho repeticiones. Las podas de cada tratamiento se realizaron entre los 30 y 45 días después del trasplante (ddt). El tratamiento T1 se condijo hasta tener 2.5 m de altura, mientras que el resto de los tratamientos se manejó 1.5 m de altura. La unidad experimental (UE) consistió en un surco de 15 plantas. El cultivo se desarrolló en condiciones de invernadero e hidroponía con la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1984) a 2.5 dS m⁻¹ de conductividad eléctrica.

Las variables evaluadas fueron altura de planta (AP, en cm), diámetro de tallo (DT, en mm), número de ramas (NR), número botones florales (NBF), peso de fruto con cáliz

(PFCC, en g), peso de fruto sin cáliz (PFSC, en g), rendimiento total (RT, en g), rendimiento por planta (RPP, en g), diámetro polar del fruto (DP, en mm), diámetro ecuatorial del fruto (DE, en mm) y número de frutos por planta (NF). La AP se midió con un flexómetro marca Truper®. DT, DP y DE se midieron con un vernier digital de la marca Daniu®. PFCC y PFSC se midieron con una báscula digital de la marca Electronic Compact Scale® modelo SF-400A. RT se obtuvo al sumar los pesos de fruto sin cáliz de las ocho cosechas realizadas y RPP se obtuvo al dividir el RT entre el número de plantas por (UE) al final de las evaluaciones. AP, DT, NR y NBF se evaluaron cada dos semanas a partir de la realización de las podas. PFCC, PFSC, DP, DE y NF se evaluaron cada nueve días a partir de la primera cosecha (26 de agosto de 2024). Los datos de DP y DE se obtuvieron al medir cinco frutos de cada UE.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental de bloques completos al azar, para lo cual se utilizó el paquete estadístico Statistical Analysis System versión 9.0. Posteriormente, se realizaron comparaciones de medias de Tukey ($P = 0.05$) para las variables en que hubo significancia para tratamientos.

4.3 Resultados y discusión

4.3.1 Análisis de varianza

Los resultados del análisis de varianza mostraron efecto de tratamientos altamente significativos ($P \leq 0.01$) sobre las variables diámetro de tallo (DT), altura de planta (AP), número de ramas (NR) y número de botones florales (NBF) (Cuadro 4.1). Quevedo et al. (2015) aseguraron que el diámetro de tallo está influenciado por la competencia entre plantas y las densidades de población. La altura de planta y el número de ramas son parámetros estrechamente relacionados con el potencial productivo de la uchuva (Criollo et al., 2014). De tal modo que, con abundante número de ramas, éstas incrementan de longitud rápidamente y se vuelven más delgadas, reduciendo la translocación de asimilados hacia los frutos dando como resultado un menor peso de fruto (Torres et al., 2004).

Se obtuvieron efectos de tratamiento altamente significativos en la variable peso de fruto con cáliz (PFCC) y efectos significativos ($P \leq 0.05$) en PFCC4, a excepción de PFCC5 y PFCC6 donde no se presentó significancia. Con respecto a la variable peso de fruto sin cáliz (PFSC) solo se presentaron efectos altamente significativos en PFSC2, PFSC3, PFSC7 y PFSC8, y efectos significativos en PFSC4 (Cuadro 4.2). Para rendimiento total (RT) y rendimiento por planta (RPP) se obtuvieron efectos altamente significativos. Eliminar ramas primarias de la uchuva no tiene efectos significativos en la producción, sin embargo, eliminar las ramas secundarias si puede afectar negativamente la productividad del cultivo (Criollo et al. 2014), dado que en uchuva el número de ramas cumple un papel importante en la producción (Fischer et al., 2015). Bajo buenas condiciones de crecimiento, es posible dejar de dos hasta cuatro tallos basales vegetativos, lo que posteriormente permitirá incrementar los rendimientos (Fischer et al., 2014).

En las variables número de frutos por planta (NF) y número de frutos totales por planta (NFT) se presentaron efectos altamente significativos debido a los tratamientos en siete de las ocho evaluaciones, a excepción de NF1 en la que solo se mostraron efectos significativos (Cuadro 4.3). Peña et al. (2021) señalaron que el número de frutos producidos se ve influenciado por las condiciones agroclimáticas y la genética del cultivo. Además, una poda bien planificada permitirá incrementar el número de frutos y la calidad de estos (Fischer et al., 2012). Al respecto Mora-Aguilar (2006) indicaron que el número de frutos se correlaciona positivamente con el rendimiento.

