

Fecha de recibido: junio -12-2024

Fecha de aceptado: Julio-17-2024

DOI: 10.22490/ecapma.8247

# DISEÑO DE UN INVERNADERO TECNIFICADO MEDIADO POR POLINIZADORES PARA LA UNAD - CCAV FACATATIVÁ

## DESIGN OF A TECHNOLOGICALLY ENHANCED GREENHOUSE MEDIATED BY POLLINATORS FOR UNAD - CCAV FACATATIVÁ

### **Sindy Dayana Rodriguez Lugo**

Ingeniera Agrónoma, especialista en manejo sostenible en el sistema suelo, agua y planta, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9561-4539>

[Sindy.rodriguez@unad.edu.co](mailto:Sindy.rodriguez@unad.edu.co)

### **Mery Rocio Fonseca Lara**

Bióloga, magister en Gestión Ambiental, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1324-0252>

[Mery.fonseca@unad.edu.co](mailto:Mery.fonseca@unad.edu.co)

### **William Alexander Cuevas Carrero**

Ingeniero electrónico, magíster en Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia , UNAD

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2852-5525>

[william.cuevas@unad.edu.co](mailto:william.cuevas@unad.edu.co)

**Citación:** Rodriguez, S.D., Fonseca, M.R., Cuevas, W.A.(2024). Diseño de un invernadero tecnificado mediado por polinizadores para la UNAD CCAV Facatativá. *Working Papers ECAPMA*, 8 (1), 101-114.

<https://doi.org/1022490/ECAPMA.8247>

# RESUMEN

**Contextualización:** la agricultura tradicional enfrenta desafíos como la baja productividad, el uso ineficiente de recursos y el impacto ambiental negativo. Esto ha llevado a la necesidad de implementar sistemas de producción agrícola sostenibles y eficientes que aprovechen las condiciones agroecológicas locales y promuevan la conservación de la biodiversidad. Estudios indican que la polinización asistida por insectos puede aumentar el rendimiento de los cultivos en un 20% a 40%, produciendo frutos más uniformes, de mayor tamaño y mejor sabor. Además, los polinizadores pueden ayudar a controlar plagas y enfermedades, reduciendo la necesidad de pesticidas químicos. Regiones como Europa, América del Norte y Asia han sido pioneras en emplear esta técnica.

**Vacío de investigación:** en la región Sabana de Occidente del departamento de Cundinamarca no se tiene conocimiento de proyectos que implementen la mediación con polinizadores en cultivos. Este proyecto surge como iniciativa para investigar la viabilidad técnica y económica de la implementación de este tipo de sistemas bajo un entorno controlado.

**Propósito del estudio:** el estudio se orienta al diseño de un invernadero tec-

nificado para cultivos de tomate y fresas mediados por polinizadores en la UNAD CCAV Facatativá. Además, busca fortalecer académicamente a estudiantes de las escuelas de ECAPMA y ECBTI con un espacio para realizar investigaciones y prácticas de laboratorio.

**Metodología:** se empleó una investigación de tipo correlacional con enfoque mixto. se inició con la búsqueda de información en la literatura y la recolección de datos en campo. Posteriormente, se definió la ubicación, el tamaño y las características técnicas para el invernadero tecnificado mediado por polinizadores, basado en parámetros del uso de suelos descritos en el POT del Municipio de Facatativá.

**Resultados y conclusiones:** se logró el diseño 2D y 3D para el invernadero, la selección de la especie *Bombus Atratus* como polinizador y la identificación de la instrumentación electrónica para monitorear y controlar las variables de temperatura y humedad tanto del invernadero como de la colmena del polinizador.

## Palabras clave

Automatización agrícola, *Bombus Atratus*, eficiencia de cultivos cubiertos, tecnificación de procesos.

# ABSTRACT

**Contextualization:** Traditional agriculture faces challenges such as low productivity, inefficient resource use, and a negative environmental impact. This has led to the need to implement sustainable and efficient agricultural production systems that take advantage of local agro-ecological conditions and promote biodiversity conservation. Studies have shown that insect-assisted pollination can increase crop yields by 20% to 40%, leading to more uniform, larger, and tastier fruits. Pollinators can also help control pests and diseases, reducing the need for chemical pesticides. Regions such as Europe, North America, and Asia are pioneers in the use of this technique.

