

Reporte de Caso

Diseño y construcción de invernadero con sistema de compostaje y prevención de plagas para el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculetum Mill*)

Design and construction of greenhouse with composting system and pest prevention for tomato cultivation (*Lycopersicum esculetum Mill*)

Laura Ximena Salazar Ordoñez

<https://orcid.org/0000-0002-0175-2218>

Ingeniería agrícola, Universidad Surcolombiana,
Pitalito-Colombia

E-mail: u20161146872 @usco.edu.co

Jhoan Sebastian Joaqui Anacona

<https://orcid.org/0000-0002-5792-5122>

Ingeniería agrícola, Universidad Surcolombiana,
Pitalito-Colombia

E-mail: u20152141866@usco.edu.co

Aderson Yamid Rodríguez Catuche

<https://orcid.org/0000-0002-5744-963X>

Ingeniería agrícola, Universidad Surcolombiana,
Pitalito-Colombia

E-mail: u20152140358@usco.edu.co

Fecha de recepción: 23 de diciembre de 2021

Fecha de aprobación: 30 diciembre de 2022

DOI: 10.25054/22161325.3321

Resumen

En el presente documento se muestra el proceso de implementación de un invernadero como barrera física para las plagas, la preparación del sustrato, el establecimiento del cultivo, el plan de fertilización y la evaluación fitosanitaria del mismo, todos realizados durante el periodo de producción del cultivo de 3 meses en el municipio de Pitalito, Huila, corregimiento de Guacacallo, vereda Paraíso Acacos. Con la intención de aplicar estrategias para la conservación del suelo, se puso en práctica el aporte de materia orgánica procesada en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculetum Mill*) bajo una estructura de invernadero que permitió el control del grillo topo (*Gryllotalpa gryllotalpa*) y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), además, consiguiendo así la prevención de plagas sustanciales como; mosca blanca (*Bemisia tabaci-Trialeurodes vaporariorum*), Minador (*Liriomyza trifolli*) y Trips (*Frankliniella occidentalis*). La forma de construcción del invernadero y el reciclado de residuos mediante el compost, se implementan como estrategia para minimizar el impacto negativo de procesos tradicionales como el uso de agroquímicos y la fertilización de síntesis que causan daños a largo plazo en el suelo, reemplazándolo por control biológico de plagas comunes y manejo orgánico en el cultivo, con la utilización de materia compostada (*compost* y *vermicompost*) y *trichoderma*, como agentes potencializados de microorganismos benéficos, primando el estado fitosanitario de la planta y el cuidado del suelo.

Palabras clave: Control biológico; Vermicompost; *Trichoderma*; Fertilización orgánica; *Lycopersicum esculetum Mill*.

Laura Ximena Salazar Ordoñez, Jhoan Sebastian Joaqui Anacona, Aderson Yamid Rodríguez Catuche

Abstract

This document shows the implementation process of a greenhouse as a physical barrier for pests, the preparation of the substrate, the establishment of the crop, the fertilization plan and its phytosanitary evaluation, all carried out during the crop production period. 3 months old in the municipality of Pitalito, Huila, district of Guacacallo, village of Paraíso Acacos. With the intention of applying strategies for soil conservation, the contribution of processed organic matter in tomato cultivation (*Lycopersicon esculentum* Mill) was put into practice under a greenhouse structure that allowed the control of the mole cricket (*Gryllotalpa gryllotalpa*) and the late blight (*Phytophthora infestans*), in addition, thus achieving the prevention of substantial pests such as; whitefly (*Bemisia tabaci-Trialeurodes vaporariorum*), Minador (*Liriomyza trifolii*) and Thrips (*Frankliniella occidentalis*). The form of construction of the greenhouse and the recycling of waste through compost are implemented as a strategy to minimize the negative impact of traditional processes such as the use of agrochemicals and synthetic fertilization that cause long-term damage to the soil, replacing it with control biological control of common pests and organic management in the crop, with the use of composted matter (*compost and vermicompost*) and Trichoderma, as potentiated agents of beneficial microorganisms, prioritizing the phytosanitary status of the plant and soil care.

Keywords: Biological control; vermicompost, *Trichoderma*; Organic fertilization; *Lycopersicon esculentum* Mill.

1 Introducción

El aumento de la población mundial ha incrementado la presión sobre los ecosistemas y la demanda de sus servicios. Actualmente, aproximadamente el 30% de la superficie total mundial, se ha convertido en tierras de cultivo y pastos (Demattê *et al.*, 2020). La producción de alimentos se ha visto en constante crecimiento desde el año 2017 en Colombia, repercutiendo así en el uso principal de zonas rurales como nuevas fuentes de habitabilidad (FAO, 2017).