En las variables diámetro polar de fruto (DP) y diámetro ecuatorial de fruto (DE) se presentaron efectos altamente significativos atribuidos a los tratamientos, a excepción de DP8 y DE8 en donde no se presentó significancia (Cuadro 4.4). La realización de podas permite regular el tamaño y la cantidad de frutos. Una menor cantidad y longitud de ramas secundarias estimulará un mayor tamaño de fruto (Criollo et al., 2014).

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en uchuva (*Physalis peruviana* L.) variedad Sacha con cinco niveles de poda.

FV	GL	DT1	DT2	DT3	DT4
Tratamiento	4	409.28 **	199.43 **	503.00 **	697.26 **
Bloque	3	22.53 **	40.65 **	21.27 **	23.20 **
Error	592	2.34	1.95	1.81	3.55
Total	599				
CV		16.05	11.33	9.47	10.96
		AP1	AP2	AP3	AP4
Tratamiento	4	404.10 **	4182.27 **	1073.75 **	443.96 **
Bloque	3	977.78 **	1144.81 **	1639.30 **	2583.54 **
Error	592	37.56	73.99	66.95	76.35
Total	599				
CV		20.63	14.39	8.70	6.21
		NR1	NR2	NR3	NBF1
Tratamiento	4	2.13 **	624.66 **	9699.43 **	106.65 **
Bloque	3	40.61	235.37 **	1114.48 **	20.28
Error	592	3.29	8.80	26.74	9.97
Total	599				
CV (%)		27.46	36.22	30.18	81.50
		NBF2	NBF3		
Tratamiento	4	1159.44 **	9214.57 **		
Bloque	3	217.15 **	2866.22285 **		
Error	592	32.90	100.72		
Total	599				
CV (%)		62.37	37.40		

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; DTi: diámetro de tallo (mm); APi: altura de planta (cm); NRi: número de ramas; NBFi: número de botones florales; i = 1, 2, 3, 4: mediciones del uno al cuatro, cada dos semanas; CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 4.2. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en uchuva (*Physalis peruviana* L.) variedad Sacha con cinco niveles de poda.

FV	GL	PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4
Tratamiento	4	46654.94 **	223492.75 **	644061.03 **	1172610.34 *
Bloque	3	24981.09	3214.77	90822.69	536229.37
Error	32	9574.26	22125.76	102722.09	354764.24
Total	39				
CV (%)		36.56	28.29	25.79	23.77
		PFCC5	PFCC6	PFCC7	PFCC8
Tratamiento	4	375987.65	980798.44	7392343.85 **	3329477.00 **
Bloque	3	1703680.30 **	2997177.50 **	665156.93	91577.09
Error	32	281713.36	518630.04	387208.13	94841.44
Total	39				
CV (%)		21.00	33.44	42.30	35.78
		PFSC1	PFSC2	PFSC3	PFSC4
Tratamiento	4	20303.78	260942.85 **	603725.46 **	993550.96 *
Bloque	3	14816.87	18370.09	101098.89	432855.29
Error	32	9531.12	54896.03	84186.23	291244.82
Total	39				
CV (%)		41.12	48.20	26.53	24.06
		PFSC5	PFSC6	PFSC7	PFSC8
Tratamiento	4	392176.69	821049.46	4893659.38 **	2874758.91 **
Bloque	3	1310336.36 **	3063499.03 **	524844.03	75687.30
Error	32	255539.02	419009.81	309063.37	80164.32
Total	39				
CV (%)		22.54	33.35	43.07	36.32
		RT	RPP		
Tratamiento	4	34716781.40 **	153583.71 **		
Bloque	3	15142811.20 **	69322.97 **		
Error	32	1163211.00	4864.54		
Total	39				
CV (%)		10.46	10.13		

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; PFCCi: pesos de fruto fresco con cáliz (g); PFSCi: peso de fruto fresco sin cáliz (g); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada nueve días; RT: rendimiento total (g); RPP: rendimiento por planta (g); CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en uchuva (*Physalis peruviana* L.) variedad Sacha con cinco niveles de poda.