**Knowledge gap:** In the Sabana de Occidente region of the department of Cundinamarca, there is no known project that implements pollination mediation in crops.

**Purpose:** This project arises as an initiative to investigate the technical and economic feasibility of implementing this type of system under a controlled environment. The project focuses on the design of a technified greenhouse for tomato and strawberry crops mediated by pollinators at UNAD CCAV Facatativá.

The greenhouse will also allow for the academic strengthening of students from the ECAPMA and ECBTI schools by providing a space for research and laboratory practices.

**Methodology:** A mixed-method correlational research approach was used for the project development. It began with a literature search and data collection in the field. The location, size, and technical characteristics of the pollinator-mediated technified greenhouse were then defined, based on soil use parameters described in the Land Use Plan (POT) of the Municipality of Facatativá.

**Results and conclusions:** The project achieved the 2D and 3D design of the greenhouse, the selection of the *Bombus Atratus* species as a pollinator, and the identification of the electronic instrumentation to monitor and control the Temperature and Humidity variables of both the greenhouse and the pollinator's hive.

## Keywords

Agricultural automation, *Bombus Atratus*, efficiency of covered crops, process technology

# 1. INTRODUCCIÓN

En un contexto marcado por el crecimiento poblacional, el cambio climático y la degradación ambiental, factores que han hecho que la producción agrícola tradicional enfrente retos cada vez más complejos. La agricultura sostenible se ha convertido en una necesidad imperiosa para garantizar la seguridad alimentaria a nivel global.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el mundo necesita producir un 35% más de alimentos para el año 2050 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, s. f.). Sin embargo, los sistemas agrícolas actuales están generando un impacto ambiental considerable, contribuyendo a la deforestación, la erosión del suelo, la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad (Beznar et al., 2022).

En este escenario, la agricultura sostenible surge como una alternativa viable para satisfacer la demanda alimentaria de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente, ya que este enfoque promueve prácticas agrícolas que optimizan el uso de recursos naturales, reducen la huella de carbono y conservan la biodiversidad (*Sustainable Agriculture*, s. f.).

Así mismo, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas en su ODS 2, “Hambre cero”, busca poner fin al hambre, lograr la seguridad alimen-

taria, y mejorar la nutrición, y así como promover la agricultura sostenible (Naciones Unidas, 2015). Sin embargo, la implementación de la agricultura sostenible enfrenta diversos retos, debido a la falta de acceso a la tierra y al agua, pobreza, y desigualdad y el cambio climático, factores que pueden afectar negativamente la productividad de los cultivos y la disponibilidad de recursos naturales (*Sustainable Agriculture*, s. f.).

Es así como surge la importancia de los invernaderos tecnificados ya que representan una herramienta poderosa para la implementación de técnicas de agricultura sostenible. Dichas estructuras permiten optimizar las condiciones de crecimiento de los cultivos, independientemente de las particularidades climáticas externas.

Entre sus principales beneficios se destaca, en primer lugar el aumento de la productividad por el control del clima, la humedad y la luz solar, permitiendo cosechas más abundantes y de mayor calidad; en segundo lugar, reducción del uso de agua debido a los sistemas de riego eficientes que minimizan el consumo hídrico; en tercer lugar, es un ambiente controlado que reduce la proliferación de plagas y enfermedades, minimizando el uso de pesticidas; y finalmente se puede cultivar durante todo el año, independientemente de las estaciones y emplea un menor uso de productos químicos y

mayor control de las condiciones de crecimiento, resultando en alimentos más seguros y nutritivos.

A partir de lo anterior, en un panorama local que el municipio de Facatativá cuenta con un clima clasificado como frío y seco (Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente, 2017), condiciones que permiten el cultivo de diversos productos agrícolas, tanto transitorios como perennes, entre ellos, la fresa (*Fragaria sp*) y el tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*). No obstante, la región cuenta con afectaciones climáticas por la ocurrencia de heladas (Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente, 2017) que perjudican el crecimiento, desarrollo y producción de los sistemas agrícolas susceptibles, por lo que solo el 5 % del área cultivada total está bajo condiciones protegidas (Aldana Dimas, 2020; Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente, 2017). Es así como surge el proyecto de diseñar un invernadero tecnificado para cultivos de tomate y fresa que incluya una mayor tecnificación mediante la inclusión de polinización mediada por *Bombus atratus* y sistemas de monitoreo y control electrónico, para el CCAV de la UNAD Facatativá.