Considerando lo anterior, en una investigación realizada por Luque (2017), en la cual se determina que: “será necesario incrementar la producción de alimentos al menos en un 50% para el año 2050”. También señalando que el 25% de las tierras del mundo están degradadas, y que el agua es cada vez más escasa y contaminada, tanto la superficial como la subterránea. La FAO igualmente advirtió que a medida que el calentamiento global cambie los patrones climáticos, aumentará la competencia por el agua y la tierra, incluso en el sector agrícola, entre la ganadería, los cultivos alimentarios básicos y los cultivos no alimentarios y los biocombustibles. En este escenario, la producción ganadera a gran escala y el creciente consumo mundial de productos animales es más un problema que una solución (Macdonald, 2011).

En Colombia a pesar de que su mayor sector productivo es el agrícola y “cuenta con más de 26,5 millones de hectáreas que tienen vocación para ser cultivadas, es decir más de 23% del suelo nacional (114 millones de hectáreas tiene Colombia)” (Guzmán, 2016); la encuesta nacional agropecuaria realizada en el 2019 por el DANE (2020) afirma que: “el total de uso del suelo fue de 50.102.269 hectáreas, encontrando que, predomina el uso pecuario con 39.017.179 hectáreas y una participación del 77,9%, seguido de los bosques con 5.175.846 hectáreas (10,3%), el uso agrícola con 4.617.116 hectáreas (9,2%) y otros usos con 1.292.128 hectáreas (2,6%)”.

El Departamento del Huila basa principalmente su economía en la actividad agrícola, la cual ha contribuido a su crecimiento económico, con una participación para el año 2017 del 7,15% del cultivo de café y un 5,46% de otros cultivos, siendo este sector el responsable del 12,61% del PIB del Huila para ese año (Gómez & Andrade, 2020). Dado a que se produce gran variedad de cultivos que debido a su calidad y nivel de producción algunos logran ser representativos; es en este aspecto la productividad del tomate abarca unos 105.000 kilogramos por hectárea en el periodo de cultivo normal (FINAGRO, 2018).

El tomate en la zona centro-sur del departamento del Huila, es uno de los cultivos más comunes en estructuras bajo invernadero, esto con el fin de mejorar las condiciones del desarrollo del cultivo, al reducir el impacto de plagas

y condiciones agroclimáticas que generan enfermedades afectando su calidad. Además, es uno de los productos de la canasta familiar básica que presenta una alta demanda, dando como resultado una estabilidad económica para quien lo cultiva (CABASA, 2020).

La posibilidad de incrementar el área agrícola en Colombia es evidente, como bien lo afirma la ONU, (2020); el país está proyectado para ser despensa agrícola del mundo para el año 2030 (Europapress, 2018). Sin embargo, en la actualidad el desarrollo rural es insuficiente; al ser nuestras cadenas de producción limitadas, estas presentan una desventaja, la imposibilidad que ha generado la falta de inversión para la explotación del área agrícola, presenta una ventaja en la conservación de los recursos naturales (CONPES, 2020), dando la posibilidad a futuros planes de manejo y conservación de suelos destinados a las áreas que aún no han sido explotadas, teniendo como base la experiencia de países desarrollados con la implementación de nuevas tecnologías en la aplicación de abonos orgánicos y control biológico de plagas, generando nuevo conocimiento y creando una cultura de conservación en las nuevas generaciones. Por lo tanto, es necesario proponer métodos que generen una visión más clara de las estrategias que se pueden aplicar en los suelos para su buen aprovechamiento y garantizar la seguridad alimentaria en el mundo.

Algunas de las consecuencias de las malas prácticas agrícolas y el desconocimiento del manejo y conservación del suelo de los pequeños productores del sector agrícola en Colombia, (que representan el entre el 50% y el 68% de la producción agrícola nacional) (Galeón & Olaya, 2020), es el deterioro de los suelos, volviéndolos infértiles y difíciles de recuperar a largo plazo, causado por la sobre explotación debido a la poca disponibilidad del recurso tierra, la compactación y los diferentes tipos de erosión se han vuelto comunes, a pesar de contar con ocho clases de suelos para realizar tanto actividades productivas como de conservación ambiental, el uso inadecuado en el territorio nacional coge cada vez más fuerza (IGAC, 2022). Además, el control de plagas con insecticidas se ha realizado considerablemente mediante el uso de abejorros. Los productos utilizados deben ser de baja toxicidad y no afectar a estos polinizadores. Las plagas son principalmente la polilla del tomate y la mosca blanca de los invernaderos.