FV	GL	NF1	NF2	NF3	NF4	NF5
Tratamiento	4	4.53 *	77.32 **	436.16 **	49286.31 **	163.88 **
Bloque	3	2.76	0.91	13.58	11.72 **	6.23
Error	32	1.36	5.28	34.59	2.00	4.85
Total	39					
CV (%)		36.84	31.32	32.98	4.80	7.93
	GL	NF6	NF7	NF8	NFT	
Tratamiento	4	713.81 **	2496.38 **	1226.08 **	10731.07 **	
Bloque	3	892.03 **	144.05	27.36	1850.7494 **	
Error	32	133.38	94.86	21.70	254.16149	
Total	39					
CV (%)		32.32	39.47	32.00	9.93	

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; NF_i: número de frutos por planta; NFT: número de frutos totales por planta; i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada nueve días; CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza de variables evaluadas en uchuva (*Physalis peruviana* L.) variedad Sacha con cinco niveles de poda.

FV	GL	DP1	DP2	DP3	DP4
Tratamiento	4	47.56 **	12.93 **	50.83 **	35.84 **
Bloque	3	0.43	48.17 **	1.45	2.62
Error	192	2.23	2.53	1.51	1.05
Total	199				
CV (%)		7.67	8.16	6.12	5.33
		DP5	DP6	DP7	DP8
Tratamiento	4	39.46 **	30.37 **	26.00 **	0.61
Bloque	3	3.16	57.30 **	1.91	9.76 **
Error	192	1.25	1.44	2.10	1.83
Total	199				
CV (%)		5.80	6.53	7.87	7.41
		DE1	DE2	DE3	DE4
Tratamiento	4	23.93 **	13.24 **	77.43 **	32.24 **
Bloque	3	0.95	33.71 **	1.55	3.78
Error	192	3.15	1.62	1.44	1.32
Total	199				
CV (%)		8.96	6.46	5.80	6.05
		DE5	DE6	DE7	DE8
Tratamiento	4	52.01 **	39.72 **	35.03 **	4.32
Bloque	3	1.36	61.72 **	6.23 *	13.30 **
Error	192	1.21	1.59	2.11	2.13
Total	199				
CV (%)		5.71	6.71	7.86	7.80

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; DPi: diámetro Polar del fruto (mm); DEi: diámetro ecuatorial del fruto (mm); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada nueve días; CV: coeficiente de variación.

*: Significativo con $P \leq 0.05$; **: Altamente significativo con $P \leq 0.01$.

4.3.2 Comparación de medias

La prueba de comparación de medias de Tukey ($P = 0.05$) presentó diferencias en cada una de las evaluaciones de las variables DT, AP, NR y NBF. El tratamiento con mayor diámetro de tallo y altura de planta al final de las cuatro evaluaciones fue el de Poda a cuatro tallos aéreos con 19.33 mm y 144.10 cm, respectivamente. El mayor número de

ramas lo presentó el tratamiento Poda a cuatro tallos basales (28.26), mientras que el mayor número de botones florales lo presentó en tratamiento Poda terminal a 1.5 m (35.11). En particular, para NR1 la comparación de medias solo arrojó resultados para los tratamientos Sin poda (testigo) y Poda terminal a 1.5 m dado que los tratamientos permitían contar las ramas ubicadas antes de la primera bifurcación, mientras que el resto de los tratamientos no permitían el crecimiento de dichas ramas (Cuadro 4.5). Al respecto Quevedo et al. (2015) reportaron hasta 96.33 ramas en plantas de uchuva establecidas a una densidad de población de 5000 e-935 y un sistema de tutoreo de tipo escalera.