Lo anterior, con base en lo presentado por (Coronel et al., 2018) donde se resalta la importancia de emplear la especie nativa *Bombus atratus* como polinizador eficiente de cultivos hortofrutícolas colombianos bajo invernadero, a su vez se evaluaron de la eficiencia de la polinización con dos colonias huérfanas incorporadas en un cultivo de fresas de las variedades camino real y ventana sembrados

bajo invernadero en Cajicá-Colombia, encontrando una mejora en la calidad de los frutos en las variables, calibre (35 % y 31 %), longitud (28 % y 19 %), peso fresco (103 % y 90 %), peso seco (126 % y 145 %) y número de semillas (55 % y 81 %) para las variedades Camino Real y Ventana respectivamente; argumentando como conclusión del proyecto que:

“El abejorro *B. atratus* es un polinizador eficiente para los cultivos de fresa bajo cubierta ya que incrementa la calidad de los frutos en contraste con los producidos mediante polinización espontánea. El uso de colonias huérfanas de *B. atratus* puede ser una alternativa para la polinización de cultivos de fresa, similar a lo reportado en otras especies de abejorros del género *Bombus*”. (Coronel et al., 2018)

Así mismo, (Salvarrey et al., (2020) y (Toni et al., 2021) evidenciaron la necesidad de emplear polinizadores dentro de los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) sembrados bajo invernadero, ya que se encuentra limitado en su rendimiento, es por esto que en estudio se compararon los frutos de flores polinizadas por abejorros Canelones y de flores no visitadas por insectos, encontrando que hubo un incremento del tamaño del fruto entre un 13% al 47%, siendo esta una característica relacionada directamente al aumento de peso, tamaño y número de semillas frente a frutos que no fueron visitados; llegando a la gran conclusión de que el uso de polinizadores y preferiblemente nativos mejoran significativamente la producción de tomates en invernadero.

Finalmente, desde el campo tecnológico se tiene el trabajo de (Arrazola et al., (s. f.) quienes presentan los avances de un proyecto para el monitoreo de variables climáticas al interior de un invernadero para cultivo de tomate rojo, el cual consta de una interfaz gráfica de usuario desarrollada en Java sobre el IDE Netbeans y ejecutada sobre una Raspberry que actúa como servidor de base de datos y como gestor de los datos proporcionados por una placa Arduino. Este funciona como sistema de adquisición de los sensores de

temperatura, humedad relativa y humedad del suelo; lo anterior, con el fin de que el agricultor conozca en tiempo real las condiciones climatológicas del cultivo y pueda tomar las acciones necesarias para maximizar su producción.

Es así como este proyecto tiene por objetivo diseñar un invernadero tecnificado para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) y fresa (*Fragaria sp*) con polinización mediada por *Bombus atratus* (*Hymenoptera: Apidae*), para el CCAV de la UNAD Facatativá.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este proyecto se empleó una investigación de tipo correlacional con enfoque mixto, donde por medio de la búsqueda de información en la literatura y la recolección de datos en campo, se definió la ubicación, el tamaño y las características técnicas para un Invernadero tecnificado mediado por polinizadores de la especie *Bombus Atratus* (*Hymenóptera: Apidae*), en el CCAV de Facatativá, el cual servirá como base para el desarrollo de investigaciones a favor del desarrollo social de la Región.

Como parte de los instrumentos y métodos para el desarrollo del proyecto se tuvieron los siguientes:

- Estudio de suelos con el fin de tener un análisis detallado de las características físicas, químicas y biológicas del suelo

en el sitio de ubicación del invernadero, lo anterior para determinar la viabilidad del cultivo de las especies seleccionadas y establecer las prácticas de manejo del suelo adecuadas.

- Identificación de los parámetros óptimos de las variables agroclimatológicas y biológicas (temperatura, humedad, luminosidad, precipitación y presencia de polinizadores) que influyen en el crecimiento y desarrollo de los cultivos en el invernadero de forma eficiente.
- Verificación de la compatibilidad del proyecto con el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de la ciudad de Facatativá, asegurando que el uso del suelo este acorde con las normas urbanísticas y ambientales vigentes.

