

Semiautomatisation of one small scale greenhouse

Semiautomatización de un invernadero de pequeña escala

Guadiana-Alvarado, Zoe A.¹; Durán-García, Héctor M.¹; Rossel-Kipping, Erich D.¹; Algara-Siller, Marcos¹; Cisneros-Almazán, Rodolfo¹

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Álvaro Obregón #64, Col. Centro, C.P. 78000. San Luis Potosí, S.L.P. México. ²Colegio de Posgraduados, Campus Salinas, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

*Autor de correspondencia: arturo.guadiana@uaslp.mx

ABSTRACT

Objective: Implement a low-cost semi-automated system in a small-scale greenhouse

Design/methodology/approach: For the automation an arduino plate, an RHT03 sensor, a 78xx regulator, a Big John Giant pump of a 1 hp and a Sun Hold Ras 0510 relay were used. With the Arduino board, a semi-automated system was implemented that controls the ignition and shutdown of the irrigation and nebulization system, the temperature, relative humidity and humidity of the substrate are regulated.

Results: The parameters that were measured are humidity of the substrate, relative humidity and, temperature with a total of 5 sensors for relative humidity and temperature and three sensors for the humidity of the substrate. By measuring these variables the on and off of pumps for irrigation and fogging is controlled, as well as having terminals that in the future can control the opening and closing of the lateral vents.

Implications: We were able to confirm that the automation of the greenhouse helps to streamline agricultural processes while optimizing and controlling climatic axes that can be assumed as possible threats in the framework of the planting and ripening process. We also check the effectiveness of this type of methods when producing and taking care of the fruit.

Conclusions: The automation to be controlled by a computer, facilitates having several modules in operation, controlling the irrigation and nebulization pumps according to the needs of each module.

Keywords: automation, greenhouse, agriculture, agroindustry.

RESUMEN

Objetivo: Implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo en un invernadero a pequeña escala

Metodología: Para la automatización se utilizó una placa arduino, un sensor RHT03, un regulador 78xx, una bomba Big John Giant de un 1 hp y un relevador Sun Hold Ras 0510. Con la placa arduino se implementó un sistema semiautomatizado que controla el encendido y el apagado del sistema de riego y nebulización, se regula la temperatura, la humedad relativa y la humedad del sustrato.

Resultados: Los parámetros evaluados fueron humedad del sustrato, humedad relativa y, temperatura con un total de cinco sensores para humedad relativa y temperatura y tres sensores para la humedad del sustrato. Al medir estas variables se controla el encendido y el apagado de bombas para riego y nebulización, además de contar con terminales que en un futuro puedan controlar la apertura y el cierre de las ventilas laterales.

Agroproductividad: Vol. 12, Núm. 9, septiembre. 2019. pp. 53-59.

Recibido: abril, 2019. **Aceptado:** agosto, 2019.

Implicaciones: Se confirmó que la automatización del invernadero ayuda a agilizar los procesos agrícolas al tiempo que optimiza y controla ejes climáticos que pueden ser asumidos como posibles amenazas en el marco del proceso de siembra y maduración. Se comprobó la eficacia de este tipo de métodos a la hora de producir y cuidar el fruto.

Conclusiones: La automatización al ser controlada por un equipo de cómputo, facilita tener diversos módulos en operación, controlando las bombas de riego y nebulización de acuerdo a las necesidades de cada módulo