En general, la prueba de comparación de medias mostró diferencias en cuatro de las ocho evaluaciones en las variables PFCC y PFSC, en cuyos casos el tratamiento Sin poda (testigo) tendió a tener los valores más altos en peso de fruto con y sin cáliz. Con respecto a las variables RT y RPP, la prueba de medias mostró diferencias entre los tratamientos, donde el mayor rendimiento total (13,606.40 g) y rendimiento por planta (907.00 g) lo tuvo el tratamiento Sin poda (Cuadro 4.6). Criollo et al. (2014) obtuvieron pesos de fruto de 7.5 g en plantas de genotipo Silvania cuyo nivel de poda fue de cuatro ramas primarias y ocho ramas secundarias. Moura et al. (2016) alcanzaron rendimientos de 10.91 t ha⁻¹ al emplear un marco de plantación de 3 x 0.5 m. En cuanto al rendimiento por planta Moura et al. (2016) obtuvieron 1615.92 y 2090.62 g/planta en sus tratamientos con y sin poda, respectivamente; dichos resultados son superiores a los obtenidos en la presente investigación, donde el rendimiento para los tratamientos Sin poda y Poda terminal a 1.5 m fue de 907.0 y 722.5 g/planta, respectivamente, mientras que, para el tratamiento de poda a cuatro tallos aéreos el rendimiento fue de 661.38 g/planta. Con estos datos, se estimó un rendimiento de 15.12, 12.04 y 11.02 t ha⁻¹ para los tratamientos Sin poda (testigo), Poda terminal a 1.5 m y poda a cuatro tallos aéreos, respectivamente.

En las variables número de frutos por planta (NF), la prueba de comparación de medias mostró diferencias entre tratamientos, donde la tendencia a producir mayor número de frutos hacia el final de las evaluaciones se encontró en el tratamiento testigo Sin poda, lo cual fue más evidente en la variable número de frutos totales por planta (NFT). Esto pudo deberse a que las plantas con este tratamiento tuvieron mayor cantidad de ramas secundarias y por ende hubo mayor cantidad de yemas florales que, posteriormente, se

volvieron flores y tras su polinización amarraron un fruto. Por otra parte, los tratamientos de poda a dos y cuatro tallos aéreos fueron los que produjeron mayor número de frutos por planta en los cortes intermedios (Cuadro 4.7); Peña et al. (2021) obtuvieron 431.55 frutos por planta con el ecotipo Celendín. Quevedo et al. (2015) lograron obtener 7205 frutos en total, con un sistema de tutoreo tipo chiquero y 2500 pl ha⁻¹ durante un periodo de cosechas que duró 276 días. Estos resultados son superiores a los obtenidos en la presente investigación donde la suma de los ocho cortes fue de 221.88 frutos por planta para el tratamiento Sin poda.

Cuadro 4.5. Pruebas de comparación de medias de cinco tratamientos de poda en uchuva (*Physalis peruviana* L.) variedad Sacha, cultivada en invernadero e hidroponía.

TRATAMIENTO	DT1	DT2	DT3	DT4
Sin poda	10.36 a ^z	13.07 a	14.75 b	17.13 b
Sin poda 1.5	10.27 a	12.79 a	14.72 b	16.95 b
2 tallos aéreos	10.20 a	12.71 a	15.42 a	19.21 a
4 tallos aéreos	10.58 a	13.01 a	15.49 a	19.33 a
4 tallos basales	6.23 b	10.03 b	10.59 c	13.38 c
DMSH	0.54	0.49	0.48	0.67
	AP1	AP2	AP3	AP4
Sin poda	30.50 a	65.48 a	94.54 b	139.31 b
Sin poda 1.5	30.68 a	65.64 a	94.86 ab	140.05 b
2 tallos aéreos	29.78 a	56.53 b	93.61 b	139.73 b
4 tallos aéreos	31.06 a	59.25 b	97.64 a	144.10 a
4 tallos basales	26.53 b	51.93 c	89.38 c	140.60 b
DMSH	2.16	3.04	2.90	3.09
	NR1	NR2	NR3	NBF1
Sin poda	6.70 a	9.00 b	9.13 c	5.35 a
Sin poda 1.5	6.51 a	8.52 cb	7.87 c	4.42 ab
2 tallos aéreos	0.00 b	4.68 d	16.07 c	2.81 c
4 tallos aéreos	0.00 b	7.69 cb	24.21 b	3.11 bc
4 tallos basales	0.00 b	10.95 a	28.26 a	2.68 c
DMSH	0.46	1.05	1.83	1.54
	NBF2	NBF3		
Sin poda	12.31 a	34.57 a		
Sin poda 1.5	12.36 a	35.11 a		
2 tallos aéreos	5.55 c	15.05 d		
4 tallos aéreos	6.74 c	20.72 c		
4 tallos basales	9.09 b	28.87 b		
DMSH	2.05	3.55		

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; DTi: diámetro de tallo (mm); APi: altura de planta (cm); NRi: número de ramas; NBFi: número de botones florales; i = 1, 2, 3, 4: mediciones del uno al cuatro, cada dos semanas.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P = 0.05$).