- Diseño de la estructura del invernadero incluyendo materiales, dimensiones, tipo de cubierta, sistema de ventilación, sistema de riego y otros elementos relevantes bajo las condiciones relevantes identificadas previamente.
- Descripción de la instrumentación electrónica que permita el monitoreo y control de las variables agroclimáticas y biológicas relevantes para el invernadero, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones.
- Uso de herramientas computacionales para la simulación del sistema bajo diferentes condiciones climáticas y de cultivo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La compatibilidad de la instalación de una estructura tipo invernadero para fines académicos con el uso del suelo del área de la UNAD CCAV Facatativá fue verificado con base en el Plan de Ordenamiento territorial (Alcaldía de Facatativá, 2002) y la circular para estructuras livianas para actividades de zootecnia (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004)

Para el cultivo de tomates, se emplea la variedad 'Chonto', mientras que para las fresas se utiliza la variedad 'Camino Real'. Dentro del invernadero, se implementa sistemas de cultivo tanto en hidroponía como en camas de suelo, lleva a cabo el manejo nutricional ajustándose a los requerimientos específicos de cada cultivo, apoyados en los resultados del análisis de suelo, y por lo que se tuvieron sistemas de manejo del agua para asegurar el recurso hídrico para cada sistema.

La implementación del invernadero que se utiliza como sistemas de agricultura protegida permite reducir el impacto del clima en los cultivos (Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria Corpoica CI Tibaitatá, 2009), además de mejorar las condiciones de cultivo en términos sanitarios, nutricionales y de labores culturales, tales como el manejo del recurso edáfico, hídrico y polinización, entre otros.

Tales evaluaciones se realizan dentro de un invernadero ubicado en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, CCAV de Facatativá, con el fin de generar nuevo conocimiento e innovaciones tecnológicas, en el marco de la academia y la ciencia.

Para conocer las necesidades de suelo y hacer un uso eficiente del recurso se realiza un estudio de suelos con el fin de conocer las características físicas, químicas

y biológicas, de esta manera permite realizar manejos sostenibles a fin de preservar y mejorar la calidad edáfica, que se ve reflejada en la disminución y dependencia de insumos químicos externos e incrementa la productividad agropecuaria (Vallejo, 2012).

La calidad del suelo se define como su capacidad para funcionar dentro de un ecosistema natural o antrópico; además de sostener o mejorar la productividad animal o vegetal; para mantener y controlar la calidad ambiental, y para soportar la habitabilidad y salud del hombre (Doran y Parkin, 1994; Karlen et al., 2001; Bone et al., 2010).

Para el estudio de suelos se tomaron 10 submuestras del suelo del CEAD de Facatativá, a fin de conformar una muestra homogénea con un peso total de 1000 kg. Esta fue marcada y enviada al laboratorio Dr. Calderón Laboratorios Ltda., el cual arrojó que en el área de trabajo se cuenta con un suelo de textura Franco-Arcillo-Limoso, pH ligeramente ácido (6,08), con deficiencias de fósforo, nitrógeno nítrico, azufre, manganeso, cobre y zinc; niveles bajos de calcio y boro; niveles medios de magnesio y hierro y niveles altos de potasio. Por su parte, el análisis del extracto de saturación presentó niveles deficientes de calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, azufre y fósforo; y niveles bajos de nitrógeno nítrico.

Aunque el componente químico del suelo presenta deficiencias nutricionales importantes, el contenido de sodio no es un límite para los cultivos, además no requiere enmiendas para neutralizar aluminio.

La densidad aparente baja, junto con el alto contenido de materia orgánica sugiere que no presenta procesos de compactación que pueda afectar el crecimiento de las raíces, no obstante, por su clase textural, es necesario asegurar el correcto drenaje para evitar sobresaturación de humedad (Ortega y Corvalán, 2020).

Para el diseño del invernadero se solicitó el Plan de Ordenamiento Territorial POA vigente donde se definió el espacio en el que se ubica la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD - CCAV de Facatativá como *zona de expansión urbana*, incluida dentro de la Zona de Operación Chapinero, área en la cual se priorizó la vocación turística y productiva teniendo en cuenta la conservación y potencialización de los elementos paisajísticos y ambientales presentes. Este autor menciona también que parte de los proyectos de la Operación están enfocados en el equipamiento de tipo cultura, recreativo, educativo e institucional.

