

MÓDULO AUTÓNOMO DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS AMBIENTALES (TEMPERATURA, HUMEDAD Y PH) PARA LA PREDICCIÓN DE INDICADORES ÓPTIMOS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Dublas Jusep López González¹, Óscar Jhonny Gómez Suárez²

¹⁻²Tecnoacademia Quindío Centro Agroindustrial SENA

¹dublasjuseplopez@gmail.com – ²ojgomezs@sena.edu.co

Resumen

La línea de física de Tecnoacademia Quindío contribuye al desarrollo social de la región articulando los conceptos de la ciencia con la seguridad alimentaria, que hace parte de uno de los renglones de la agenda 2030 planteada por la ONU. Para ello, se realiza el estudio de las propiedades ambientales en el invernadero geodésico construido en el Colegio Ciudadela del Sur, ubicado en la zona urbana de Armenia. El propósito es mejorar la vida del cultivo de hortalizas en ambientes controlados para brindar eficacia en su producción. Se emplea un sistema de medición autónomo, conformado por una unidad lectora de datos que utiliza sensores de temperatura, humedad y pH; un sistema de almacenamiento de la información, para lo cual se cuenta con un microcontrolador; y un sistema de comunicación remota, con el fin de llevar la información a un dispositivo móvil o computador para el respectivo monitoreo. El invernadero posee una estructura de cúpula geodésica, permitiendo una mayor área para la disposición de los cultivos y ofrece una alta resistividad a las condiciones climáticas. El análisis multiparamétrico permite hacer predicciones que conllevan a establecer recomendaciones para que la vida del cultivo se dé en condiciones óptimas.

Palabras Claves: ambiente controlado, parámetros ambientales, invernadero geodésico, producción agrícola.

Introducción

Resulta común en este tiempo encontrar al inicio de las lecturas, la incidencia de la situación mundial del año 2020 a causa de la emergencia sanitaria por la propagación del COVID-19; son tiempos de pandemia, pero a la vez es momento de fortalecer el desarrollo social y comunitario, y llevar la transferencia del conocimiento y de resultados investigativos a la consolidación de estrategias que mejoren la calidad de vida de la población mundial, en especial los más vulnerables.

Es importante centrar la atención en la agenda 2030 de la ONU y el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, entre los cuales está la seguridad alimentaria, el cuidado del medioambiente y erradicar la pobreza, entre otros. En Tecnoacademia Quindío, en la línea de física se está trabajando en un proyecto que articula la tecnología 4.0, la Agricultura Urbana AU y los proceso de Agromedición enfocados en el diseño, construcción e implementación de un “módulo autónomo de medición articulado a un invernadero geodésico para el cultivo de hortalizas”,

de tal manera que, la transferencia del conocimiento sea significativamente aplicable al desarrollo social y comunitario de la población del municipio de Armenia. Así mismo articular al proyecto la política ASCTI.

Es de resaltar que la AU cada día toma más importancia y se está diversificando aún más, y en este año 2020 se está convirtiendo en una alternativa para la consecución de los alimentos. El poder contar con espacios tipo invernadero facilita el proceso de la producción agrícola; sin embargo, existen desventajas que están siendo superadas con los nuevos diseños de los invernaderos, como lo manifiesta Izquierdo: “Reducción de pérdidas pos cosecha. Precios al público más solidarios. Acceso a mercados institucionales” (Izquierdo, J, 2006). También cabe destacar lo que contempla la FAO: “La AU ofrece también oportunidades de empleo ya que los productores urbanos pueden lograr una eficiencia real empleando con fines productivos recursos insuficientemente utilizados, como terrenos baldíos,

aguas residuales tratadas, desechos reciclados y mano de obra desempleada. La productividad puede ser hasta 15 veces superior a la producción por acre de la agricultura rural” (FAO, 1999); razones para la construcción de un invernadero geodésico, que por su estructura geométrica de triángulos equiláteros ofrece mayor resistencia a los factores externos, por su contorno de semiesfera da mayor área de cultivo y es posible hacer agricultura vertical; además se proyecta que la familia en primera instancia sea una microempresa en el ámbito de la producción agrícola. Como se describe a continuación la importancia de estos invernaderos, que ya se están difundiendo por todo el mundo:

..., En general, los invernaderos pueden clasificarse de acuerdo con el revestimiento empleado en el tejado, en uno de los tres principales grupos principales que existen: contruidos de madera según el sistema tradicional, contruidos de aluminio y aquellos otros cuyo fundamento son las cristaleras holandesas. Las construcciones nuevas deben diseñarse, o elegirse entre los modelos prefabricados existentes, para conseguir la máxima flexibilidad en las cosechas. Se consigue el máximo conjunto de ventajas mediante un módulo de anchura de unos 1,5 metros y una altura mínima hasta el alero del tejado de 1,8 metros. Excepto en las construcciones niveladas, los edificios no deberán sobrepasar los 35 metros de longitud, ya que de otra manera resulta difícil mantener una distribución uniforme de la temperatura de un extremo a otro del local” (Moovey F, 1967).

Consecuentemente, se incorpora al invernadero geodésico un módulo autónomo de medición de parámetros ambientales, que permite hacer de este espacio un lugar controlado, en el cual se maneja ordenadamente la información de entrada, recolectada por sensores de temperatura, de humedad, de pH, y que es procesada y llevada de manera remota a un dispositivo móvil o a un computador para su interpretación, análisis y así poder establecer las predicciones y tomar las decisiones que corrijan errores presentes o los pueda prevenir, haciendo que la vida del cultivo sea la adecuada para un producto de buena calidad.

Este proyecto se está desarrollando en la Institución Educativa Ciudadela del Sur, sector de Puerto Espejo, y el propósito es poder trascender en el municipio de Armenia y contribuir a que el sector urbano implemente procesos de producción agrícola de manera tecnológica por medio de empresas familiares y alianzas con empresas del sector como lo comenta la revista Dinero:

..., El modelo de Ciudades Inteligentes permitiría la creación de un nuevo modelo de ciudades centrado en el uso de las nuevas tecnologías para mejorar la calidad de vida de sus residentes. Colombia vive actualmente un proceso de desplazamiento masivo: cerca del 74% de su población habita en zonas urbanas y lo más preocupante es que esta tendencia va en aumento (Dinero, 2018).

Se establece un punto de convergencia entre la tecnología, AU, aplicabilidad de la ciencia física en interdisciplinariedad con las matemáticas, la química y la biología, para que el invernadero geodésico como ambiente controlado por un módulo autónomo de medición, genere la predicción de los indicadores óptimos para la producción agrícola, generando acciones pertinentes asertivas en la “toma de decisiones” para que la vida del cultivo sea el adecuado y las cosechas sean de alta calidad. De ahí que es coherente citar a Desisto en el marco de contribuir con el desarrollo social y comunitario de Armenia a través de la generación de empleos, bajos costos de inversión y el fortalecimiento de los ingresos:

..., en una empresa de producción agrícola los distintos estamentos como el gerente general y de producción deberán poseer distintos tipos de información para mejorar la toma de decisiones y para esto es de vital importancia la correcta implementación y aplicación de SI y TI, así entonces las herramientas necesarias e información requerida será diferente para el gerente general de la que requerirá el gerente de producción y los supervisores de campo (Desisto, Robert, May, 2004).

De acuerdo a lo manifestado, un propósito

importante es hacer que el proyecto articule el proceso de divulgación, comunicación y transferencia de los resultados investigativos a la sociedad de la zona rural y la zona urbana del municipio de Armenia, generando un impacto positivo para el medioambiente, la economía social y el desarrollo comunitario, siendo sostenible y sustentable para contribuir en la calidad de vida de la sociedad.

