

Informe final de pasantía en proyecto de investigación

Yury Daniela Buitrago Pico

Asesor

Carlos Edwin Carranza Gutiérrez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Agronomía

Bogotá, Colombia

2024

Dedicatoria

A Dios primeramente por las bendiciones que me brinda cada día y ser el guía en mi camino, a mis padres por su amor y apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi proceso formativo, a mis hermanos por su cariño siendo pieza fundamental en mi vida para el logro de mis metas.

Agradecimientos

Primeramente, a Dios por ser el guía de mi vida, brindándome la oportunidad de adquirir nuevas experiencias y conocimientos; a mis padres y hermanos, por su amor y apoyo en cada uno de mis objetivos y metas; a mi pareja, quien me acompaña y apoya para lograr cumplir cada uno de mis proyectos.

Agradezco a mi asesor de pasantía Carlos Carranza quien me acompañó durante este proceso formativo y compartió conmigo sus conocimientos y experiencias en los proyectos de investigación.

Por último, quiero agradecer a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia por brindarme la formación académica para mi crecimiento profesional.

Resumen

La pasantía se llevó a cabo en un proyecto de investigación ejecutado por la universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en colaboración con la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), tiene como objetivo desarrollar e implementar prácticas agronómicas para el cultivo de gulupa y la granadilla bajo invernadero, con un enfoque especial en la nutrición del cultivo y en el manejo de plagas y enfermedades, además, diseñar un artículo de revisión con enfoque en la importancia de los micronutrientes en la mitigación del estrés. Durante la pasantía se abordan prácticas de manejo agronómico para los cultivos, en el cual se incluyeron la selección adecuada del sustrato, como bolsas de arena cuartica para un buen drenaje y retención de nutrientes, el uso de sistemas de riego por goteo para una distribución uniforme del agua, y la fertilización mediante fertirriego y aplicaciones foliares de bioestimulantes, podas para mejorar la ventilación y la exposición a la luz, y polinización para asegurar una producción efectiva de flores y frutos. Además, se implementan prácticas de manejo de plagas y enfermedades con control químico y monitoreo constante. Gracias a la aplicación del manejo agronómico con manejo de plagas y enfermedades se logran controlar y eliminar plagas y enfermedades en los cultivos bajo invernadero, reduciendo la dependencia de agroquímicos y promoviendo un enfoque más sostenible, con el sistema de riego y fertilización eficiente se redujo el desperdicio y los costos asociados al uso del agua y de fertilizantes, además, mantener el sustrato seco y aplicar nutrientes directamente en la zona radicular disminuyó la incidencia de enfermedades fúngicas y bacterianas. Por otra parte, al realizar un artículo de revisión mediante un análisis bibliométrico se identificaron las tendencias de investigación sobre el uso de micronutrientes para la mitigación del estrés en las plantas.

Palabras clave: Gulupa (*Passiflora edulis Sims. fo edulis*), Granadilla (*Passiflora ligularis*), Manejo agronómico, MIPE,

Abstract

The internship was carried out in a research project executed by the National Open and Distance University (UNAD) in collaboration with the National University of Colombia (UNAL), aims to develop and implement agronomic practices for the cultivation of gulupa and granadilla under greenhouse, with a special focus on crop nutrition and pest and disease management, in addition, to design a review article focusing on the importance of micronutrients in stress mitigation.

During the internship, agronomic management practices for crops are addressed, which included the proper selection of the substrate, such as sandbags for good drainage and nutrient retention, the use of drip irrigation systems for uniform water distribution, and fertilization through fertigation and foliar applications of biostimulants, pruning to improve ventilation and light exposure, and pollination to ensure effective flower and fruit production. In addition, pest and disease management practices are implemented with chemical control and constant monitoring.

Thanks to the application of agronomic management with pest and disease management, pests and diseases in greenhouse crops are controlled and eliminated, reducing the dependence on agrochemicals and promoting a more sustainable approach. With the efficient irrigation and fertilization system, waste and costs associated with the use of water and fertilizers were reduced. In addition, keeping the substrate dry and applying nutrients directly to the root zone decreased the incidence of fungal and bacterial diseases. On the other hand, by carrying out a review article through a bibliometric analysis, research trends on the use of micronutrients for mitigating stress in plants were identified.

Keywords: Gulupa *Passiflora edulis Sims.*, Granadilla *Passiflora ligularis*, Agronomic management, MIPE.

Contenido

Introducción	10
Justificación	13
Objetivos	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos	15
Información general del proyecto de investigación	16
Desarrollo de las actividades realizadas en la pasantía.....	18
Actividad 1. Desarrollo de prácticas de manejo agronómico para las plantas de gulupa y granadilla en condiciones de invernadero	18
Actividad 2. Monitoreo e implementación de estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades en gulupa y granadilla.....	22
Actividad 3. Desarrollo de planes de manejo del riego, fertilización y su aplicación en plantas de gulupa y granadilla.....	26
Actividad 4. Realizar búsqueda de artículos en bases de datos especializadas como Scopus y Web of Science.....	29
Actividad 5. Estructurar un artículo de revisión	30
Conclusiones	32
Recomendaciones	33
Referencias Bibliográficas	34

Lista de Tablas

Tabla 1. Plagas y enfermedades presentes en el proyecto de investigación.	22
---	----

Lista de Figuras

Figura 1. Siembra de gulupa	20
Figura 2. Polinización.....	21
Figura 3. Podas	21
Figura 4. Araña Roja.....	22
Figura 5. Tierrero o trozador	23
Figura 6. Mosca blanca	23
Figura 7. Marchitamiento vascular	23
Figura 8. Gotero unido a estacas.....	27
Figura 9. Sistema de riego.	28