Palabras claves: automatización, invernadero, agricultura, agroindustria

INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos agrícolas en condiciones protegidas incrementa el rendimiento y la calidad del fruto; siendo la norma UNE-EN-13031-1 (invernaderos: proyecto y construcción) la que define al invernadero como una estructura usada para el cultivo y protección de plantas y cosechas, la cual optimiza la transmisión de radiación solar bajo condiciones controladas para mejorar el entorno del cultivo, y cuyas dimensiones posibilitan el trabajo de personas en su interior. Mediante el uso de películas plásticas, sustratos y sistemas de automatización, en los invernaderos se establecen las condiciones óptimas de radiación, temperatura, humedad y dióxido de carbono. De acuerdo al nivel de equipamiento tecnológico, los invernaderos se clasifican como de nivel bajo, medio y alto (Ortega *et al.*, 2017). Los invernaderos de nivel tecnológico bajo se caracterizan porque en sus instalaciones la mayoría de las actividades, que implican el manejo se realizan en forma manual, en general, son instalaciones en las que sólo se cuenta con herramientas manuales, y en ocasiones, con algunos dispositivos mecánicos, tales como bombas de combustión interna o eléctrica para riego; carecen de calentadores o equipos para el control de temperatura; la apertura y cierre de ventilas se realiza manualmente. Dentro de los invernaderos de nivel tecnológico medio se agrupan aquellas unidades equipadas con dispositivos mecánicos y eléctricos, como bombas para los sistemas de riego, calentadores de gas de encendido manual o automático. La apertura y cierre de ventilas se realiza con malacates manuales y, en ocasiones, con motores; pueden contar con sistemas de fertirrigación rústicos (Quinto, 2017).

En los invernaderos de nivel tecnológico alto se incluyen instalaciones con dispositivos automatizados, con sensores y actuadores para controlar el riego, un ejemplo son los temporizadores, que pueden programarse para encender y apagar bombas, así como fotoceldas para apagar y encender luces, o sensores para operar calentadores y otros dispositivos similares, y también pueden contar con algunas actividades computarizadas (Palacios *et al.*, 2006). La funcionalidad del invernadero depende de las características tipológicas y de operación, material de cubierta, condiciones del clima, tipo y manejo del cultivo, sistemas de producción y ventilación. El control de la temperatura, humedad y concentración de CO₂ son variables climáticas que afectan el desarrollo de la planta y, se refleja en la cantidad y calidad de la producción (Ortega, 2014; Castilla, 2005; García *et al.*, 2010). En México la agricultura protegida está en constante crecimiento y desarrollo (Nieves *et al.*,

2011); el INEGI (2010) reportó para el año 2007, 12,540 ha instaladas; la SAGARPA (2010) (Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación) registró 11,760 ha para el año 2010 y, para ese mismo año la Asociación Mexicana de Agricultura Protegida Asociación Civil (AMHPAC) censó 15,300 ha.

En México el SIAP (2013) reporta la existencia de 19,985 unidades de cultivo protegido; de los cuales 66% corresponden a invernaderos, 11% a macro túneles, 10% a casa sombra, 5% a micro túneles, 5% techo sombra y 3% pabellón.

La introducción de sistemas de refrigeración, basados principalmente en el enfriamiento evaporativo (nebulización y pantallas evaporativas) han sido acogidos como técnicas para reducir la temperatura al convertir el calor sensible en latente en zonas semiáridas y del mediterráneo; además se puede monitorear la eficiencia del uso del agua a través de la transpiración de la planta y el intercambio de O₂ y CO₂ (Kittas *et al.*, 2003). El desarrollo de los cultivos en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado por el riego y factores ambientales o climáticos como: temperatura, humedad relativa, iluminación, dióxido de carbono (CO₂) Leyva, (2014). Para que la planta pueda realizar sus funciones, es necesaria la conjunción de estos factores dentro de límites mínimos y máximos, fuera de los cuales la planta cesa su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte (Mamani, 2017). En los últimos años se han introducido al mercado gran variedad de sensores para monitorear temperatura y humedad relativa al interior del invernadero, facilitando el diagnóstico de las condiciones ambientales en las diferentes

estaciones del año, lo cual permite tomar decisión respecto a los controles más apropiados (Salazar et al., 2014).