El Parágrafo 1 del Artículo 73 del POT (2002) explica que los predios ubicados dentro de zonas de expansión urbana pueden ser utilizados para actividades agropecuarias y forestales, lo que significa que la instalación de una estructura tipo invernadero es compatible con el uso del suelo de este sector.

Así se espera que con la implementación del invernadero tecnificado mediado por polinizadores se cree un ambiente de investigación para la innovación agropecuaria, específicamente para la evaluación de diferentes variables relacionadas con la producción de tomate y fresa.

## Sistema de polinización mediada por *bombus atratus* (selección de la especie, condiciones para la supervivencia, diseño de la inclusión de la especie)

En el acondicionamiento del invernadero en función del sostenimiento de las colmenas de *Bombus atratus*, se tendrán en cuenta aspectos físicos y biológicos establecidos por (Romero, *et al.*, 2013). En consonancia con lo descrito, en (Pinilla & Aguilar, 2016) se indica la longevidad de las obreras puede estar relacionada directamente con las condiciones ambientales del entorno donde se encuentran, de allí la importancia de las herramientas de monitoreo dentro del diseño de este invernadero.

Como se mencionó anteriormente (*Solanum lycopersicum* y *Fragaria x ananassa*), se va a sembrar especies ricas en néctar y polen, esto con el fin de cubrir las necesidades nutricionales de las abejas cuando los cultivos antes mencionados no estén en floración. Adicional a ello, por fuera del invernadero se fortalecerá el jardín de los polinizadores para adecuar su entorno.

## Introducción de las colonias - colmena para *Bombus atratus*

Según el tamaño del invernadero se manejará una única colmena, por lo tanto, se espera coleccionar una reina de *Bombus atratus* presente en la zona, donde se capturará y se depositará en un frasco de vidrio con ventilación.

Posteriormente se trasladará a una caja de cría de madera con las siguientes dimensiones: de 12.5 cm de frente por 7 cm de alto y 5 cm de fondo (Pérez, 2014). La caja tendrá un orificio en la parte superior para la alimentación de la reina (suministro de polen), así mismo tendrá un orificio en una de las caras laterales con el fin de brindarle agua (agua y azúcar) por medio de un bebedero de aves. La base de la caja será de una malla metálica y una lámina de cartón corrugado, esto con el fin de brindar una salida de desechos y darle soporte a la caja.

## Modulo o cuarto de cría

Una vez la reina esté instalada en la caja, se dispondrá en un cuarto cría con las siguientes características teniendo en cuenta lo descrito por (Romero, *et al.*, 2013). La estructura será metálica y protegida por tres capas de polisombra negra 80%, la puerta será en madera triplex. Las medidas del cuarto dependerán directamente de la medida del invernadero y la temperatura del cuarto debe estar entre los 28 y 30°C, con una humedad relativa entre el 60 y 90%.

## Monitoreo de la cámara de cría y traslado a colmena

La cámara de cría se alimentará cada dos o tres días con polen suministrado por apicultores del municipio de Facatativá; el polén junto con una solución azucarada será macerado hasta convertirse en una masa en forma de cilindro. El agua azucarada será renovada a necesidad

Una vez se identifique el nacimiento de obreras (por lo menos diez), se cambiarán a una caja de cría de mayor tamaño. Cuando la caja de cría ya contenga por lo menos 50 obreras se volverán a trasladar, el tamaño será más grande y adicional a ello, ya contarán con una salida para que puedan salir a forrajear, por lo tanto, no se les suministrará polen, sin embargo, el agua seguirá ofreciéndose.

La caja de cría con su reina y obreras será colocada dentro de un contenedor de cartón que estará dentro de una caja de triplex con una malla protectora en la cara frontal; adicional a ello, tendrá un orificio de entrada y salida del nido creada por medio de un tubo PVC de ½ pulgadas.

## Monitoreo y análisis de la colonia

Desde la cría y durante el establecimiento de la colonia dentro del invernadero se monitorearán los siguientes aspectos (Pérez, 2014): DDI: días después de la introducción de la colonia en el cultivo. DDC: Días después de iniciar la cría de la colonia, supervivencia de la reina, número de obreras, número de celdas de huevo, larva y pupa.

## Sistema de control automatizado (instrumentación electrónica y sistema de control propuesto)

Para el invernadero es importante tener en cuenta las siguientes dos variables en

el sistema de control, la temperatura y la humedad del suelo, motivo por el cual se proponen los siguientes sensores industriales, teniendo en cuenta que garantizan la operación en condiciones hostiles y continuas.