Introducción

El cultivo de frutas tropicales es una de las principales actividades agrícolas en Colombia, y su exportación ha ganado importancia económica durante la última década (Conde-Martínez et al., 2013). Colombia es el país con mayor diversidad de Passifloraceae con 170 especies reportadas, tanto en formas silvestres como cultivadas (Ocampo, 2013) pertenecientes a tres géneros: Passiflora, Dilkea y Ancistrothyrsus. En donde el género pasiflora es el más representativo en Colombia, especies como la gulupa o maracuyá morado *Passiflora edulis* Sims fsp *edulis* y la granadilla *Pasiflora ligularis* Juss son representativas de este género. Las frutas tropicales pertenecientes al género *Passiflora* son especies ampliamente apreciadas por sus propiedades organolépticas, sus flores y sus frutos (Jimenez et al., 2011).

La gulupa, es una fruta tropical originaria de los Andes del sur, en Colombia, se cultiva principalmente en regiones con altitudes entre 1.600 y 2.600 m.s.n.m, donde las temperaturas medias oscilan entre 15 y 22°C (Jimenez et al., 2011), humedad relativa promedio de 80% y precipitación promedio anual bien distribuida de 900 a 1.200 mm (Muñoz-Ordoñez et al., 2023). La gulupa es una fruta con sabor dulce-ácido y aroma intenso. Los frutos son redondos, con un diámetro de 4 a 6 cm, y su cáscara cambia de verde a púrpura a medida que maduran. En su interior, contienen muchas semillas rodeadas de una pulpa amarilla gelatinosa (Ocampo & Morales, 2012). Colombia es uno de los principales productores de gulupa a nivel mundial, con mercados de exportación importantes a países bajos, Reino Unido, Bélgica, Inglaterra, España, Alemania, entre otros (ICA, 2023) y su producción se centra en los departamentos de Antioquia, Huila, Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Caldas, entre otros (Agronet, 2022); el cultivo de gulupa en Colombia no solo es una fuente importante de ingresos y empleo, sino que también promueve

la sostenibilidad y la diversificación agrícola, contribuyendo al bienestar económico y social del país.

La granadilla es una planta de hábito trepador y frutos exóticos, originaria de América del sur, específicamente de las estribaciones de la cordillera de los Andes desde el norte de Chile hasta Venezuela y su cultivo en Colombia es de gran importancia económica y ecológica (Gutiérrez-Chacón et al., 2018). En Colombia, la granadilla se cultiva principalmente en regiones con climas templados y altitudes que van desde los 1.800 hasta los 2.500 m.s.n.m. (Martínez-Lemus et al., 2023) con topografía ondulada a quebrada, niveles de precipitación anual entre 1.000 y 2.000 mm, y regímenes térmicos que oscilan entre 15°C y 24°C, condiciones características del bosque húmedo premontano, en Colombia se cultiva en aproximadamente 24 departamentos, principalmente en los departamentos del Huila, Nariño, Cundinamarca, Antioquia y Tolima, generando una gran cantidad de empleos rurales (Martínez-Lemus et al., 2020). La granadilla no solo es popular en el mercado local, sino que también tiene un gran potencial de exportación debido a su demanda en mercados internacionales como Países bajos, Emiratos Árabes Unidos, Rusia, España, Brasil, Bélgica, entre otros (Instituto Colombiano Agropecuario, 2023).

El manejo agronómico de estos cultivos es esencial para garantizar una producción sostenible y de alta calidad (Ocampo et al., 2012) incluye prácticas como la preparación adecuada de terrenos, la selección de suelos bien drenados, la implementación de sistemas de riego eficientes y la aplicación de fertilizantes adecuados para asegurar un crecimiento óptimo de las plantas (Ocampo et al., 2012). Además, es crucial realizar podas regulares para promover la ventilación y reducir la incidencia de enfermedades, es importante controlar las plagas y

enfermedades mediante el monitoreo, el uso de productos fitosanitarios específicos y prácticas culturales como la rotación de cultivos.

Justificación

Para el óptimo desarrollo de la gulupa y la granadilla se deben tener en cuenta las condiciones agroecológicas del lugar en donde se establecerá el cultivo, como la temperatura, las precipitaciones, la radiación solar, humedad relativa y el suelo, además, de la ecología del cultivo a establecer, variaciones en los requerimientos óptimos de estos cultivos pueden generar distintas problemáticas y desafíos en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Las variaciones extremas de temperaturas, falta de lluvias o exceso de humedad pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas, son algunos de dichos desafíos. En la gulupa, temperaturas menores a 15°C pueden reducir el crecimiento vegetativo y mayores a 30°C pueden disminuir la producción de flores; los cambios en la radiación solar influyen en la productividad, los días nublados reducen el crecimiento y el número de botones florales y apertura de las flores, mientras que el exceso de radiación solar causa daños en el fruto y afectan el desarrollo de la planta; por otro lado, alturas superior a los 2.200 msnm la producción es tardía y el tamaño de la fruta es menor (Jiménez et al., 2009). En la granadilla alturas menores de 1.500 msnm causan poca viabilidad del polen y menores a 1800 m.s.n.m es mayor la incidencia de los insectos plaga, y el tamaño de los frutos disminuye, una humedad relativa menor a 40% junto con vientos calurosos causa marchitez en las flores, desecación de los granos de polen, baja polinización, baja fecundación y deshidratación, mientras que superiores a 80% ocasionan mayor presencia de enfermedades (Miranda, 2009).