Cuadro 4.6. Pruebas de comparación de medias de cinco tratamientos de poda en uchuva (*Physalis peruviana* L.) variedad Sacha, cultivada en invernadero e hidroponía.

TRATAMIENTO	PFCC1	PFCC2	PFCC3	PFCC4
Sin poda	261.88 ab ^z	745.63 a	1491.80 a	2770.40 a
Sin poda 1.5	260.38 ab	637.88 ab	1540.40 a	2753.00 a
2 tallos aéreos	329.38 a	327.00 c	845.00 b	2054.80 a
4 tallos aéreos	338.75 a	494.13 bc	1134.80 ab	2829.90 a
4 tallos basales	147.75 b	424.13 bc	1203.00 ab	2122.80 a
DMSH	141.36	214.89	463.02	860.48
	PFCC5	PFCC6	PFCC7	PFCC8
Sin poda	2652.40 a	2346.90 a	3186.30 a	2002.40 a
Sin poda 1.5	2401.40 a	2610.00 a	1146.00 b	722.40 b
2 tallos aéreos	2237.10 a	1710.00 a	1030.00 b	587.10 b
4 tallos aéreos	2552.40 a	2166.90 a	950.00 b	475.90 b
4 tallos basales	2795.00 a	1935.00 a	1043.80 b	515.40 b
DMSH	766.79	1040.40	898.97	444.91
	PFSC1	PFSC2	PFSC3	PFSC4
Sin poda	231.38 a	663.00 a	1343.30 a	2447.90 a
Sin poda 1.5	226.88 a	686.60 a	1379.00 a	2496.90 a
2 tallos aéreos	277.88 a	281.00 b	713.40 b	1819.90 a
4 tallos aéreos	289.00 a	431.80 ab	989.10 ab	2551.00 a
4 tallos basales	161.88 a	368.00 ab	1042.60 ab	1901.80 a
DMSH	141.04	338.49	419.17	779.65
	PFSC5	PFSC6	PFSC7	PFSC8
Sin poda	2374.40 a	2025.60 a	2680.00 a	1840.50 a
Sin poda 1.5	2138.30 a	2399.30 a	858.80 b	652.10 b
2 tallos aéreos	1926.40 a	1536.40 a	1098.80 b	522.50 b
4 tallos aéreos	2274.30 a	1972.00 a	912.50 b	423.40 b
4 tallos basales	2501.10 a	1771.60 a	903.10 b	459.30 b
DMSH	730.30	935.15	803.15	409.04
	RT	RPP		
Sin poda	13606.40 a	907.00 a		
Sin poda 1.5	10837.60 b	722.50 b		
2 tallos aéreos	8175.90 d	545.13 d		
4 tallos aéreos	9842.80 bc	661.38 bc		
4 tallos basales	9109.50 cd	607.25 cd		
DMSH	1558.10	100.76		

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; PFCCi: peso de fruto fresco con cáliz (g); PFSCi: peso de fruto fresco sin cáliz (g); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada nueve días; RT: rendimiento total (g); RPP: rendimiento por planta (g).

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

Cuadro 4.7. Pruebas de comparación de medias de cinco tratamientos de poda en uchuva (*Physalis peruviana* L.) variedad Sacha, cultivada en invernadero e hidroponía.

TRATAMIENTO	NF1	NF2	NF3	NF4	NF5
Sin poda	51.75 ab	171.00 a	372.75 ab	354.38 d	343.75 c
Sin poda 1.5	51.75 ab	144.88 a	385.00 a	374.25 d	359.88 c
2 tallos aéreos	52.00 ab	56.50 b	131.13 c	539.25 a	504.63 a
4 tallos aéreos	54.13 a	89.75 b	192.25 c	496.00 b	458.75 ab
4 tallos basales	27.38 b	87.25 b	254.50 bc	443.63 c	412.13 b
DMSH	25.34	49.83	127.58	29.98	47.15

	NF6	NF7	NF8	NFT
Sin poda	646.25 ab	842.88 a	545.38 a	221.88 a
Sin poda 1.5	723.00 a	281.25 b	192.38 b	167.47 b
2 tallos aéreos	389.38 c	245.13 b	119.50 b	135.83 c
4 tallos aéreos	444.50 bc	230.38 b	108.13 b	139.33 c
4 tallos basales	474.50 abc	249.50 b	125.75 b	138.32 c
DMSH	251.72	211.35	100.97	23.03

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; NF*i*: número de frutos por planta; NFT: número de frutos totales por planta; *i* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada nueve días.

²Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P = 0.05$).

La prueba de comparación de medias mostró diferencias en las variables DP y DE donde la tendencia general para frutos de mayor tamaño fue para el tratamiento de Poda a dos tallos aéreos, cuyos valores máximos rondaron entre los 20.71 y 20.83 mm en DP y DE, respectivamente (Cuadro 4.8). Moura et al. (2016) reportaron diámetros de fruto de 20.15 mm en plantas con dos tallos y plantas podadas a las que se les redujo el número de ramas laterales. Por su parte, Lima et al. (2021) obtuvieron diámetros de fruto polares y ecuatoriales de 16.14 y 16.33 mm, respectivamente, con un sistema de cultivo anual y espaldera con tutorado en “X”. Al comparar los sistemas de conducción en “X” y en “V” Kretzschmar et al. (2014) obtuvieron diámetros de fruto de 18.37 mm. Esto coincidió con lo reportado por Fischer et al. (2000) quienes mencionaron que el tamaño de los frutos ronda entre los 1.5 y 2.5 cm de diámetro, lo que concuerda con lo obtenido en la presente investigación. Dichos resultados resaltan la importancia de innovar en el manejo agronómico de la uchuva para conservar e incrementar el tamaño de los frutos.

Cuadro 4.8. Pruebas de comparación de medias de cinco tratamientos de poda en uchuva (*Physalis peruviana* L.) variedad Sacha, cultivada en invernadero e hidroponía.

TRATAMIENTO	DP1	DP2	DP3	DP4
Sin poda	18.78 b ^z	19.35 ab	18.92 d	18.26 c
Sin poda 1.5	18.60 b	18.63 b	19.31 cd	18.47 bc
2 tallos aéreos	20.71 a	20.02 a	21.65 a	20.42 a
4 tallos aéreos	20.58 a	19.98 a	20.83 b	20.02 a
4 tallos basales	18.60 b	19.45 ab	19.77 c	19.10 bc
DMSH	0.92	0.98	0.76	0.63
	DP5	DP6	DP7	DP8
Sin poda	18.27 d	17.52 b	17.68 bc	18.08 a
Sin poda 1.5	18.55 cd	17.64 b	17.49 c	18.24 a
2 tallos aéreos	20.70 a	19.39 a	19.32 a	18.40 a
4 tallos aéreos	19.88 b	19.22 a	19.01 a	18.17 a
4 tallos basales	19.12 c	18.26 b	18.56 ab	18.31 a
DMSH	0.69	0.74	0.89	0.83
	DE1	DE2	DE3	DE4
Sin poda	19.29 b	19.44 bc	19.16 d	18.04 b
Sin poda 1.5	19.34 b	18.99 c	19.50 d	18.09 b
2 tallos aéreos	20.77 a	20.52 a	22.47 a	19.87 a
4 tallos aéreos	20.49 a	19.98 ab	21.60 b	19.82 a
4 tallos basales	19.10 b	19.67 bc	20.76 c	19.22 a
DMSH	1.09	0.78	0.74	0.71
	DE5	DE6	DE7	DE8
Sin poda	18.18 d	17.58 c	17.82 cd	18.55 a
Sin poda 1.5	18.19 d	17.97 c	17.42 d	18.68 a
2 tallos aéreos	20.83 a	19.98 a	19.72 a	19.29 a
4 tallos aéreos	19.89 b	19.45 ab	19.12 ab	18.51 a
4 tallos basales	19.09 c	18.80 b	18.40 bc	18.54 a
DMSH	0.68	0.78	0.90	0.90

DMSH: diferencia mínima significativa honesta; DPi: diámetro polar del fruto(mm); DEi: diámetro ecuatorial del fruto (mm); i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8: mediciones del uno al ocho, cada nueve días.

^zMedias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, $P = 0.05$).

4.4 Conclusiones

Los tratamientos establecidos tuvieron efectos altamente significativos en las variables de crecimiento, rendimiento y tamaño de fruto.