Al interior del invernadero interesa controlar la humedad del sustrato, temperatura, humedad relativa, CO₂, e iluminación (Lugo et al., 2014). El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos (Huertas, 2008); el microclima depende en parte de la dinámica de la evapotranspiración presente (la cual incluye a la transpiración de la planta y a la evaporación del suelo), de la infraestructura existente en el invernadero (cortinas, domos, sombra, humidificadores y calefacción) y de las perturbaciones climáticas. Uno de los parámetros que mejor integran el estado de sanidad y desarrollo de un cultivo, es el déficit de presión del vapor (DPV), el cual está ligado directamente con las dinámicas de evapotranspiración (Ramos et al., 2010; Lugo et al., 2014). Automatizar el invernadero en México se traduce en la compra de tecnología extranjera cuyo costo es elevado para el promedio de los productores, por lo que la mayoría invierte en infraestructura, pero no en monitorear y controlar el clima al interior, suprimiendo las ventajas y obteniendo como resultado menor cantidad de productos y calidad. Por lo anterior se planteó como objetivo implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo en un invernadero de pequeña escala.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajando con tomate bola (*Solanum lycopersicum* Mill.) variedad Sheena, la investigación se desarrolló e implementó en el ciclo primavera-verano del año 2017, en el invernadero del área Agroindus-

trial (Figura 1), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

El invernadero en el cual se trabajó es del tipo túnel (6 m de ancho por 12 de largo), la ventilación es lateral. Para la automatización se utilizó una placa arduino, un sensor RHT03, un regulador 78xx, una bomba Big John Giant de un 1 hp y un relevador Sun Hold Ras 0510. Con la placa arduino se implementó un sistema semiautomatizado que controla el encendido y el apagado del sistema de riego y nebulización, se regula la temperatura, la humedad relativa y la humedad del sustrato.

El arduino son tres componentes (una placa hardware libre, un software y un lenguaje de programación libre), creado en el instituto de diseño interactivo Ivrea (Italia) (Torrente, 2013). El sensor RHT03 registra la humedad y temperatura con un solo cable de interfaz, esta calibrado y no requiere componentes adicionales, se pueden obtener medidas correctas de humedad relativa y temperatura. Las características y aplicación fueron las siguientes: alta precisión, tipo capacitivo, temperatura de rango completo compensado, medición de humedad relativa y temperatura, señal digital calibrada, excelente estabilidad a largo plazo, componentes adicionales no necesarios, larga distancia de transmisión (hasta 100 m), bajo consumo de energía, 4 pines empaquetados y completamente intercambiables. Regulador 78xx, los reguladores lineales de tensión, también llamados reguladores de voltaje, son circuitos integrados (CI) que por su sencillez, precio y eficacia, son la solución más interesante. De acuerdo a su polaridad se clasifican en reguladores de voltaje positivo (7800) y reguladores de voltaje negativo (7900).

Los reguladores de tensión proporcionan tensión continua estabilizada y con protección frente a sobrecargas o corto circuito. La bomba Big John Giant de 1 hp, cuenta con una caja de hierro fundido sumergible, base de fibra de polipropileno, cubierta de fibra de policarbonato, con depósito especial para aceite, el Interruptor es accionado por diafragma; el cuerpo de la bomba y el impulsor son no atascables. El relevador Sun Hold Ras 0510, es un relevador compacto de un polo, dos tiros (SPDT) y bobina de 5 Vcc.

El relevador es un interruptor controlado por un circuito eléctrico a través de una bobina y un electroimán, el cual incide sobre diversos contactos para la apertura o el cierre de otros circuitos, que funcionan de manera independiente. La bobina crea un campo magnético que lleva los contactos a establecer una conexión, mientras que el electroimán permite el cierre de los contactos; el relevador actúa como interruptor, permitiendo el paso o no de la corriente eléctrica.

La Figura 1 muestra el diagrama funcional del sistema de automatización desarrollado, empezando por el encendido (este módulo de control en realidad es una computadora de escritorio), y al iniciar se despliega información necesaria para el funcionamiento, empezando por el manual del usuario. En la interfaz de los datos del sistema se carga información del clima y se pueden consultar las gráficas de (temperatura, humedad relativa y humedad del sustrato), el histórico diario y la programación de los timers. Para facilitar el mo-