Las condiciones edafológicas, como la estructura y fertilidad del suelo, son cruciales para el desarrollo de estos cultivos, un suelo mal manejado puede tener problemas de compactación, drenaje deficiente y baja disponibilidad de nutrientes, lo que limita el desarrollo radicular y la absorción de agua y nutriente. Por otro lado, el riego inadecuado, ya sea por exceso o por déficit,

puede causar problemas significativos en los cultivos, el exceso de riego puede provocar encharcamiento y asfixia radicular, mientras que la falta de agua puede llevar a la deshidratación y estrés hídrico de las plantas. La falta de un manejo fitosanitario adecuado puede resultar en la proliferación de enfermedades y plagas, la alta humedad y las temperaturas constantes pueden crear un ambiente ideal para patógenos y plagas, lo que requiere un monitoreo constante y el uso de prácticas de manejo integrado de plagas (Jiménez et al., 2012; Miranda, 2009; Ocampo et al., 2012; Ocampo & Morales, 2012; Ocampo & Posada, 2012).

Para mitigar estos problemas, es esencial implementar un manejo agronómico adecuado que incluya el control de la temperatura y humedad, la mejora de la calidad del suelo, un riego adecuado y el control efectivo de plagas y enfermedades. La capacitación continua de los agricultores y el acceso a tecnologías y recursos adecuados son fundamentales para asegurar la salud y productividad de los cultivos de gulupa y granadilla.

El desarrollo de la pasantía como agrónoma dentro de los cultivos de gulupa y granadilla en el manejo agronómico permite al estudiante aplicar los conocimientos teóricos adquiridos durante el proceso de formación en un entorno real, contribuyendo a la mejora de las técnicas de manejo agronómico dentro de los cultivos; fortaleciendo las habilidades profesionales del estudiante agrónomo e impulsando la innovación y la sostenibilidad de las producciones agrícolas.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar e implementar prácticas agronómicas para el cultivo de gulupa *Passiflora edulis* Sims y la granadilla *Passiflora ligularis* Juss bajo invernadero, con un enfoque especial en la nutrición del cultivo y en el manejo de plagas y enfermedades.

Objetivos Específicos

Desarrollar un plan de fertilización específico para gulupa y granadilla en condiciones de invernadero que asegure la disponibilidad de macro y micronutrientes esenciales en cada etapa de crecimiento del cultivo.

Diseñar e instalar sistemas de riego que permitan un suministro adecuado y uniforme de agua, evitando el estrés hídrico y el encharcamiento, y promoviendo un crecimiento saludable de las plantas en condiciones de invernadero.

Desarrollar e implementar un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades que incluya prácticas culturales, biológicas y químicas para minimizar el impacto de patógenos y plagas en los cultivos de gulupa y granadilla bajo invernadero.

Desarrollar y estructurar un artículo de revisión sobre el efecto de los micronutrientes en respuesta al estrés en las plantas y realizar la publicación en una revista indexada.

Información general del proyecto de investigación

El desarrollo de la pasantía se desarrolló en el marco del proyecto BPIN: 202000010043 “Investigación de los compuestos volátiles orgánicos e inducidos para el manejo de moscas, plagas en gulupa y granadilla en el departamento de Cundinamarca” ejecutado por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), en alianza con la Universidad Nacional de Colombia (UNAL). Teniendo como lugar de investigación un invernadero situado en el campus de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, a una altura de 2.615 m.s.n.m, el invernadero cuenta con una estructura metálica revestido en el techo y contorno con plástico de polietileno, en los laterales está cubierto con malla antitrips.

El invernadero tiene un área aproximada de 2.500 m², dividido de la siguiente manera: un área destinada al cultivo de gulupa, un área destinada al cultivo de granadilla, un área de almacenamiento de productos y tanques de almacenamiento de agua. La gulupa tenía una edad aproximada de 1 año, en una densidad de siembra de 1,5 m entre plantas y 1,5 m entre surcos, teniendo 226 plantas en total. La granadilla por su parte tenía plántulas de distintas edades, siendo 1 año las mayores y 2 meses las menores, en una densidad de siembra de 1,5 m entre plantas y 2 m entre surcos, teniendo 156 plantas en total. Las plántulas estaban sembradas en bolsas de 30 L con sustrato de arena cuartica de dos calibres 1,5 y 3,0 mm, presentaban un tutorado de espaldera sencilla, debido a que este presenta ventajas como a la mayor penetración de luz, aireación y la felicidad de las labores de la poda (Ocampo et al., 2012).

El invernadero cuenta con riego por goteo, cada plántula tiene un gotero de 2 L por hora, en tres tiempos de 10 minutos durante el día, el primero a las 8 am, el segundo a las 12 pm y el tercero a las 4 pm, el agua para riego proviene de un reservorio de la Universidad posteriormente es almacenada en dos tanques de 1000 L y luego distribuida a las plántulas por medio del sistema

de riego. La fertilización se realiza de manera manual mediante fertirriego con elementos mayores y menores para su crecimiento y desarrollo óptimo, con una aplicación semanal de 150 mL de solución por planta.

El artículo de revisión se realizó mediante un análisis bibliométrico, en donde se escogieron como unidades de análisis los documentos científicos publicados en las bases de datos Web of Science y Scopus, entre el periodo del 01 de enero de 2010 al 31 de diciembre del 2024. Teniendo en cuenta las palabras claves y términos de búsqueda: fueron “micronutrient AND stress AND plant AND NOT human” vinculando el título, palabras clave, resumen y autor, posteriormente, fueron cargados en el software R, luego se realizó un análisis para la estructuración y su posterior publicación del artículo en una revista de indexada.

Desarrollo de las actividades realizadas en la pasantía.