Metodología

El proyecto se inició con un proceso de documentación para estructurar el *estado del arte*, basado en fuentes internacionales, nacionales, regionales y locales; por medio del proceso de “Planos de relación”. De tal modo que se instauraron no solo los antecedentes investigativos, sino que se estructuró toda la contextualización desde la ciencia, para establecer los indicadores propios del ambiente en la vida de un cultivo en invernadero, articulándose con el contexto y los conceptos tecnológicos que intervienen en la construcción del sistema autónomo de medición para efectuar la recolección de los datos para su estudio y análisis. En segunda instancia, se realizó la construcción de la cúpula geodésica como maqueta de prototipo, con material de palos de balsa; esto con el fin de utilizar el prototipo como material de aprendizaje; es decir, la maqueta realizada por los aprendices del semillero de investigación les permitió aplicar la interdisciplinariedad de la física, la matemática y la geometría; de tal modo que se estableció la fundamentación teórica y práctica para luego proyectar la construcción del invernadero geodésico en el espacio otorgado por la Institución Educativa Ciudadela del Sur.

La construcción del domo geodésico a escala real se encuentra en la fase de diseño y elaboración de los planos; pues su fabricación con la tubería PVC y los respectivos insumos y herramientas para dicho fin (tornillos, tuercas, calibrador pie de rey, tornillo micrométrico, juego de destornilladores, llaves boca-fija y de estría, juego de copas, alicate, pinzas, corta frío, llave de impacto neumático, etc.) a la fecha de emisión del presente artículo, no ha sido posible por las reglamentaciones gubernamentales de la no presencialidad. Sin embargo, ya se están determinando los lineamientos para el regreso en alternancia y de este modo ejecutar la construcción

a escala real del invernadero en cuestión.

Luego de la construcción del prototipo del invernadero a pequeña escala, se continuó con el diseño del “módulo de medición autónomo de diferentes parámetros físicos”. A través del trabajo remoto y virtual se estudió, bajo la orientación del facilitador, la conceptualización de la electrónica necesaria para determinar los elementos a usar y el levantamiento de los respectivos planos; también se hicieron ensayos de montaje de prueba para luego ser llevados a la construcción de la unidad de alimentación fotovoltaica y al sistema de comunicación con los sensores de humedad del suelo, de pH, de vapor, de temperatura y el uso de un microcontrolador para la unidad de monitoreo remoto desde un computador o a un dispositivo móvil.

Se hacen los respectivos ensayos del prototipo o montaje de prueba con el propósito de fijar parámetros de funcionalidad. De esta manera, con el inicio de la presencialidad en modalidad de alternancia, se construirá el módulo autónomo de medición a escala real para ser instalado en el invernadero geodésico y con la información recolectada se realizará el análisis estadístico, con el propósito de determinar los indicadores en la calidad del suelo, propiedades físicas, tales como estructura, porosidad, infiltración, retención de agua, además de la ventilación del invernadero geodésico y la determinación de las condiciones climáticas locales, permitiendo que los datos generen predicciones cuantitativas y cualitativas para crear el microclima adecuado para el invernadero construido propiciando las condiciones óptimas para la vida del cultivo de hortalizas.

Resultados y discusión

El proyecto de investigación se encuentra en proceso debido a las restricciones que se han generado a causa de la pandemia del COVID-19, que ha impedido la presencialidad para el montaje real del invernadero geodésico y la adaptación del “módulo autónomo de medición de múltiples parámetros ambientales”, como lo son la temperatura, la humedad y el pH del suelo. Por lo cual, a la fecha solo se han realizado mediciones de temperatura, pues el no poder tener una dedicación más constante al montaje, no se ha podido avanzar con la medición de

los demás parámetros ambientales.

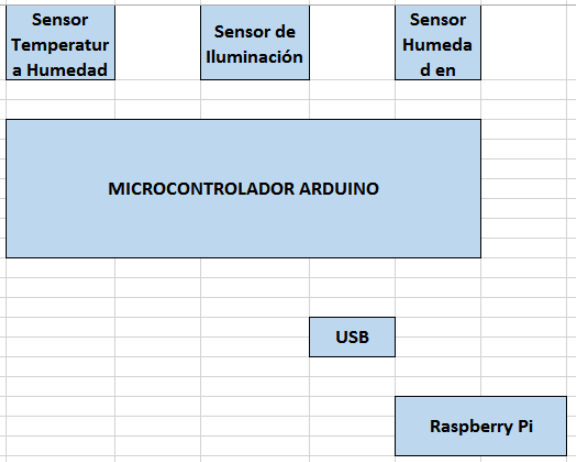
La investigación en curso ya generó el estado de arte y se encuentra en la experimentación con los prototipos de prueba que permitirán, a través de los diferentes ensayos, hacer los ajustes pertinentes para el montaje final en la Institución Educativa Ciudadela del Sur.