En cuanto al sensor de temperatura y humedad del ambiente se propone el MTH300SD, el cual es de alta calidad, adopta un módulo de sensor avanzado de Suiza y un chip único de alto rendimiento diseñado para la medición de temperatura y humedad en HVAC, aire acondicionado central; invernaderos, equipo integrado, industria de secadoras, automatización de edificios, etc. Además, tiene como características alta precisión, alta estabilidad; alta tecnología de sellado y excelente protección de revestimiento; rangos de temperatura de -20 a 80 °C, 0 a 50 °C, -40 a 60 °C y Humedad de 0-100%, su señal de salida es de 4 a 20mA, 0 a 5VDC o 0 a 10VDC.

## Sonda de humedad del suelo de alta precisión para invernadero

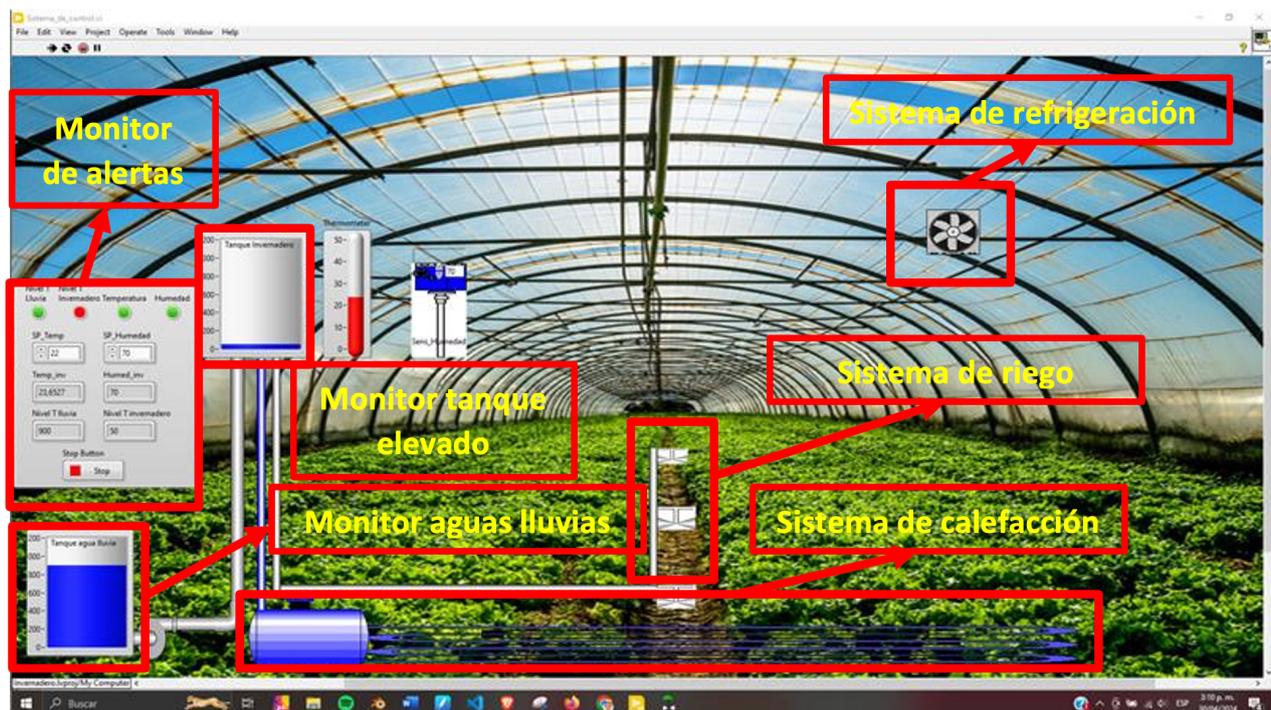
Por otra parte, se propone como sensor de humedad del suelo el HT-706, el cual es de alta precisión y sensibilidad con base en el principio de reflexión en el dominio de la frecuencia y fabricado con tecnología electrónica de alta frecuencia. Al medir la constante dieléctrica del suelo, puede reflejar directa y establemente el contenido de humedad real de varios suelos. Como características tiene una salida: RS-485, Modbus RTU, 0 a 10V, 4 a 20mA, 0 a 5V; tensión de alimentación

de 12 Vcc; resistente al agua, resistente a la corrosión, alta precisión, alta sensibilidad, rango de medición de humedad de 0% a 100%.