Actividad 1. Desarrollo de prácticas de manejo agronómico para las plantas de gulupa y granadilla en condiciones de invernadero

Diagnostico

El desarrollo de prácticas de manejo agronómico para los cultivos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) y granadilla (*Passiflora ligularis* Juss) en condiciones de invernadero es esencial para optimizar la producción y garantizar la sostenibilidad de estos cultivos. Dentro de estas actividades podemos encontrar: la selección de sustrato, en el caso de estudio las plántulas están sembradas en bolsas de 30 L, llenas con 21 cm de arena cuartica de dos calibres 1,5 y 3,0 mm lo que permite un buen drenaje y retención de nutrientes. El invernadero está techado con plástico polietileno, en los laterales está cubierto con malla antitrips, lo que permite la aireación natural del invernadero, además, se cuenta con una estación meteorológica con la cual se pueden monitorear las condiciones ambientales del invernadero.

El riego eficiente, el invernadero cuenta con un sistema de riego por goteo, consta de dos tanques de capacidad de 1000 L, cabeza de riego, filtro y el sistema de red principal el cual consta de 1 tubo de pulgada y media, unidos a una manguera de 1 pulgada, a la cual estaban conectados los goteros de 2 L por hora, en tres frecuencias de riego de 10 minutos cada una; este sistema de riego es efectivo gracias a su uniformidad de distribución, evitando el encharcamiento y el estrés hídrico.

La fertilización se realiza mediante fertirriego de manera manual, teniendo en cuenta el uso de los nutrientes y micronutrientes necesarios para el desarrollo óptimo de la planta, además, se complementa la fertilización de manera foliar haciendo una aplicación de un bioestimulante mensualmente. Manejo de plagas y enfermedades, el invernadero tiene un manejo químico para

control de plagas y enfermedades y se realiza monitoreo constante y la identificación temprana de problemas, en el siguiente apartado se expande el manejo de plagas y enfermedades, riego y fertilización.

Por otro lado, las podas se realizan mensualmente con el fin de promover una buena ventilación y exposición a la luz, el invernadero cuenta con tutorado en espaldera sencilla, el cual ayuda a mantener una estructura adecuada y facilita las labores de manejo. La polinización se realiza de manera manual con el fin de asegurar una polinización efectiva y mejorar la producción de flores y frutos.

El invernadero a la fecha de ingreso hay 60 plantas grandes de gulupa faltan 166 plantas de gulupa, 51 plantas grandes de granadilla, 68 plantas medianas de granadillas y 4 plantas pequeñas de granadilla de 156 plantas de granadilla.

Propuesta de manejo

Para la siembra de las plantas faltantes de gulupa se utilizaron las bolsas con sustrato, se realizó un lavado antes de la siembra con agua, las raíces de las plántulas a sembrar se lavaron con un fungicida para evitar la aparición de *Fusarium*, posteriormente se realizó la siembra.

Para la polinización en condiciones de invernadero se realizó de manera manual utilizando un pincel suave para transferir el polen de las anteras a los estigmas de las flores. Se realizó un seguimiento regular de la polinización para asegurar de que todas las flores estén siendo polinizadas adecuadamente y ajustar las prácticas según sea necesario.

Las podas de formación se realizaron durante las primeras etapas de crecimiento para establecer una estructura fuerte y bien ventilada, se deben eliminar los brotes laterales y dejar solo los tallos principales. Las podas de mantenimiento se realizaron de manera mensual, con el fin de eliminar ramas muertas, enfermas o dañadas, y para mantener una buena circulación de

aire y exposición a la luz. Y, por último, la poda de fructificación se debe realizar después de cada cosecha para estimular el crecimiento de nuevos brotes y mejorar la producción de frutos en la siguiente temporada.

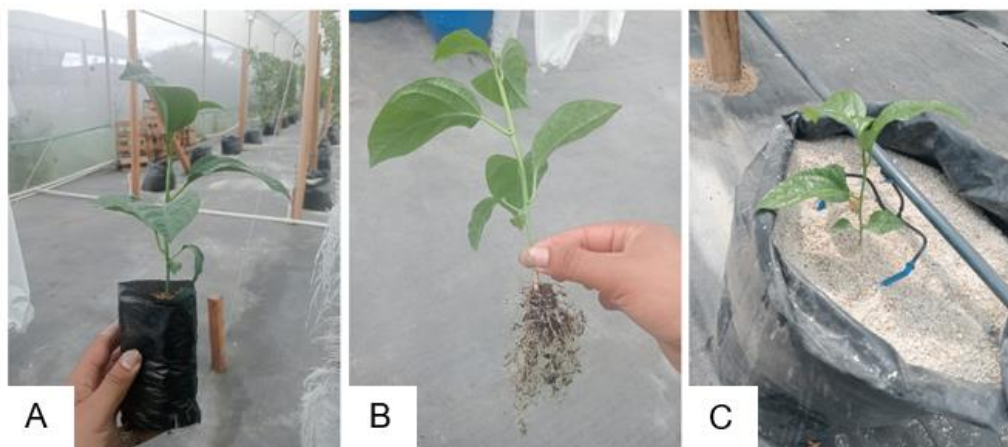
Seguimiento de la propuesta

Siembra de plantulas

Se realizó desinfección del sustrato y posteriormente se realizó la siembra de las plántulas de gulupa (Figura 1).

Figura 1.

Siembra de gulupa.



Nota: A. plántula de gulupa en sustrato de cascarilla de arroz. B. plántula de gulupa lista para desinfección de raíz con fungicida para su posterior siembra. C. planta de gulupa sembrada.