Ensayos de prueba con el domo geodésico

La construcción del domo geodésico a pequeña escala como prototipo de prueba se muestra en la figura 1:



Figura 1. Prototipo domo Geodésico. Elaboración propia



Con el propósito de aplicar los conceptos interdisciplinarios de la física, la geometría y las matemáticas, se realizó un proceso experimental; se trató de hacer pruebas de temperatura al interior del domo en comparación con otro tipo de cubierta. El domo geodésico se cubrió con un plástico transparente y al interior se colocó un vaso con agua a temperatura ambiente de 18 °C y en el exterior se colocó una lámpara que iluminó el domo durante una hora, transfiriendo calor al interior del mismo, luego se midió la temperatura final del agua; dicho proceso experimental se realizó con otro tipo de cúpula en forma cuadrada y se compararon los resultados obtenidos, como lo muestra la *Tabla 1*:

Tipo de cúpula	Temperatura inicial del agua	Temperatura final del agua
Prueba 1 (domo geodésico)	18°	24°
Prueba 2 (cúpula cuadrada)	18°	21°

Tabla 1. Prueba de temperatura domo geodésico. Elaboración propia

Diseño de prueba módulo medición autónomo

Se desarrolló el proceso esquemático del Módulo de medición autónomo con el propósito de realizar pruebas iniciales con respecto a la funcionalidad de los componentes electrónicos, para luego ser ajustados en el montaje a escala real en el invernadero geodésico; de tal modo que se estableció el *Esquema 1* que ilustra las unidades del módulo, identificándose las respectivas entradas, la unidad de procesamiento y la unidad de salida.

Esquema 1. Distribución unidades del módulo autónomo de medición. Elaboración propia.

Se realizó montaje en *protoboard* del sensor de temperatura (*Figura 2*) con la finalidad de realizar proceso de pruebas para el aprendizaje del funcionamiento de dicho sensor, para lo cual se utilizó un sensor LM35.

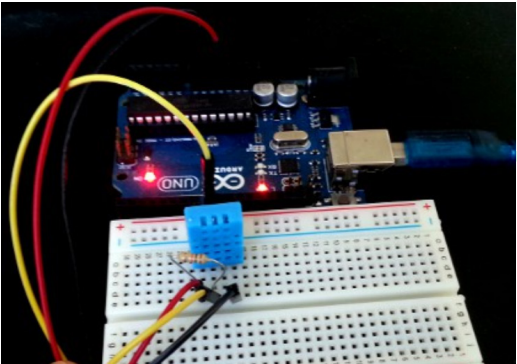


Figura 2. montaje en protoboard de sensor de temperatura. Elaboración propia.

Se desarrollaron las fases de pruebas, para lo cual se contó con un multímetro digital para verificar los voltajes correspondientes a cada medida, una fuente de voltaje encargada de alimentar el dispositivo y un sensor digital. Como propósito se buscó medir la impedancia del sensor de temperatura acondicionando un sistema de amplificador.

En la *Tabla 2* se registra los valores experimentales.

Voltaje (Abierto) [V]	Volyaje (Cerra-do) [V]	RL [Ω]	Z (salida) [Ω]
0,23	0,25	45,74	32,93

Tabla 2. Impedancia de salida sensor de temperatura.

Elaboración propia.

Se encuentra en proceso el desarrollo de las demás fases para completar el módulo autónomo de medición, de tal modo que se incorporan los sensores de humedad y de pH para el banco de prueba. Finalmente, se llevará al montaje real en el invernadero geodésico.