Entre las enfermedades más importantes del tomate se destacan la "podredumbre gris" y el "cancro bacteriano", que principalmente se cultiva bajo plástico. La "podredumbre negra" afecta al cultivo en general, pero es la enfermedad más relevante para tomates aéreos y la principal causa de rechazo de tomates por parte de la agroindustria. Otras enfermedades de menor incidencia, pero sin embargo importantes para el cultivo son la "mancha bacteriana" y el "marchitamiento ocasionado por *Fusarium*". En la aparición de la pudrición o podredumbre grises, es un hongo capaz de poder limitar el crecimiento de la planta en sí, afectando desde las hojas hasta los tallos. Por otra parte, el cancro bacteriano es la enfermedad de las plantas directamente asociada al quiebre del 100% de la producción donde se encuentre, esta afección se transmite mediante el agua y manos de los trabajadores.

El siguiente documento, tiene como objetivo diseñar y construir un sistema de invernadero como barrera física para mitigar la incidencia de plagas y enfermedades y mejorar las condiciones ambientales en el cultivo de tomate. Además, implementar en el proceso de aporte de nutrientes y cuidado del suelo, fertilizantes de origen sintético y orgánico.

2 Materiales y métodos

2.1. Localización

El proyecto se realizó en la finca Biocampo agroecología y café a 15 minutos del municipio de Pitalito, Huila; en la vereda Paraíso Acacos, corregimiento de Regueros, coordenadas N 1° 55' 19.38" y E 76° 02' 13.80" en sistema MAGNA-SIRGAS / Colombia West zone (Figura 1), obtenidas con GPS map 62sc de marca GARMIN, a una altura de 1440 m.s.n.m. y se registró temperaturas entre 14°C - 31°C.



Figura 1. Localización geográfica de la finca “Biocampo” agroecología y café.

2.2. Invernadero a escala como barrera física para plagas

El invernadero quedó situado en la finca agroecológica Biocampo; en donde se destinó un área de alrededor de 55m² para la construcción de la estructura; la orientación del invernadero estuvo sujeta a la dirección del viento y al recorrido del sol, con sus paredes laterales en orientación norte – sur, Figura 2.



Figura 2. Localización finca Biocampo agroecología y café.

Diseño: las dimensiones del invernadero en un área de 50 metros cuadrados, se determinaron en base a guías y manuales técnicos donde influyen diferentes aspectos como; la ubicación geográfica, tipo de cultivo y las condiciones climáticas, entre otros. Además, durante el proceso de diseño se realizaron visitas técnicas a estructuras de invernadero donde se recopilaban datos sobre las medidas implementadas en cada una, según la ubicación y sus características agroclimáticas, específicamente la temperatura, siendo este uno de los parámetros determinantes para la altura de las estructuras y establecer las dimensiones que se adecuen mejor a la zona en la que se realiza el proyecto. Por lo cual, se determinaron las siguientes dimensiones; un ancho de 5 metros, largo de 10 metros, altura en solera

de 2.6 metros y altura en los costados de 2.50 metros de los cuales se utilizaron 0.4 metros como base para la zapata dentro de un área dispuesta en la finca Biocampo de 55m², como se muestra en la Figura 3.

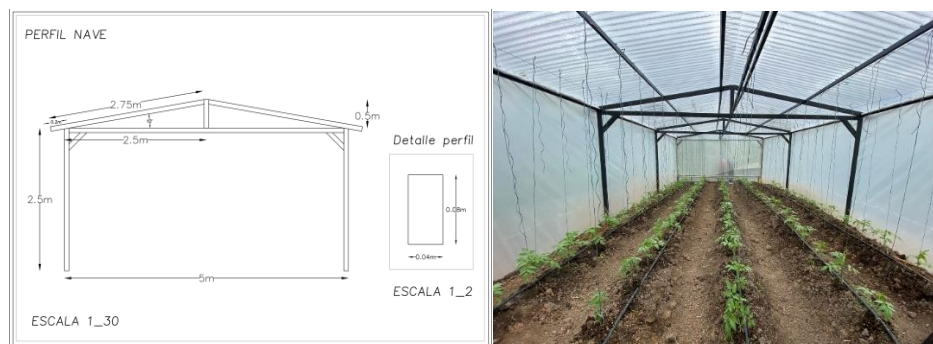


Figura 3. Esquema dimensiones vista frontal y vista interior del invernadero.