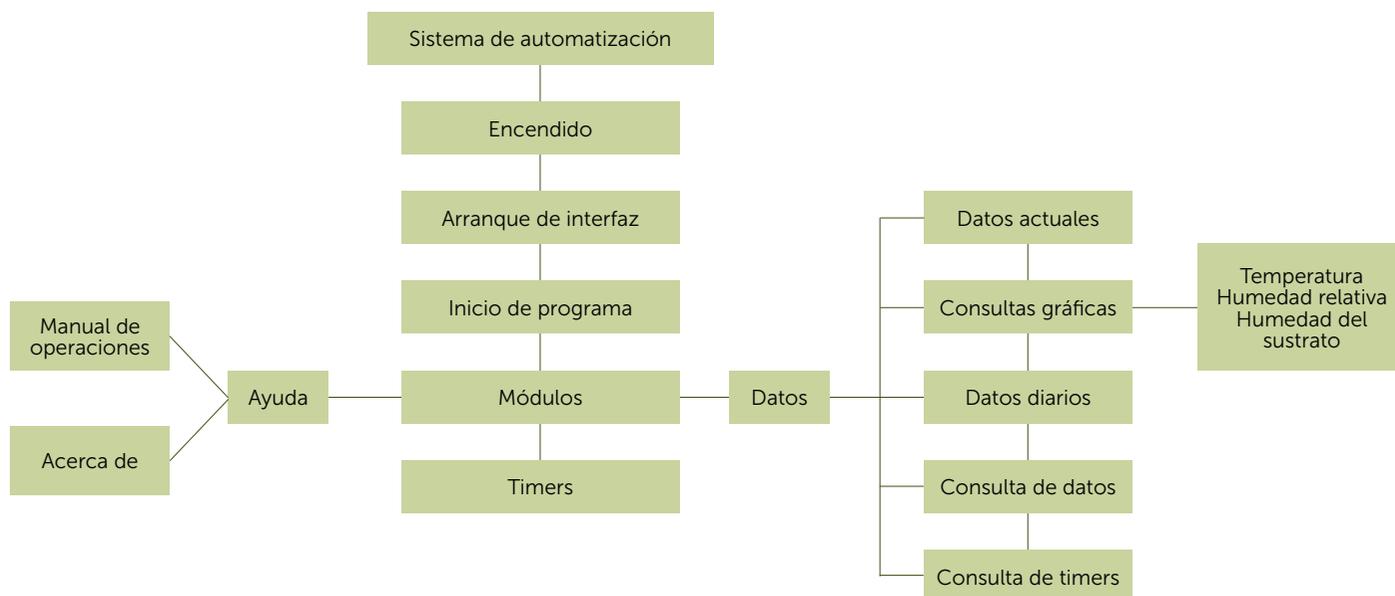


Figura 1. Diagrama Funcional del sistema de automatización del invernadero.

nitoreo al interior del invernadero, se dividió en cinco zonas, y en cada una, se registró la temperatura y la humedad mediante un sensor móvil durante 10 d consecutivos en los horarios de 8:00-9:00 a.m.; 12:00-12:45 p.m. y de 16:00-16:20 p.m.

La humedad relativa y temperatura fueron monitoreados por medio de cinco sensores (RHT03) que toman las lecturas de temperatura y humedad; y el monitoreo, registro, análisis y promedio de temperaturas y humedad relativa, determinan el encendido o apagado del equipo de nebulización, acción que se realiza en función del análisis de los datos de humedad relativa enviada por el sensor. La temperatura especificada por el usuario y la temperatura del invernadero controlan el tiempo de activación de los nebulizadores.

Calibración del sensor de humedad del sustrato

La calibración del sustrato se realizó a través de la diferencia de peso del cubo de lana de roca a partir de la saturación hídrica. Para una saturación total (100%) se obtuvo un peso de 315 g (cubo más agua), el

cubo sin agua pesó 125 g; para una saturación al 50%, 220 g (cubo más 50% de agua), para la calibración se insertó la horquilla del sensor en los cubos a 0, 50 y 100% de saturación, para lo cual se registró y analizó el voltaje; este proceso se repitió 10 veces, sin encontrar diferencia significativa. A partir de los datos obtenidos se programa el protocolo de análisis, el control de encendido se realiza a partir de timer programado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el invernadero se implementó un sistema semiautomatizado funcional y de bajo costo. Los parámetros humedad del sustrato, humedad relativa y, temperatura con un total de cinco sensores para humedad relativa y temperatura y tres para la humedad del sustrato. Al medir estas variables se controla el encendido y el apagado de bombas para riego y nebulización, además de contar con terminales que en un futuro puedan controlar la apertura y el cierre de las ventilas laterales. Lugo *et al.* (2014) desarrollaron un paquete tecnológico de bajo costo para el monitoreo ambiental de invernaderos, el paquete se basa