Para tener un monitoreo y control de las variables de temperatura y humedad en el

invernadero como en la colmena, se desarrolló una interfaz gráfica de usuario, la cual presenta en tiempo real la información y estado de las condiciones ambientales del cultivo como de los polinizadores. (Figura1).

**Figura 1.** Interfaz gráfica de usuario para las variables del invernadero



**Fuente:** autores.

**Nota:** Esta figura es de autoría propia de los investigadores y fue realizada en el software LabView 2022 el cual cuenta con licencia por parte de la UNAD.

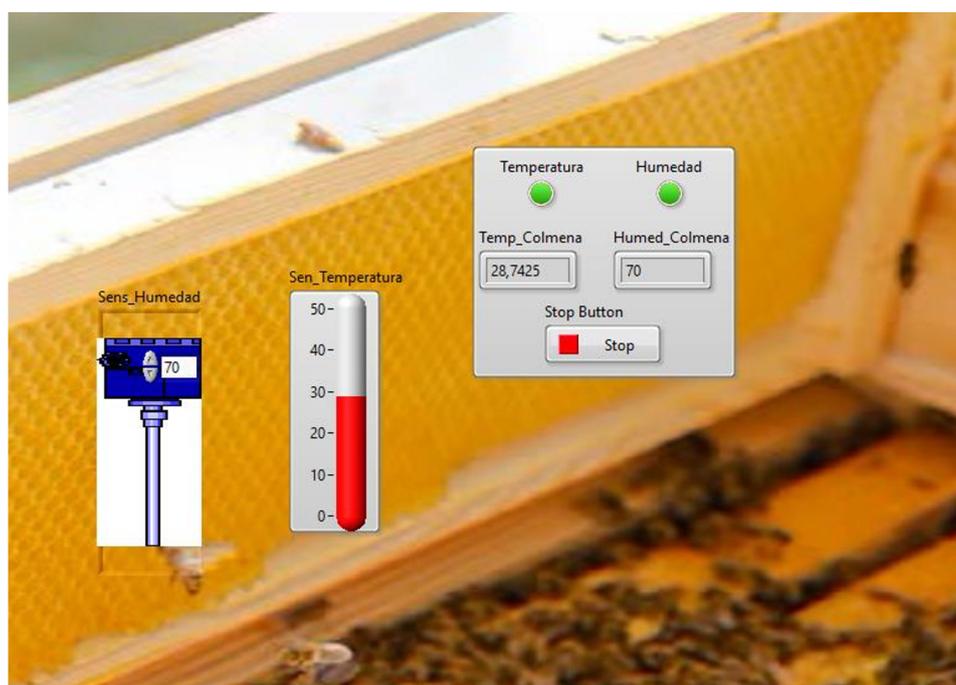
El monitor de variables para el invernadero consta de varios módulos de supervisión y control, tiene dos monitores para el nivel del agua lluvia recolectada como del tanque elevado para el invernadero, cuenta con un botón para encender una electrobomba de tal modo que cuando se disminuye el agua en el tanque elevado se puede bombear el suministro desde el tanque de aguas lluvias siempre y cuan-

do en este se cuenta con disponibilidad del recurso. Además se monitorean las variables de temperatura y humedad, de tal forma que si la temperatura es baja se enciende el sistema de calefacción el cual consiste en pasar agua caliente por unas tuberías de cobre y de esta manera por transferencia de calor aumentar la temperatura, si el caso es contrario y se tiene demasiada temperatura se enciende es el

sistema de refrigeración el cual consiste en un ventilador y bajar la temperatura. Para los cultivos seleccionados el rango óptimo de temperatura es de 20°C a 25°C por lo que se fijó un setpoint o punto de trabajo en 22°C para el sistema de con-

trol; así mismo, se cuenta con un sistema para el riego del cultivo cuando la humedad del suelo es baja, para esto se tiene como rango un porcentaje de humedad del suelo de 60% a 80% con setpoint del 70%. (Figura 2).

**Figura 2.** Interfaz gráfica de usuario para las variables de la colmena



**Fuente:** autores.

**Nota:** La figura anterior es de autoría propia de los investigadores y fue realizada en el software LabView 2022 el cual cuenta con licencia por parte de la UNAD.