El mayor diámetro de tallo y altura de planta se obtuvo con el tratamiento de Poda a cuatro tallos aéreos, mientras que, el mayor número de ramas y botones florales se obtuvieron con los tratamientos de Poda a cuatro tallos basales y Poda terminal a 1.5 m, respectivamente.

El mayor número de frutos (221.88) y rendimiento (15.2 t ha⁻¹) se obtuvo con el tratamiento Sin poda.

El tratamiento de Poda a dos tallos aéreos propició mayor tamaño de fruto, con valores de 18.40 a 21.65 mm para diámetro polar y de 19.29 a 22.47 mm para diámetro ecuatorial.

4.5 Literatura citada

- Álvarez-Herrera, J., Fischer, G., & Vélez, J. E. (2021). Análisis de la producción de uchuva (*Physalis peruviana* L.) durante el ciclo de cosechas en invernadero con diferentes láminas de riego. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 45(174), 109-121. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1239>
- Angulo, R. (2011). Uchuva *Physalis peruviana*. Bayer CropScience.
- Criollo, H., Lagos, T. C., Fischer, G., Mora, L., & Zamudio, L. (2014). Comportamiento de tres genotipos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo diferentes sistemas de poda. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 8(1), 34-43. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2014v8i1.2798>
- Espinoza-Rodríguez, M., Sandoval-Villa, M., García-Cruz, E., Antúnez-Ocampo, O., Pérez-Pacheco, R., & Sabino-López, J.E. (2021). El mercado de la uchuva en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8) 1789-1802. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2228>.
- Fischer, G. (2000). Crecimiento y desarrollo. In R. V. J. Flórez, Fischer, G., & Sora, R. A. D. (Eds), *Producción, postcosecha y exportación de la Uchuva* (*Physalis peruviana* L.) (pp. 9-26). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53455>
- Fischer, G., & Miranda, D. (2012). Uchuva (*Physalis peruviana* L.). In G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*, (pp. 851-873). Produmedios.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J., & Miranda, D. (2014). Importancia y cultivo de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(1), 1-15. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-441/13>.

- Fischer, G., Ebert, G., & Lüdders, Y.P. (2000). Provitamin A carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) ecotypes grown at two tropical altitudes. *Acta Horticulturae*, 531, 263-268. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.531.43>.
- Fischer, G., Ulrichs, C., & Ebert, G. (2015). Contents of non-structural carbohydrates in fruiting cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plant. *Agronomía Colombiana*, 33(2), 155-163. <http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n2.51546>.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen* Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251>.
- Kretzschmar, A. A., Muniz, J., Muniz, J. N., Pelizza, T. R., Marchi, T., & Rufato, L. (2014). The effects of harvest date, training system and spacing on physical and chemical characteristics of *Physalis* fruit. *Acta Horticulturae*, 1058, 165-173. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1058.18>.
- Lima, J. E., Cruz, M. do C. M., Alves, D de A., Santos, N. C., & Guimarães, A. G. (2021). Pruning, training system, and climate conditions for the perennial cultivation of physalis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 56, Article e01850. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921>.
- Mora-Aguilar, R., Peña-Lomelí, A., López-Gaytán, E., Ayala-Hernández, J. J., & Ponce-Aguirre, D. (2006). Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 12(1), 57-63.
- Moura, P. C. G., Pio, R., Bianchini, F. G., & Curi, P. N. (2016). Cobertura plástica, densidad de plantación y poda en la producción de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la región subtropical. *Revista Caatinga*, 29(2), 367-374. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n213rc>.
- Muniz, J., Kretzschmar, A. A., Rufato, L., Peliz-Za, T. R., Marchi, T., Eusébio, A. D., Fernandes, L. A. P., & Garanhani, F. (2011). Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no Planalto Catarinense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3), 830-838. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000083>
- Peña, R., Gelacio, M., & Guerrero, J. (2021). Producción, calidad y rentabilidad de tres ecotipos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Manglar*, 18(3), 231-238. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.030>.
- Quevedo, G. E., Sánchez, G. O., & Veloza, S. C. E. (2015). Efecto del tutorado y distancias de siembra sobre el rendimiento de *Physalis peruviana* L. *Revista U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), 91-99. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n1.2015.457>
- Torres, A. C., Cooman, A., & Fischer, G. (2004). Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta: I. Efecto de la variación en el balance hídrico. *Agronomía Colombiana*, 22(2), 140-146.