en el uso de software y hardware libres y considera la construcción y adaptación de sensores para medir las variables climatológicas dentro y fuera del invernadero; la construcción y adaptación de interfaces electrónicas para capturar los valores de los sensores y el desarrollo de software para interpretar los datos. Como plataformas de software y hardware libres utilizaron Java y Arduino como parte importante de la técnica de proceso. Se compararon los sensores desarrollados contra los sensores comerciales en condiciones climatológicas iguales y se obtuvieron datos similares.

El objetivo fue semiautomatizar un invernadero de bajo costo, solucionando los posibles problemas de inexactitud en la medición y control de variables climáticas; dificultades que en la mayoría de los casos se asocian al control manual de la temperatura, la humedad y la luminosidad de los cultivos bajo cubierta, mostró que la humedad relativa sin el sistema de automatización llegó a una media de 17.56% dentro del invernadero, donde se muestreo en el día por triplicado durante 10 d, la

temperatura registrada varió de 17 °C a 41 °C con una media de 32 °C, la humedad del sustrato con niveles inferiores al 30%.

La temperatura promedio del invernadero con el sistema de automatización encendido fue de 26 °C, la humedad relativa de 54% y la del sustrato de 85% en promedio. Estos resultados mostraron diferencia significativa en cuanto a los parámetros registrados dentro del invernadero, y evidenció que la puesta en marcha del sistema semiautomatizado mantiene condiciones adecuadas a la planta. Rodríguez *et al.* (2017) reportó que debido a las condiciones del clima se requiere que este sea controlado durante el día ya que es cuando se presentan temperaturas altas, el horario de automatización lo estableció de las 8:00 h a las 18:00 h monitoreando la temperatura y la humedad relativa cada 5 min y, cuando se registra una temperatura mayor a 25 °C se activa el ventilador y el sistema de riego por nebulización durante 5 min, logrando que la humedad relativa aumente y el ventilador siga funcionando hasta que la temperatura nuevamente registre 20 °C.

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (2014) el aumento de la floración y el crecimiento del fruto se da en un periodo de 2 a 4 d bajo las condiciones establecidas en el sistema automatizado, mostrando una mejoría en la producción y el comportamiento de la planta; información que coincide con lo reportado por Rincón (2016) pues este autor con ayuda de una aplicación móvil mediante un sistema operativo Android, monitoreó y controló la temperatura y humedad, facilitando el análisis de datos e incidiendo en la calidad de la producción.

En presente trabajo, se pudo confirmar que la automatización del invernadero ayuda a agilizar los procesos agrícolas al tiempo que optimiza y controla ejes climáticos que pueden ser asumidos como posibles amenazas en el marco del proceso de siembra y maduración.

Una de los factores de mayor relevancia del proyecto fue el costo, Jainfa (2011) reporta que con el fin de resolver algunos problemas en la agricultura tradicional de precisión, como es la adquisición de datos en tiempo real y el monitoreo de pequeñas áreas, diseñó e implementó un sistema de monitoreo ambiental para la agricultura de precisión con sensores inalámbricos basado en tecnología "bayberry", para esto, en un invernadero ubicado en un lugar apartado y de difícil acceso, que funciona con paneles solares y baterías de almacenamiento, registro

la temperatura, humedad y luminosidad, estos datos los transmitió a un servidor remoto en tiempo real a través de conexión GPRS, el sistema logró entregar información en tiempo real y su costo aproximado por m² fue de US\$4.16.

Otros autores como Tongtong *et al.* (2011) utilizó topología en Estrella, teniendo un costo aproximado de US\$4.76 por m², anotando que el monitoreo y control ambiental son algunas de los variables de mayor relevancia en la protección y producción de cultivos.