El monitor de variables para la colmena consta de dos módulos de supervisión, uno para la supervisión de la humedad y otro para la temperatura, así mismo el panel cuenta con una sección para alertas con base en las condiciones que requie-

ren los polinizadores para su supervivencia, las cuales de acuerdo con la literatura se establecen como temperatura entre los 28°C y 30°C y humedad entre el 60% y 90%.

## 4. CONCLUSIONES

El diseño del invernadero tecnificado mediado por polinizadores y automatizado electrónicamente con sistemas control permitirá crear un ambiente de investigación para los estudiantes de las escuelas ECAPMA y ECBTI, con un alto

grado de innovación agropecuaria, logrando tener cultivos ecosostenibles con potencial de mejora en el rendimiento y la calidad de las cosechas tanto de tomate como de fresa.

## REFERENCIAS

- Alcaldía de Facatativá. (2002). *Decreto 069 de 2002. "Por medio del cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Facatativá - Cundinamarca"*. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/11996/8155-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aldana, G. (2020). *Plan de desarrollo municipal de Facatativá - "Facatativá correcta, un propósito común 2.020-2.024"*. <https://obsgestioneducativa.com/download/plan-de-desarrollo-municipal-facatativa-2020-2023/>
- Arrazola, J. S., Rangel, I. D., y Portugal, M. E. C. (s. f.). Sistema de monitoreo basado en una red de sensores para el cultivo de tomate rojo.
- Bezner Kerr, R., Hasegawa, T., Lasco, R., Bhatt, I., Deryng, D., Farrell, A., Gurney-Smith, H., Ju, H., Lluch-Cota, S., Meza, F., Nelson, G., Neufeldt, H., & Thornton, P. (2022). Food, fibre, and other ecosystem products. En H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. M. B. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria Corpoica CI Tibaitatá. (2009). *Cultivo de tomate en invernadero* (A. Paredes Zambrano,

- Ed.). Produmedios. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/2196>
- Coronel, C. A. P., Jiménez, D. R., Benavides, L. A., & Cure, J. R. (2018). Eficiencia de polinización de colonias huérfanas de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae) en fresa (*Fragaria x ananassa*) bajo cubierta. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 73-79.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (s. f.). *Sustainable Food and Agriculture*. <https://www.fao.org/sustainability/en/>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Circular externa N° 3000-E2-53891. Estructuras livianas para actividades de zootecnia*.
- Pérez, M. M. (2014). *Evaluación del abejorro *Bombus atratus* Franklin (Hymenoptera: Apidae) como polinizador en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.'Camarosa') bajo invernadero* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).
- Pinilla-Gallego, M. S., & Aguilar, M. L. (2016). Efecto del ambiente de cría en la longevidad de obreras y desarrollo de colonias de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). *Acta biológica colombiana*, 21(1), 73-79.
- Romero, E., Cruz, C. P., Cure, J. R., Riaño, D., Padilla, S., & Aguilar, M. L. (2013). Desarrollo de un escenario de campo para el estudio de especies nativas de abejorros (*Bombus* spp.) de los Andes colombianos (Hymenoptera: Apidae). *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 9(2), 200-211.
- Naciones Unidas. (2015). *The 17 Goals*. <https://sdgs.un.org/goals>
- Salvarrey, S., Santos, E., Arbulo, N., Giménez, G., & Invernizzi, C. (2020). Características del fruto de tomate (*Solanum lycopersicum*) utilizando abejorros nativos (*Bombus atratus*) como polinizadores en invernáculo. *Agrociencia*, 24(1).
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente. (2017). *Caracterización y diagnóstico de las cuencas hídricas del municipio de Facatativá*. *Sustainable Agriculture*. (s. f.). [https://www.panda.org/discover/knowledge\\_hub/teacher\\_resources/webfieldtrips/sus\\_agriculture/](https://www.panda.org/discover/knowledge_hub/teacher_resources/webfieldtrips/sus_agriculture/)
- Toni, H. C., Djossa, B. A., Ayenan, M. A. T., & Teka, O. (2021). Tomato (*Solanum lycopersicum*) pollinators and their effect on fruit set and quality. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 96(1), 1-13.



**Licencia de Creative Commons**

Revista Working Papers ECAPMA is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.