Discusión de resultados

El proceso de prueba realizado con el prototipo del domo geodésico permitió evidenciar que su estructura geométrica particular ofrece muchas más ventajas que otro tipo de domo o cúpula para un invernadero. La estructura del domo geodésico está formada por triángulos equiláteros, que a su vez son equiángulos, lo que por la sumatoria de fuerzas presentes genera mayor solidez ante agentes externos que puedan deformar dicha cúpula. Además, las puntas de los triángulos son puntos de convergencia para concentrar mayor energía y calor, lo que generó que al introducir allí un vaso con agua se calentó más rápido que cuando se hizo el mismo experimento con la cúpula de otra geometría (cuadrada); esta velocidad de propagación del calor al interior del domo geodésico es predictiva por la forma regular de la estructura, de esta manera es posible que el ambiente controlado dentro del invernadero genere variables cuyo comportamiento sea ajustable estadísticamente para la predicción de

los indicadores óptimos en la producción agrícola.

El hecho de crear un prototipo del “módulo autónomo de medición de los parámetros ambientales”, permitió sectorizar las unidades principales para hacer un ajuste para cada sensor y luego poder articular como un sistema completo y llevarlo al modelo real que será instalado en el invernadero. Hasta el momento solo se tiene pruebas básicas del sensor de temperatura, pero se continuará con los demás dispositivos del módulo con el fin de minimizar los errores relativos y absolutos de las mediciones.

Dentro de los protocolos de diseño, construcción y puesta en marcha del módulo autónomo de medición es importante poder comprobar las resoluciones de cada sensor con otros dispositivos de referencia, de tal modo que la calibración del sistema completo sea eficaz para los fines de controlar los parámetros ambientales en la producción agrícola de hortalizas. Esta validación tiene el propósito de caracterizar las especificaciones del módulo.

Analizando en conjunto el prototipo del domo geodésico y lo diseñado del módulo, se determina que la característica de solidez de la estructura genera pocas alteraciones en las mediciones tomadas por los sensores.

Conclusiones

Los avances realizados hasta el momento en la ejecución del proyecto de investigación han evidenciado que el prototipo de prueba construido del domo geodésico ofrece las condiciones adecuadas para ser usado como invernadero para el cultivo de hortalizas en ambiente controlado. El prototipo de prueba evidenció que su estructura uniforme de triángulos permite una unicidad en la absorción de energía y de transferencia de calor, con el propósito de manejar la temperatura bajo las condiciones adecuadas a través de sensores.

El prototipo de prueba del “módulo autónomo de medición de múltiples parámetros ambientales” ha mostrado, por medio de los ensayos, que al ser articulado al tipo de invernadero podrá generar predicciones de indicadores óptimos para la producción agrícola, ya que al hacer pruebas

sectoriales de cada elemento funcional de recepción de la información permite hacer los ajustes necesarios a las necesidades reales del montaje.

Agradecimientos

En cada línea escrita en este artículo veo plasmada la oportunidad de iniciar mi proceso de estructuración en investigación porque redactar las ideas y describir las acciones realizadas no es fácil, requiere de técnica y aprendizaje. Es así que, agradezco a mi familia por apoyarme en esta aventura de aprender la ciencia y a escribir para transmitir lo aprendido; a mis facilitadores de Tecnoacademia por su esmero en dar lo mejor para que nosotros los aprendices construyamos un horizonte propio que favorezca a la sociedad; también agradezco a la Institución Rufino Sur por su asertividad al articularse con la Tecnoacademia para que nuestra formación vaya más allá; y al SENA porque la creación de este lugar para aprender experimentando e investigando me ha enseñado valores además de ciencia.

Referencias

Izquierdo, J. (2006). AGRICULTURA URBANA: una herramienta para la Seguridad Alimentaria Senior Plant Production Officer. Lima Perú: FAO Regional Office for Latin America.

FAO (1999). Alianzas público-privadas para el desarrollo de agronegocios – informe de país: Colombia. Estudios de casos de países – américa latina. Roma.

Moovey F. 1967. Invernaderos Comerciales: construcción y calefacción. Editorial Acribia. Zaragoza España

Dinero (2018). Recuperado de: <https://www.dinero.com/economia/articulo/el-74-poblacion-colombiana-habita-zonas-urbanas/147272>

Desisto, Robert (May, 2004). "A Sales Analytics Hierarchy of Needs", Gartner [on line database],