Guofang *et al.* (2010) enfocaron su trabajo a automatizar y controlar el ambiente de los cultivos en invernaderos de baja escala, lo cual hicieron en forma remota, su diseño se basó en ZigBee y tecnología WEB, contando con una aplicación móvil desarrollada en Lap VIEW, el sistema de vigilancia remota muestra información ambiental en tiempo real, siendo una herramienta para evaluar el entorno del invernadero y generar información para un control efectivo de las condiciones ambientales del invernadero, el costo aproximado es de \$8.22 USD por m². Mendoza (2015) diseñó e implementó un prototipo que permite controlar y monitorear la temperatura y la humedad de un invernadero desde cualquier parte por medio de una red LAN, siendo este un elemento histórico en desarrollo del sistema agro inteligente. Como dispositivo de procesamiento optó por un kit de Ethernet, el cual cumple con todos los requerimientos del sistema. En el microcontrolador programó el firmware del sistema en lenguaje C en el software PIC C Compiler; el código incluyó la implementación de parte del stack TCP/IP. Utilizo TCP (Protocolo de Control de Transmisión), y a la página Web diseñada se envían las mediciones de temperatura, humedad y el estado de los dispositivos de control, el costo aproximado fue de \$3.95 USD por m².

El invernadero del presente estudio (de bajo costo y pequeña escala) (72 m²) costó \$49,000 pesos mexicanos, incluye estructura, cubierta y sistema de riego; automatizarlo costó \$5130 pesos mexicanos, distribuidos (Cuadro 1).

El costo de automatizar el invernadero fue de \$71.25 pesos mexicanos por m², aproximadamente US\$3.39 tomando como referente \$21.00 pesos por dólar. Automatizar el invernadero es ligeramente más barato, con una esperanza de vida útil mayor y mejores rendimientos del cultivo, que, para el presente caso, fueron 105 t de tomate comercializado a \$11,000 pesos mexicanos



Cuadro 1. Costos generales de automatización del invernadero de bajo costo y pequeña escala tipo túnel.

Unidad	Cantidad	Precio unitario (US\$)	Precio total (US\$)
Sensores	5	11,43	57,14
Cable 5E 4 hilos	100 m	0,22	22,00
Arduino uno	1	14,29	14,29
Sensores de horquilla	4	4,76	19,05
Pines	20	0,03	0,48
Sensores LM35	3	0,57	1,71
Pistola de soldadura	1	3,81	3,81
Manguera	40 m	0,71	28,57
PC	1	89,00	89,00
Total			236,05

por tonelada. En sistemas de producción en invernadero es posible obtener hasta tres cosechas al año, reduciendo los costos por automatización; la vida útil de la estructura del invernadero es hasta de 20 años, la del plástico de cinco y la de los sensores de tres años. Lo anterior es relevante si se considera que el rendimiento de tomate bola "Sheena" a campo abierto es de 70 t ha⁻¹ en promedio y, sólo es posible obtener una cosecha al año.

CONCLUSIONES

Implementar un sistema semiautomatizado de bajo costo es posible en un invernadero de pequeña escala y es más rentable. La automatización al ser controlada por la técnica de proceso, facilita tener diversos módulos en operación, controlando, por ejemplo, las bombas de riego y nebulización de acuerdo a las necesidades de cada módulo; es de fácil operación y capaz de competir con otros sistemas descritos y ofertados en el mercado. En el futuro, para realizar una agroindustria, agro 4.0, agro inteligente es necesario, mecanización y automatización de todos los procesos productivos.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo de Apoyo a la Investigación de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por el financiamiento para el proyecto: Sustentabilidad de la agricultura familiar en regiones áridas y semiáridas.

LITERATURA CITADA

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2002). UNE-EN 13031-1: Invernaderos: Proyecto y construcción. Parte 1, invernaderos para producción comercial. Editor AENOR. 105 p.

Castilla, N. y Hernández, J. (2005). The plastic greenhouse industry of Spain. *Chronica Horticulturae*. (45).

García, E. R., Vidal y L. M. Tamayo. (1978). Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evaluación. México: CETENAL.

García, M.C., Balasch, S.F., Alcon, M.A. y Fernández, Z. (2010). Characterization of technological levels in Mediterranean horticultural greenhouses. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(3): 509-525.