Construcción: el material utilizado para la parte estructural fue perfil metálico de 4x8cm calibre 19, en 4 pórticos y para las correas en la cubierta, conectados mediante perfiles metálicos de calibre 19 de 2x4cm, utilizando como método de sujeción soldadura de electrodos; en la cubierta se implementó teja de policarbonato de uso civil, en sus laterales plástico de invernadero con malla antitrips en la cara frontal y trasera del invernadero, de igual manera se modificó en la parte estructural de la cubierta, aumentando 30cm el espacio entre la cubierta inferior y la cubierta superior, para incrementar el flujo de aire, disminuir la temperatura y conservar el calor en horas de la noche para impedir el daño en el cultivo por heladas. También se construyó una cabina de desinfección en la entrada del invernadero (Figura 4).



Figura 4. Invernadero construido.

2.3. Preparación del sustrato

Para la adecuación del suelo, se realizó en primer lugar el despeje de la zona, quitando arvenses y eliminando cualquier artefacto que pudiera dificultar el trabajo posterior; luego se hizo un descapote para eliminar zonas del suelo superficial indeseables en la implementación del cultivo, haciendo en ese mismo proceso la nivelación del terreno. En el proceso de labranza se tuvieron en cuenta los conceptos de labranza profunda y labranza superficial, iniciando con un movimiento de terreno que oscilo entre 15-20 cm de profundidad, que permitiera desagregar el suelo aumentando así su capacidad de drenaje y aireación, posteriormente se realizó la labranza superficial para disponer finalmente el suelo para implementación del cultivo en forma de 5 surcos altos o caballones de 40cm de ancho y 10 metros de largo.

Se realizó enmiendas biológicas para recolonizar las poblaciones de microorganismos benéficos del suelo como método de biorremediación, se hicieron controles de temperatura y humedad que garantizara las fases necesarias como lo son la mesófila I, termófila, mesófila II y maduración, lo que favorece las poblaciones microbiológicas benéficas (Delgado *et al.*, 2019). Se aplicó 4 litros de compost, en unidades de volumen por el origen de los materiales que lo componen ya que es difícil e impreciso hacer una medición del aporte total que puede realizar el compost al suelo y su aporte nutricional en forma mineral, el propósito es aumentar la movilización de nutrientes y dejarlos disponibles para las plantas. Asimismo, se aplicó vermicompost en una dosis de 400gr por sitio teniendo en cuenta que, a diferencia del compost, éste si proporciona un aporte de material mineral necesario para la nutrición de las plantas (Domínguez *et al.*, 2010).

2.4. Establecimiento del cultivo

Material vegetal: las plántulas de tomate chonto se germinaron en el vivero “El Edén” ubicado a 7 km de Pitalito vía a Guacacallo, las cuales fueron llevadas al invernadero transcurridos 15 días de germinación en bandeja de 55cm de largo y 30cm de ancho con 128 cavidades.

Siembra: a partir de la germinación en vivero, se trasplantó las plántulas al invernadero, ubicándolas a una distancia de siembra de 30cm entre planta y 40cm entre surco, antes de cada trasplante se agregaron 40gr de micorriza al suelo para promover la adquisición y absorción de agua, fósforo y nitrógeno (Garzón, 2015).

Tutorado: pasados 15 días de siembra, se pudo observar que el proceso de crecimiento de la planta requería un sistema de tutorado, el cual se realizó con hilo de piola, teniendo como soporte la parte estructural del invernadero, luego de pasar 1 semana, se observó que, en el proceso de amarre, 4 plantas tuvieron problema de estrangulamiento al estar muy ajustados los nudos de tutorado; para darle solución a este problema se implementó un sistema de argollas que permitían el crecimiento de la planta de manera adecuada como se ilustra en la Figura 5.



Figura 5. Tutorado cultivo de tomate donde el cultivo tiene 19 días de trasplante.

2.5. Plan de fertilización

Se realizó un análisis de suelo para conocer el aporte nutricional a la planta y con esto hacer el plan de fertirriego con dosis mínimas de nutrientes que supliera las necesidades del cultivo en cada etapa del desarrollo fenológico de la planta (Gaspar, 2009).

Estimando una producción de 7 kg por planta y por absorción total, reponiendo la parte vegetativa y productiva de la planta por los riesgos fitosanitarios del cultivo, basados en el informe del IPNI por Ciampitti & García (2008) “Requerimientos Nutricionales Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes secundarios” y junto con recomendaciones proporcionadas por el magister en agroecología Yony Chávez¹ apoyados en su experiencia en la producción de tomate en la escuela Politécnica Superior de Orihuela, se realizó la construcción propia del plan de fertilización para el tomate.