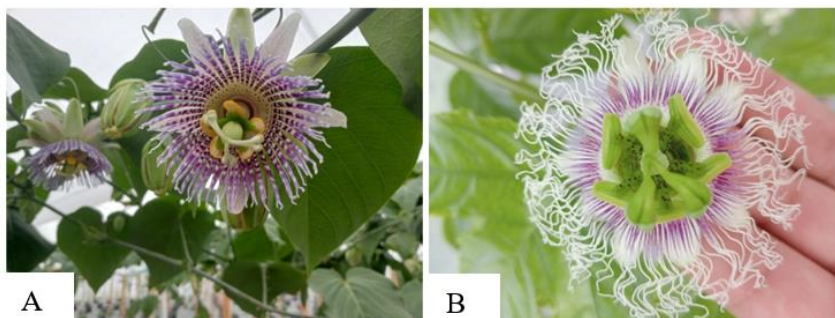
Fuente. propia.

Polinización

Se realizó la polinización manual en las flores de gulupa y granadilla (Figura 2).

Figura 2.

Polinización.



Nota: A. Flor de granadilla. B. Flor de gulupa. *Fuente.* Propia

Podas

Se realizó las podas tanto en gulupa como en granadilla (Figura 3).

Figura 3.

Podas.



Nota: A. Poda de fructificación en gulupa. B. Poda de Formación en granadilla. *Fuente.* propia.


Actividad 2. Monitoreo e implementación de estrategias de manejo integrado de plagas y enfermedades en gulupa y granadilla




Diagnostico

El manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) es esencial para mantener la sanidad y productividad de los cultivos de gulupa y granadilla, en el diagnóstico de las plagas se encontró en el invernadero mediante inspección visual: daños en hojas, deformaciones de frutos y presencia de insectos. En la gulupa y en la granadilla se encontró presencia de araña roja (*Tetranychus sp.*), tierreros o trozador (*Agrotis ípsilon*) y mosca blanca (*Bemisia tabaco*), con respecto a enfermedades encontramos marchitamiento vascular (*Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*) (Tabla 1) (Jiménez et al., 2009; Miranda, 2009; Ramírez et al., 2012).

Tabla 1.

Plagas y enfermedades presentes en el proyecto de investigación.

Plaga o enfermedad	Daño/ síntomas
<p>Araña roja (<i>Tetranychus sp.</i>)</p> <p>Figura 4.</p> <p><i>Araña Roja.</i></p>  <p><i>Fuente. Autoría propia</i></p>	<p>Se alimentan de la savia de las hojas, lo que provoca manchas amarillas que se vuelven marrones y secas, reducen la capacidad fotosintética de las plantas, afecta su crecimiento y desarrollo, y puede llevar a la caída prematura de los frutos.</p>
<p>Tierreros o trozador (<i>Agrotis ípsilon</i>).</p>	<p>Las larvas pueden roer el cuello de las plantas jóvenes, provocando su caída y muerte. En plantas adultas, atacan las partes verdes cercanas al suelo, lo que reduce la</p>

<p>Figura 5. <i>Tierreros o trozador.</i></p>  <p><i>Fuente.</i> Autoría propia</p>	<p>capacidad de la planta para absorber nutrientes y agua, afectando su crecimiento y desarrollo.</p>
<p>Mosca blanca (<i>Bemisia tabaco</i>)</p> <p>Figura 6. <i>Mosca blanca.</i></p>  <p><i>Fuente.</i> Autoría propia</p>	<p>Se alimenta de la savia de las plantas, lo que provoca debilitamiento general, amarillamiento y caída prematura de las hojas. La mosca blanca excreta una sustancia azucarada llamada melaza, que favorece el crecimiento de hongos de fumagina, afectando la fotosíntesis y la calidad de los frutos. Este insecto también es vector de varios virus fitopatógenos, lo que puede llevar a enfermedades graves y pérdidas significativas en la producción.</p>
<p>Marchitamiento vascular <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp</p> <p>Figura 7. <i>Marchitamiento vascular</i> en A. raíz y B. tallo de gulupa</p>  <p><i>Fuente.</i> Autoría propia</p>	<p>Este hongo invade el sistema vascular de las plantas, bloqueando el flujo de agua y nutrientes, lo que provoca síntomas como el amarillamiento y marchitamiento de las hojas, seguido de la muerte de la planta.</p>

Propuesta de manejo

Para las plagas se realizó el siguiente control:

Prácticas culturales: mantener una buena higiene del cultivo (eliminar restos de plantas y arvenses que pueden servir para el refugio la plaga), evitar el estrés hídrico y nutricional de las plantas, ya que las plantas debilitadas son más susceptibles a las infestaciones.

Control Biológico: aplicación de *Beauveria bassiana* y extracto de ajo-ají y aceite mineral.

Control químico: uso de acaricidas específicos, es importante, rotar los productos químicos para evitar la resistencia de la plaga.

Monitoreo: implementación de un programa de monitoreo regular para detectar la presencia de las plagas en etapas tempranas y aplicar las medidas de control de manera oportuna

Para las enfermedades se realizó el siguiente control:

Control biológico: utilización de antagonistas naturales como *Trichoderma* sp. y *Pseudomonas fluorescens*, que pueden inhibir el crecimiento del hongo patógeno.

Control cultural: utilizar sustratos limpios para reducir la presencia del hongo en el suelo, eliminar y destruir los residuos de cultivos infectados, realizar la desinfección de herramientas, máquinas y el agua de riego para prevenir la propagación del hongo, evitar que el sustrato presente niveles altos de magnesio y fósforo, y preferir la fertilización con nitrato en lugar de amoníaco para reducir la incidencia del hongo.