Guofang, L. Q., Yubin and L. Shengtao. (2010). Remote monitoring system of greenhouse environment Based on LabVIEW. *International Conference on Computer Design and Applications*.

Huertas, L. (2008). Horticom. <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/757/69757.pdf>.

Jianfa, X., Zhenzhou T., Xiaoqiu S., Lei F., Huaizhong L. 2011. An environment monitoring system for precise agriculture based on wireless sensor networks, *Seventh International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks*, Beijing, China.

Kittas, C., Bartzanas, T., and A. Jaffrin. (2003). Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering*. 85.

Leyva, J. R. (2014). Sistemas de refrigeración en un invernadero de malla: efectos sobre el microclima, productividad y respuestas de las plantas de un cultivo de tomate. Universidad de Granada.

Lugo, E., Villavicencio G. y Díaz S. (2014). Paquete tecnológico para el monitoreo ambiental en invernaderos con el uso de hardware y software libre. *Terra Latinoamericana*. 32(1).

Mamani, M., Villalobos, M., Herrera, R. (2017). Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 25(4).

Mendoza, M. F. (2015). Sistema de monitoreo y control de invernaderos a través de una red inalámbrica mediante un servidor web embebido en microcontroladores de alto rendimiento. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Querétaro. 62 p.

Nieves, G., Van der, Valk V. y Elings, A. (2011). Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed Wageningen UR Greenhouse Horticulture. *Landbouw Economisch Instituut. The Hague. Ministre of Economic Affairs. Rapport GTB 1. 126*.

Ortega, M., L. D., Martínez V., Waliszewski, S. M., Ocampo M., Huichapan M., El Kassis, E., Soto Ruiz, G., Pérez Armendáriz, B. (2017). Nivel tecnológico de invernadero y riesgo para la salud de los jornaleros. *Nova Scientia*. 9.

Ortega M., Ocampo-M., Sandoval C., Martínez V., Huerta P., Jaramillo V. (2014). Caracterización y funcionalidad de invernaderos en Chignahuapan, Puebla, México. *Revista Bio Ciencias* 2(4): 261-270.

Palacios, S., Gonzales, K., Manuel, V. (2006). Invernaderos de nivel a nivel. 30-05-2018, de Agro2000 Sitio web: <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/invernaderos-de-nivel-a-nivel/>.

Quinto W. (2017). Invernaderos de nivel a nivel. <http://www.2000agro.com.mx/agroindustria/invernaderos-de-nivel-a-nivel/> [2 Jun. 2018].

Ramos, F.J.C., V. López, V. Lafont, F. Enea, G. Duplaix. (2010). Una estructura neurodifusa para modelar la evapotranspiración instantánea en invernaderos. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*. XI.

- Rincón, V.A., J. Silva, T. (2016). Automatización de invernadero para producción agrícola con tecnología de punta a bajo costo. Colombia. Revista de Investigaciones empresariales. 23.
- Rodríguez, R. F., I. García, S. Vásquez y L. Juárez. (2017). Análisis, diseño e implementación de un invernadero automatizado para la producción de fresa en Tehuacán. Revista del Desarrollo Tecnológico.
- Rodríguez, C., Díaz, H., Pérez, G., Cruz, Z. y Rodríguez, H. (2014). Evaluation of quality and yield in papaya wild (*Carica papaya* L.) from Cuba. Cultivos Tropicales, San José de las Lajas. 35(3): 36-44.
- Salazar, M. R. Rojano, A., López, I. (2014). Water Use Efficiency in Controlled Agriculture. Tecnología y ciencias del agua. 5(2): 177-183.
- SIAP. (2013). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Boletín semanal del SIAP de la SAGARPA, 2.
- Tongtong, Y., Wenjie F., Zheyang L. (2011). Temperature and humidity wireless sensing and monitoring systems applied in greenhouse. Proceedings of 2011 International Conference on Computer Science and Network Technology.
- Torrente, A. O. (2013). Arduino. Curso práctico de formación. Alfaomega. Primera Edición Rustica. Madrid, España. 588 p.