Para la fertilización, se realizó un proceso de fertirrigación con bajas dosis de minerales de origen sintético con alta solubilidad para evitar la saturación del suelo y de los cálculos realizados resultó el cronograma que se muestra en la Tabla 2 y 3.

Tabla 1. Plan de fertilización del tomate.

Fertilizante	DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE (g por planta)																				
	3	7	10	14	17	21	24	28	31	35	38	42	45	49	52	56	60	63	67	70	74
UREA						90		90		90		90		90		90		75		75	
Fosfato Monoamónico MAP	50	50	50	75	75		125		125		125		125		125		125		100		100
Nitrato de potasio			75		75		75		75		75		75		75		100		125		125
Cloruro de potasio								75		75		75		100		100		100		100	
Nitrato de Calcio	50		50		50		75		75		75		75		75		100		100		100
Sulfato de magnesio		25		25		25		50		50		50		75		75		75		75	
Sulfato de Zinc				5		5		5		5		10		10		10		10		10	
Ácido bórico				5		5		5		5		10		10		10		10		10	
Días Calendario	20	24	27	31	3	7	10	14	17	21	24	28	1	5	8	12	16	19	23	26	30
	Agosto				Septiembre								Octubre								

Tabla 3. Continuidad plan de fertilización del tomate.

Fertilizante	DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE (g por planta)																TOTAL (g)
	77	81	84	88	91	95	98	102	105	109	112	116	119	123	126	130	
UREA	75		75		75		75		75		75		75		75		1290
Fosfato Monoamónico MAP		75		75		75		75		75		50		50		50	1775
Nitrato de potasio		125		125		125		125		125		125		125		125	1875
Cloruro de potasio	100		15		15		15		15		15		15		15		830
Nitrato de Calcio		100		100		100		100		100		100		100		100	1625
Sulfato de magnesio	75		75		75		75		75		75		75		75		1125
Sulfato de Zinc	10		10		10		10		10		10						120
Ácido bórico	10		10		10		10		10		10						120
Días Calendario	2	6	9	13	16	20	23	27	30	4	7	11	14	18	21	25	
	Noviembre									Diciembre							

2.6. Método y evaluación fitosanitaria del cultivo

Este proceso se realizó basados en la importancia del invernadero para la prevención de plagas y la información obtenida de la “Guía para la identificación de las enfermedades de tomate en invernadero” (Obregón, 2018). Con la

¹Yony Arley Chávez Parra; Tecnólogo Agropecuario, Agrónomo, Magister en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo, de la Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante España. Instructor del Área Agrícola del SENA desde el año 2012, Docente Catedrático de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Surcolombiana desde el 2013 y Director Técnico de BIOCAMPO Agroecología y café.

metodología para el Manejo Integrado de Enfermedades (MIE), teniendo dos enfoques principales como lo son el monitoreo y el uso racional de fungicidas, realizado mediante observaciones diarias de la evolución del cultivo y la manifestación visible de síntomas (manchas en hojas) o signos (mohos, cenizas) de enfermedades. Para llevar el control de las condiciones del cultivo diariamente se utilizó el siguiente formato (Tabla 4).

Tabla 4. Formato de monitoreo diario del cultivo del tomate bajo invernadero.

MONITOREO CULTIVO DE TOMATE BAJO INVERNADERO				
Fecha	Días después de trasplante	Plantas sanas	Plantas afectadas	Observaciones

De acuerdo a los registros obtenidos en la tabla 4, permiten detectar el promedio de plantas afectadas. Para este estudio se fijaron 3 grados de infestación que se determinan mediante el porcentaje de infestación definido por el número de plantas infestadas, este se trabaja con las 120 plantas del cultivo que equivalen a 100% del mismo, posteriormente el grado de infestación está determinado por 3 grados de severidad como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Grado y porcentaje de infestación del cultivo según el número de plantas infestadas.

GRADO DE INFESTACIÓN AL CULTIVO		
Número de plantas infestadas	Porcentaje de infestación	Grado de infestación
0-24	0-20%	BAJO
25-48	21-40%	MEDIO
49-120	41-100%	ALTO

3 Resultados y discusión

Las visitas técnicas realizadas a centros de investigación y cultivos bajo invernaderos en la zona centro sur del departamento del Huila, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 2. Resumen de visitas técnicas.