Seguimiento de la propuesta

Para el control de las plagas presentes en el cultivo se utilizó el siguiente manejo: se realizó la aplicación del insecticida Exalt 60 SC cuyo ingrediente activo es Jemvelva (Spinetoram), derivado de una fermentación bacteriana; Hostil 1,8 EC cuyo ingrediente activo es

Abamectina y Kun fu cuyo ingrediente activo es la molécula Bifentrina; las aplicaciones se realizaron cada 4 días durante 1 mes. Posteriormente, se inició la aplicación de antagonistas como *Beauveria bassiana* y extracto de ajo-ají junto con la aplicación de los insecticidas, cada 4 días en alternancia con los agroquímicos durante un mes más.

Para el control de la Marchitamiento vascular *Fusarium oxysporum f. sp. passiflorae* se realizó la aplicación del fungicida cuyo ingrediente activo es la Azoxistrobina y la Difenconazole en tres aplicaciones durante 1 mes, junto con la aplicación de antagonistas como *Trichoderma sp.*, *Pseudomonas fluorescens* y extracto de ajo ají en aplicaciones semanales durante un mes.

Logros obtenidos

Teniendo en cuenta las aplicaciones se logró controlar y eliminar el ataque de dichas plagas y enfermedades dentro de los cultivos en el invernadero, gracias a la implementación de prácticas culturales y biológicas que han reducido la dependencia de agroquímicos, promoviendo un enfoque más sostenible y amigable con el medio ambiente. Además, el uso de nuevos insecticidas y fungicidas más efectivos y específicos ha permitido un control más eficiente de las plagas como la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y enfermedades como el marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum f. sp. Passiflorae*. La rotación de los productos químicos y la implementación de programas de manejo integrado han reducido la resistencia de las plagas a los insecticidas y fungicidas, mejorando la sostenibilidad de las prácticas de manejo integrado.

Actividad 3. Desarrollo de planes de manejo del riego, fertilización y su aplicación en plantas de gulupa y granadilla

Diagnostico

Dadas las condiciones y necesidades de cada cultivo se identificó que los goteros presentaban distintas cantidades de riego, por lo cual no presentaba una distribución uniforme del agua y estaba generando exceso de humedad, también se encontró que la frecuencia de riego estaba un poco elevada dadas las condiciones climáticas que se estaban presentando en el momento, lo cual estaba generando estrés hídrico.

Con respecto a la fertilización se determinó que se debía replantear la dosis en cada planta, dadas las condiciones del riego, por lo cual la fertilización debe ajustarse según las necesidades específicas del cultivo en cada etapa fenológica. Teniendo en cuenta que se estaba presentando alteraciones en el riego la dosificación del fertirriego se vio afectada la dosificación en las plantas.

Propuesta de manejo

Se realiza un cambio de goteros tanto en granadilla como en la gulupa, se propuso dos goteros por cada planta de gulupa y granadilla brindando una mejor distribución del agua y evitando encharcamientos y estrés hídrico en las plantas. Los goteros son de 8 L por hora y están unidos a una manguera de 10 mm, la cual se une a una T y posteriormente a otra manguera del mismo tamaño, la cual finalmente está unida a una estaca en cada lado (Figura 8.). La frecuencia de riego se redujo a dos minutos en tres frecuencias de riego en gulupa y de 5 minutos en tres frecuencias de riego en granadilla, el riego se realiza a las 8 am, a las 12 pm y a las 4pm.

Figura 8.

Gotero unido a estacas.



Fuente. Autoría propia

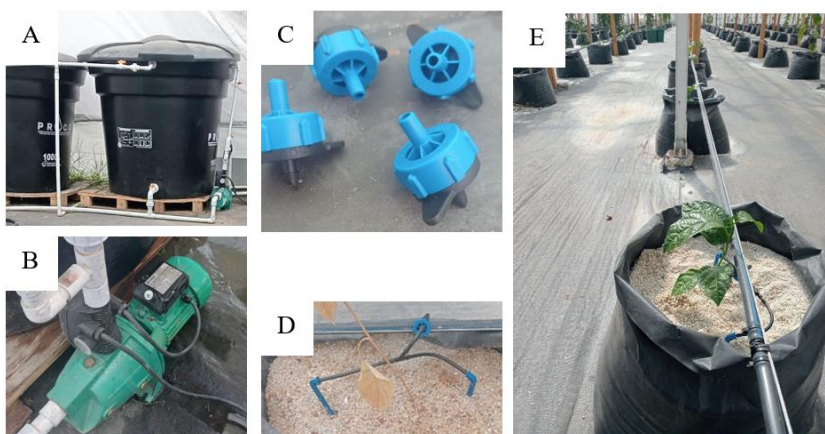
La fertilización se planteó mediante fertirriego, realizando una solución madre y aplicando manualmente 4 mm por cada litro de riego en cada planta, cubriendo las necesidades específicas de nutrientes en cada etapa de crecimiento del cultivo, asegurando la aplicación balanceada de macro y micronutrientes esenciales según las necesidades del cultivo.

Seguimiento de la propuesta

Se realizó el cambio de goteros permitiendo una aplicación precisa y controlada del agua directamente en la zona radicular de las plantas, reduciendo el desperdicio y el encharcamiento (Figura 9) lo que favorece el crecimiento radicular, además, se disminuye la incidencia de enfermedades fúngicas.

Figura 9.

Sistema de riego.