VISITAS TÉCNICAS			
Ubicación	Altura sobre el nivel del mar	Temperatura promedio (°C)	Dimensiones de la estructura ancho, largo, altura solera
Zona rural del municipio de Garzón, Huila	1409m	25	20m x 72m x 4m
USCO sede Garzón, Huila	862m	28	5m x 10m x 3.5m
Zona rural de Gigante, Huila	930m	28	56m x 80m x 4.5m
Tibaitatá, Cundinamarca	2546m	13	4m x 30m x 7.5m

Según Sánchez & Acosta, (2015), una región de clima templado seco la temperatura oscila entre los 14°C y 33°C a una altura sobre el nivel del mar de 1400 metros. Características propias del municipio de Pitalito- Huila. Las condiciones climáticas que mejor se asimilan al lugar del proyecto, son las encontradas en zona rural de Garzón. Sin embargo, es importante señalar que las dimensiones del invernadero estuvieron sujetas a la disponibilidad de presupuesto para los materiales a utilizar y la altura de la cubierta es menor a la utilizada en invernaderos tradicionales

ya que este va a contar con sistemas de monitoreo y control automatizados para la regulación de temperatura y humedad.

Con la construcción del invernadero, se logró mitigar en gran medida la acción externa de diferentes factores que afectan el cultivo, obteniendo un ambiente cerrado con poca incidencia de las plagas y enfermedades que a la vez conllevan a disminuir la utilización de productos químicos para el control de estas, mientras que en los sistemas exteriores el control se limita al tener grandes cantidades de ocupación de tierra, volviendo limitado el control y prevención de plagas. También, la poca extensión del cultivo hace que sea más sencillo el análisis de cada una de las plantas, sin necesidad de hacer procesos estadísticos, como lo sería la toma de muestra aleatorias (FAO, 2013).

En cuanto a plagas, al tercer día de trasplante hubo una afectación en 4 plantas, las cuales habían sido atacadas en la parte del tallo, determinado como un grado de infestación bajo. Las condiciones agroclimáticas de la zona y la etapa temprana de las plántulas debido al tamaño y grosor del tallo, las hace susceptible a ataques de insectos como el grillo topo (*Gryllotalpa gryllotalpa*) (Palma, 2012), característico del Huila como zona tropical (Figura 6).

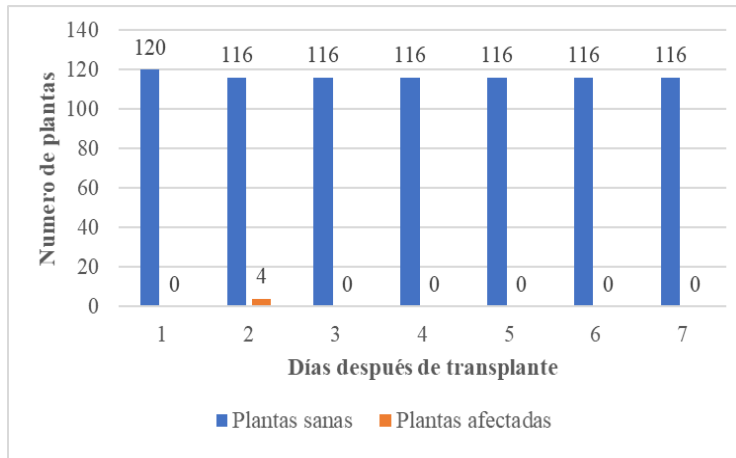


Figura 6. Afectación por plagas al cultivo.

Según el grado de afectación bajo y el tipo de ataque se definió un umbral de acción 1 para evitar que se repitiera el ataque, donde se instalaron baberos alrededor de toda la estructura y cortinas entre la cámara de desinfección y la entrada al invernadero como barrera física en el instante en el cual la puerta principal se abre, evitando que en este lapso ingresen algún tipo de insecto. De acuerdo con la figura 6 la incidencia de ataques por plagas disminuyó en un 100% demostrando la eficacia de la barrera física.

Una problemática presentada dentro del invernadero y por la cual se debieron hacer modificaciones en material de la cubierta en los laterales, fue el aumento excesivo de la temperatura y cambios abruptos en la humedad relativa, lo que puede generar la aparición de enfermedades en las plantas u hongos; en la tercera semana de trasplante apareció (*Phytophthora infestans*), una de las enfermedades más comunes del cultivo de tomate bajo invernadero en 104 de las 120 plantas trasplantadas, lo que representa el 87% del cultivo, determinado como un grado de infestación alto y según el ataque presentado, se definió un umbral de acción 3; donde como medida de fitorremediación se implementó un proceso de poda en las hojas que presentaron indicios de infección, además se aplicó *Trichoderma viride* como agente biológico para el control de plagas y enfermedades, donde gracias al umbral de acción 3, se logró exterminar esta enfermedad, ya que en el día 8 posterior de la acción, se observó que la totalidad de las plantas estaban sin rastro de esta enfermedad; las especies de *Trichoderma viride* se encuentran presentes en todas las latitudes, desde las zonas polares hasta la ecuatorial (Álvarez, 2020). Su amplia distribución y plasticidad ecológica están estrechamente relacionadas con la alta degradabilidad del sustrato enzimático, el metabolismo completo y la resistencia a los inhibidores microbianos (Infante *et al.*, 2009), compitiendo por el espacio de crecimiento de otras especies dañinas para la planta gracias a su capacidad reproductiva.