Nota: A. tanques de almacenamiento. B. Bomba de agua. C. gotero 8 L-hora. D. gotero con dos estacas por planta. E. mangueras de conducción. *Fuente.* Propia

Con la aplicación de la fertilización se permitió la dosificación exacta de fertilizantes junto con el agua de riego, se aplicaron los nutrientes de manera más eficiente, se reduce la cantidad de fertilizantes necesarios, la combinación de agua y nutrientes facilita una absorción más rápida y eficiente por parte de las plantas, promoviendo un crecimiento más vigoroso y una mayor producción de flores y frutos.

Logros obtenidos

Dada la aplicación precisa y controlada de agua y nutrientes ha resultado en un crecimiento más vigoroso de las plantas y una mayor producción de flores y frutos de calidad, mejora la eficiencia del uso del agua y los fertilizantes, reduciendo el desperdicio y los costos asociados, también, al mantener el sustrato seco, libre de encharcamientos y aplicar los nutrientes directamente en la zona radicular, se ha disminuido la incidencia de enfermedades fúngicas y bacterianas.

Actividad 4. Realizar búsqueda de artículos en bases de datos especializadas como Scopus y Web of Science

Para el desarrollo bibliométrico de la investigación se desarrollaron las siguientes fases: primero, un mapeo científico del área, el cual se lleva a cabo a través de un análisis bibliométrico de la producción científica registrada en Scopus y WoS, segundo, un análisis de red que permite identificar los documentos más relevantes sobre el uso de micronutrientes para la mitigación del estrés en plantas. Se realizó la búsqueda en las bases de datos utilizando los términos de “micronutrient AND stress AND plant AND NOT human” vinculando los tópicos de título, palabras clave, resumen; se realizó entre el periodo del 01 de enero de 2010 al 31 de diciembre del 2024. Con los criterios de búsqueda se obtuvieron 1410 registros en WoS y 1387 en Scopus, posteriormente se descargaron en archivo txt y bib para luego ser cargados en el Software Rstudio y posteriormente permitir el reconocimiento por parte del paquete Bibliometrix. Una vez se obtienen los resultados por parte de estos software se inicia la estructuración del artículo de revisión.

Logros obtenidos

Las bases de datos Web of Science (WoS) y Scopus son las principales fuentes de citas y gracias a la cobertura interdisciplinaria representan una fortaleza significativa para el estudio y la comparación de diferentes campos científicos (Mongeon & Paul-Hus, 2016). Estas plataformas proporcionan acceso a una amplia gama de literatura científica revisada por pares, lo que garantiza la calidad y relevancia de la información, permiten a los investigadores identificar tendencias y avances en sus campos de estudio, además, la visibilidad y el impacto de las publicaciones también se incrementan al estar indexadas en estas bases de datos, lo que facilita su difusión y citación por parte de la comunidad científica.

Actividad 5. Estructurar un artículo de revisión

Tenido en cuenta los términos de búsqueda se encontraron 2.266 documentos después de la eliminación de los datos duplicados, con el 98,59% de los documentos escritos en inglés y una mayor producción científica durante el año 2023 teniendo a China como el mayor productor científico por país y *Frontiers In Plant Science* la revista con mayor publicación en el periodo investigado. Una vez se obtuvieron los resultados del software R y de Bibliometix se identificó la necesidad nutricional de las plantas con respecto a los micronutrientes como el hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y molibdeno, se necesitan en cantidades menores, pero son vitales para las plantas; los micronutrientes desempeñan un papel crucial en la salud y productividad de las plantas, participando en procesos fisiológicos y bioquímicos, regulando la actividad enzimática y actuando como catalizadores.

El estrés en las plantas puede deberse a factores bióticos, como plagas y enfermedades, o abióticos, como condiciones ambientales desfavorables, durante este último, las plantas pueden producir especies reactivas de oxígeno (ROS) que pueden causar daños celulares, los micronutrientes juegan un papel clave en la mitigación del estrés al ayudar a las plantas a enfrentar condiciones adversas, como sequía, salinidad, temperaturas extremas y contaminación.

Durante el análisis bibliométrico se identificó la investigación sobre el uso de micronutrientes para mitigar el estrés en las plantas se ha centrado en áreas como la fisiología del estrés, la biofortificación, los mecanismos antioxidantes y el impacto en el rendimiento de las plantas, se han identificado tendencias en la aplicación de nutrientes y micronutrientes para mejorar la eficiencia en el uso del agua y el rendimiento de los cultivos.

Logros obtenidos

Dentro de la investigación se encuentra que el estrés oxidativo es el estrés más frecuente en las plantas, además, se ha establecido la esencialidad de micronutrientes como hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), boro (B), cloro (Cl) y níquel (Ni) para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se identificó como las plantas desarrollan diversos mecanismos moleculares, morfológicos y fisiológicos para responder a condiciones adversas del entorno, como la sequía, salinidad y temperaturas extremas.

Conclusiones

El manejo agronómico adecuado bajo invernadero permite optimizar el rendimiento de la gulupa y la granadilla al controlar las condiciones ambientales, como la temperatura, la humedad y la luz, lo que resulta en una producción más constante y de alta calidad, además, el ambiente controlado de un invernadero reduce la incidencia de plagas y enfermedades, permitiendo un manejo más efectivo y sostenible de los cultivos, también, facilita el uso eficiente de recursos como el agua y los nutrientes, mediante sistemas de riego y fertilización más precisos, lo que contribuye a la sostenibilidad del cultivo.

Un análisis bibliométrico permite identificar las tendencias de investigación, sobre un tema específico, esto ayuda a los investigadores a comprender las áreas de mayor interés, orientando futuras investigaciones, además, a través del número de citas y el índice h, un análisis bibliométrico puede evaluar el impacto científico de los trabajos publicados, también, el análisis bibliométrico facilita la visualización de redes de colaboración entre investigadores e instituciones.