Durante el periodo de desarrollo del cultivo se obtuvieron buenas características fisiológicas observables: flores bien formadas con una buena estructura, generando frutos sanos y sin ninguna infección. Con esto, aplicando los

conceptos tratados en la teoría de la trofobiosis en donde se resalta que, si una planta cuenta con alimento adecuado y disponible, será menos susceptible al ataque de insectos, plagas y/o enfermedades (Chaboussou, 1994).

Con la primera cosecha y las acciones planteadas anteriormente, se pudo determinar que es totalmente viable para el productor, la utilización de materia orgánica en forma de compost y vermicompost como estrategias de enmiendas para el suelo y fuente de nutrientes para el cultivo en conjunto con la aplicación de fertilizantes sintéticos. Es de aclarar que el compost utilizado no estuvo sujeto a conteo o aislamiento de microorganismos.

Se espera que, con la implementación de productos y estrategias de origen biológico como también el uso del invernadero, se llegue a estabilizar de manera periódica el comportamiento del suelo, reduciendo de manera significativa la aplicación de fertilizantes de síntesis y la aplicación de productos químicos para la prevención y control de plagas y enfermedades. Teniendo como principales objetivos minimizar daños en el suelo, ofrecer productos nutritivos y seguir siendo rentables para el productor.

4. Conclusiones

La baja aparición de plagas en el cultivo de tomate dentro del invernadero mostró que el diseño como barrera física cumplió de una manera eficiente su propósito, logrando sólo un 3% de contaminación por plagas. Además, el uso de *Trichoderma viride* como agente de control biológico sumado a la poda de las plantas afectadas fueron suficientes para el control de la *Phytophthora infestans* en un grado de infestación alta, igualmente, durante el periodo del cultivo del tomate no se identificaron deficiencias nutricionales evidentes en las plantas, gracias a la aplicación en conjunto entre el compost, vermicompost y la fertilización sintética de forma racional.

Demostrando en toda instancia la importancia de los invernaderos para el control y prevención de las plagas, problemas de cultivo y enfermedades, siendo de esta forma, un periodo altamente productivo y beneficioso para la gestión del sistema de cultivo. Finalmente, realizar el control de un entorno cerrado representó un reto para el proyecto por el costo elevado de los materiales, generando limitantes en el desarrollo de la investigación.