La pasantía permite a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos durante su formación académica en un entorno práctico, además, permite fortalecer las habilidades profesionales de este, a través de la pasantía en investigación y manejo agronómico, se puede contribuir al desarrollo ecológico y sostenible de estrategias para el control de plagas y la mejora de la producción agrícola.

Recomendaciones

Mantener un control sobre las condiciones ambientales del invernadero, como la temperatura, la humedad y la ventilación, con el fin de asegurar un ambiente óptimo para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Implementar un programa de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) que combine tanto métodos biológicos, culturales como químicos, realizando monitoreo periódicamente para detectar y controlar plagas y enfermedades de manera temprana, minimizando el uso de agroquímicos y aplicar tratamientos químicos específicos solo cuando sea necesario.

Realizar un análisis del estado nutricional de las plantas para determinar las necesidades nutricionales específicas de estas y aplicar fertilizantes de manera balanceada, asegurando un suministro adecuado de macro y micronutrientes esenciales, además, utilizar sistemas de riego por goteo y realizar mantenimiento de los mismos para proporcionar agua de manera eficiente, evitando el exceso de riego y la lixiviación de nutrientes.

Referencias Bibliográficas

- Conde-Martínez, N., Jiménez, A., Steinhaus, M., Schieberle, P., Sinuco, D., & Osorio, C. (2013). Key aroma volatile compounds of gulupa (*Passiflora edulis* Sims fo *edulis*) fruit. *European Food Research and Technology*, 236(6), 1085–1091. <https://doi.org/10.1007/s00217-013-1979-9>
- Gutiérrez-Chacón, C., Fornoff, F., Ospina-Torres, R., & Klein, A.-M. (2018). Pollination of Granadilla (*Passiflora ligularis*) Benefits From Large Wild Insects. *Journal of Economic Entomology*, 111(4), 1526–1534. <https://doi.org/10.1093/jee/toy133>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2023). *Estadísticas*.
- Jimenez, M., Sierra, A., Rodriguez-Pulido, F., Gonzalez-Miret, L., Heredia, F., & Osorio, C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *FOOD RESEARCH INTERNATIONAL*, 44(7, SI), 1912–1918. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.007>
- Jiménez, Y., Carranza, C., & Rodríguez, M. (2009). Manejo integrado del cultivo de gulupa (*Passiflora edulis* Sims). In D. Miranda, G. Fischer, C. Carranza, Casierra; F, W. Piedrahíta, & L. Flórez (Eds.), *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, Gulupa y Curuba*. (pp. 159–189).
- Jiménez, Y., Carranza, C., & Rodríguez, M. (2012). Gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). In G. Fischer (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 579–599). Produmedios.
- Martínez-Lemus E, Clímaco J, Aguirre J, Vergara J, Luque E, Rojas E, & Cruz G. (2020). *Caracterización sanitaria de los cultivos de granadilla, gulupa y maracuyá en Colombia, con especial referencia a la secadera causada por Fusarium solani f. sp. passiflorae*.

Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA.

<http://hdl.handle.net/20.500.12324/35797>

- Martínez-Lemus, E. P., Osorio-Cardona, J. A., Hio, J. C., Cruz-Castiblanco, G. N., Aguirre-Rodríguez, J. E., Rojas-Zambrano, E. D., & Vergara-Avila, J. A. (2023). Artificial infection with *Fusarium solani* f.sp. *passiflorae* in plants of passion fruit under controlled conditions. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 40.
- Miranda, D. (2009). Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.). In D. Miranda, G. Fischer, C. Carranza, S. Magnitskiy, F. Casierra, W. Piedrahíta, & L. Flórez (Eds.), *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia :maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas - SCCH. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12824>
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106(1), 213 – 228. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1765-5>
- Muñoz-Ordoñez, F. J., Gutiérrez-Guzmán, N., Hernández-Gómez, M. S., & Fernández-Trujillo, J. P. (2023). The climactic conditions limit fruit production and quality in gulupa (*Passiflora edulis* Sims f. *edulis*) under integrated fertilization. *South African Journal of Botany*, 153, 147–156. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.11.043>
- Ocampo, J. (2013). Diversidad y distribución de las Passifloraceae en el departamento del Huila en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(3), 511–516.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2013000300010&lang=es

- Ocampo, J., Marín, C., López, C., & Casas, A. (2012). Manejo del cultivo de la Gulupa (*Passiflora edulis f. edulis Sims*). *Tecnología Para El Cultivo de La Gulupa En Colombi*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13557>
- Ocampo J, Marín C, Posada P, López N, & Solano R. (2012). Establecimiento y zonas productoras del cultivo de la Gulupa (*Passiflora edulis f. edulis Sims*). *Tecnología Para El Cultivo de La Gulupa En Colombia. :(Passiflora Edulis f. Edulis Sims)*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13557>
- Ocampo, J., & Morales, G. (2012). Aspectos generales de la Gulupa (*Passiflora edulis f. edulis Sims*). *Tecnología Para El Cultivo de La Gulupa En Colombia*, 7–12.
- Ocampo, J., & Posada, P. (2012). Ecología del cultivo de la Gulupa (*Passiflora edulis f. edulis Sims*). *Tecnología Para El Cultivo de La Gulupa En Colombia. :(Passiflora Edulis f. Edulis Sims)*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13557>
- Ramírez H, Bonilla O, Ocampo J, & Wyckhuys. (2012). Principales insectos plagas del cultivo de la Gulupa y su control (*Passiflora edulis f. edulis Sims*). *Tecnología Para El Cultivo de La Gulupa En Colombia. :(Passiflora Edulis f. Edulis Sims)*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13557>