5. Referencias Bibliográficas

- Álvarez, V. (2020). Capacitación a productores sobre el hongo *Fusarium oxysporum* y su respectivo biocontrolador, *Trichoderma* spp., en los cultivos de musáceas del municipio de Andes- Antioquia, Colombia. Universidad de Antioquia, Facultad de ciencias exactas y naturales. Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18360/1/%C3%81lvarezValentina_2020_Capacitaci%C3%B3nFusarium%20oxysporumyTrichoderma.pdf
- CABASA. (2020). Canasta básica de salud alimentaria familiar para la región colombiana. Bogotá: GHAI. Obtenido de <https://educarconsumidores.org/wp-content/uploads/2020/07/CABASA.pdf>
- Chaboussou, F. (1994). La teoría de la trofobiosis. *Soil Use and Management*, 18(2), 94–100.
- Ciampitti I. A. & García F. O. (28 de febrero de 2008). Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II. Hortalizas, frutales y forrajeras. IPNI Cono Sur. Av Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Obtenido de <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083>
- CONPES. (2020). PROGRAMA DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES. Bogotá: GOV CO. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005179/INFORMEPMRN.pdf>
- DANE. (29 de septiembre de 2020). Encuesta nacional agropecuaria (ENA). Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>
- Delgado, M., Mendoza, K., González, M., Tadeo, J., & Martín, J. (2019). EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS AVÍCOLAS EMPLEANDO DIFERENTES MEZCLAS DE SUSTRATOS. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4), 965-977. Epub 22 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- Demattê, JAM, Safanelli, JL, Poppiel, RR et al. Los espectros de la superficie de la tierra desnuda como proxy para el monitoreo de recursos del suelo. *Informe científico* 10, 4461 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61408-1>
- Domínguez, Jorge, LAZCANO, Cristina, & Gómez-BRANDÓN, María. (2010). Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas: Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. *Acta zoológica mexicana*, 26(spe2), 359-371. Recuperado en 25 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500027&lng=es&tlng=es.
- Europapress. (19 de 10 de 2018). Colombia, la despensa de alimentos del mundo para 2030. Europapress, pág. 1. Obtenido de <https://www.europapress.es/comunicados/internacional-00907/noticia-comunicado-colombia-despensa-alimentos-mundo-2030-20181019080139.html>
- FAO. (2013). El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Obtenido de https://www.academia.edu/29136056/EL_CULTIVO_DE_TOMATE_CON_BUENAS_PR%C3%81CTICAS_AGR%C3%8DCOLAS_EN_LA_AGRICULTURA_URBANA_Y_PERIURBANA
- FAO. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Digital: FAO. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i6881s/i6881s.pdf>
- FINAGRO. (2018). Marco referencial agroeconomico . Huila: Finagro. Obtenido de https://www.finagro.com.co/sites/default/files/tomate_chonto_huila.pdf
- Galeón Cortes, E. J., & Olaya Olaya, S. K. (2020). Formulación de una estrategia de asociatividad y sistema colaborativo Food Hub en el sector agrícola del municipio de Sesquilé. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_industrial/142
- Garzón, L. P. (2015). Importancia de las micorrizas arbusculares (MA) para un uso sostenible del suelo en la amazonia colombiana. *Luna Azul*, 42, 217–234. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.14>
- Gaspar, L. (2009). Aplicación de sulsimag® y ácido húmico en suelos con problemas de salinidad y su respuesta en la productividad de arveja verde (*pisum sativum* l.) variedad rondo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6505>
- Gomez, D., & Andrade Gómez, M. V. (2020). Los cultivos agrícolas en el Huila: Análisis de cambios y tendencias. *Erasmus Semilleros De Investigación*, 5(1). Recuperado a partir de <https://journalusco.edu.co/index.php/erasmus/article/view/2489>

- Guzmán Pinilla, J. (19 de julio de 2016). La República. “El país tiene 26,5 millones de hectáreas con vocación agro”. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/el-pais-tiene-265-millones-de-hectareas-con-vocacion-agro-2401746>
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2022)., “Colombia, un país con una diversidad de suelos ignorada y desperdiciada”. Recuperado el 29 de abril de 2022, de <https://igac.gov.co/es/noticias/colombia-un-pais-con-una-diversidad-de-suelos-ignorada-y-desperdiciada>
- Infante, Danay, Martínez, B, González, Noyma, & Reyes, Yusimy. (2009). MECANISMOS DE ACCIÓN DE Trichoderma FRENTE A HONGOS FITOPATÓGENOS. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 14-21. Recuperado en 30 de marzo de 2022, de <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n1/rpv02109.pdf>
- Luque Polo, K. (2017). Seguridad alimentaria y alimentos transgénicos. *Observatorio Medioambiental*, 20, 59-75. Obtenido de <https://doi.org/10.5209/OBMD.57946>
- Macdonald, M. (2011). Equidad y seguridad alimentaria en un mundo condicionado por el clima. Obtenido de https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Situaci%C3%B3n%20del%20Mundo/2012/equidad_seguridad_alimentaria_M._McDonald.pdf Consultado el 18 de octubre de 2021
- Obregón V. G. (2018). Guía para la identificación de las enfermedades de tomate en invernadero/ Verónica Obregón; editado por Magalí Ibáñez; Tatiana Lattar. – 2ª ed. – Bella Vista, Corrientes: Ediciones INTA, 2018. Obtenido de <https://inta.gob.ar/documentos/guia-para-la-identificacion-de-enfermedades-de-tomate-en-invernadero>
- Palma, J. (noviembre de 2012). Control del grillo topo *Scapteriscus abbreviatus* (Orthoptera: Gryllotalpidae) en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*), en la comunidad de Mascarilla, cantón Mira, provincia del Carchi, Ecuador. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1041/1/T3267.pdf>
- Sánchez, J., & Acosta, G. (2015). Pitalito Atlas ambiental y de la biodiversidad, Alcaldía municipal de Pitalito, Colombia. Pitalito.
- Varón Devia, E. H. (2016). Manejo de mosca blanca (*Paraleyrodes* sp.) en aguacate (*Persea americana* Mill.). Editorial AGROSAVIA. Obtenido de Arciniegas, A. C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM₁₀. *Luna Azul* (34), 195-213.

La Revista Ingeniería y Región cuenta con la Licencia
Creative Commons Atribución (BY), No Comercial (NC) y Compartir Igual (SA)

