

Monitoreo de variables agrometeorológicas en la fase de germinación de un cultivo de pimentón a través de IoT

Agrometeorological variables monitoring at the pepper crop germination stage through IoT

José Armando Hernández Suárez^{1*}, Jhojan Stiven Ramírez Ascencio², Juan Camilo Cruz Sotelo³, Álvaro Hernán Alarcón López⁴
^{1, 2, 3, 4} Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria del Huila – CORHUILA Neiva, Colombia.

¹j-hernandezs@corhuila.edu.co, ²jhojan_ra@corhuila.edu.co, ³jc-cruzs@corhuila.edu.co, ⁴alvaro.alarcon@corhuila.edu.co

*Autor de correspondencia: j-hernandezs@corhuila.edu.co

RESUMEN– En la actualidad la variación repentina de las variables medio ambientales se debe a los efectos del cambio climático. El problema afecta en general a todos los ecosistemas ambientales por tanto los cultivos sostenidos por los agricultores no son la excepción a este; es por esta razón el gran incremento de los invernaderos para el desarrollo de todo tipo de cultivos. Sin embargo los invernaderos cuentan con déficit en su funcionamiento, principalmente por la dificultad en la medición de las variables medio ambientales para el manejo de las mismas. En este artículo nosotros presentamos un sistema capaz de monitorear las variables medio ambientales en invernaderos, durante el periodo de germinación, a través de Internet de las cosas (IoT) enfocado a la agricultura de precisión. El sistema cuenta con la capacidad de recolectar datos de sensores que miden la temperatura, humedad relativa, humedad del suelo y radiación y luego enviarlos a la plataforma de IoT (ThingSpeak) para que el usuario acceda de manera remota. También, se puede acceder desde la propia app del sistema Ecosistem 2.0, disponible para teléfonos con sistema operativo Android, donde podrá visualizar los datos en tiempo real y recibir alertas, lo que facilita la toma de decisiones del usuario. Adicionalmente el sistema está diseñado de tamaño reducido para poder ser portable y con la capacidad de transmitir a la nube.

Palabras clave– IoT, variables ambientales, medición, monitoreo, agricultura de precisión, plántula, germinación.

ABSTRACT– At present, the sudden variation in environmental variables is due to the effects of climate change. The problem affects in general all environmental ecosystems, therefore the crops sustained by farmers are not the exception to this; it is for this reason the great increase of greenhouses for the development of all types of crops. However, greenhouses have deficits in their functioning, mainly due to the difficulty in measuring environmental variables for their management. In this article we present a layered system of monitoring environmental variables in greenhouses, during the germination period, through Internet of Things (IoT) focused on precision agriculture. The system has the ability to collect data from sensors that measure temperature, relative humidity, soil moisture and radiation and then send them to the IoT platform (ThingSpeak) for the user to access remotely. It can also be accessed from the Ecosystem 2.0 system app, available for phones with Android operating system, where you can view the data in real time and receive alerts, making it easier for the user to make decisions. In addition, the system is designed to be small to be portable and with the ability to transmit accurate information to the cloud.

Keywords– IoT, environmental variables, measurement, monitoring, precision agriculture, seedling, germination.

1. Introducción

El desarrollo de la tecnología en los últimos años ha logrado tener un crecimiento exponencial, de tal forma que ha sobrepasado las expectativas de la mayoría de las personas. Prueba de ello es que la idea inicial de Internet ha evolucionado al denominado Internet de las cosas (IoT), lo cual ha generado grandes avances en las áreas de la agricultura, la prevención de desastres, el sector salud, etc. [1] [2].

Por tanto, debido a la importancia que tiene la agricultura como proceso fundamental para la existencia del ser humano; debería ser esta una de las áreas en las cuales la tecnología tendría un mayor impacto. Esta situación ha propiciado que en las últimas décadas se hayan intentado desarrollar nuevas técnicas y sistemas de trabajo en busca de mejorar la efectividad de la productividad de los cultivos. De esta forma surge el uso de una tecnología emergente como el Internet de las cosas (IoT) como la mejor posibilidad para mejorar el desarrollo agrícola [3] [4] [5]. Además, el uso IoT en la agricultura ha sido un tema de interés para investigadores

alrededor del mundo, ya que podría dar solución a los problemas ocasionados por el cambio climático, el uso excesivo de químicos en los cultivos y el uso de prácticas ancestrales en la agricultura.

Por tanto, la interacción entre la tecnología y la agricultura han propiciado el desarrollo de una nueva concepción denominada agricultura de precisión; la cual hace referencia a la monitorización de variables agrometeorológicas, el procesamiento de datos y la actuación de tecnologías en cultivos de diferente índole [3]. Algunos de los datos más relevantes a monitorear conforme avanza el desarrollo de la plantación serían: el nivel de radiación, temperatura, humedad del suelo y humedad relativa. Este seguimiento se debe realizar en tiempo real y de forma remota, situación que involucra el uso del Internet de las cosas (IoT) para la recolección y monitoreo de información con el propósito de facilitar la toma de decisiones por parte del propietario del cultivo [4].

Un caso especial de agricultura para la implementación de IoT es de los cultivos bajo cubierta, esto debido a los problemas de desatención en el cuidado de las plantaciones, ocasionado por la falta de personal capacitado en el manejo de estos. Por tal razón, los agricultores se ven obligados a instalar puntos de medición para hacer un seguimiento detallado de los cambios que ocurran en el medio ambiente. Todo esto con el propósito de mejorar la calidad de vida de las plantas [5].

El presente trabajo tuvo como propósito diseñar e implementar un sistema de monitoreo en tiempo real de las variables medio ambientales, durante la fase de germinación de un cultivo de pimentón bajo cubierta usando Internet de las cosas (IoT).

2. Materiales y métodos.

El sistema de monitoreo de variables agrometeorológicas, será capaz de transmitir los datos obtenidos en tiempo real a una plataforma web denominada ThingSpeak y a la aplicación Android Ecosistem 2.0. El objetivo es establecer un monitoreo constante y una generación de advertencias acerca de

cambios irregulares en las variables que pueden afectar el desarrollo de las plántulas.

2.1. Tipo de investigación.

A través del desarrollo de una investigación aplicada, la cual se basó en la recolección y envío de datos cuantitativos a una plataforma web, a través de su interfaz gráfica que permitía la interacción entre el sistema y el usuario, a fin de tomar las decisiones de control. De esta manera se intentó mejorar la eficiencia del cultivo de pimentón, tal como lo menciona [6].

2.2. Fases o momentos de la investigación:

- Estado del arte de proyectos desarrollados en invernaderos e IoT.
- Establecimiento de variables a monitorear y selección de sensores adecuados para la medición.
- Desarrollo a nivel hardware (sensores, comunicación).
- Búsqueda y selección de plataforma IoT para el almacenamiento de datos recolectados.
- Desarrollo a nivel software para Android (App Ecosistem 2.0).
- Acople del sistema (software, hardware) de medición de las variables medio ambientales con IoT.
- Pruebas del sistema en la etapa de germinación del cultivo de pimentón.

2.3. Dispositivos implementados para la medición de variables agrometeorológicas:

- Sensor DHT11, para la medición de temperatura y humedad relativa del ambiente [7].
- Sensor LDR para la medición de radiación [8].
- Sensor de humedad de suelo FC-28 [9].

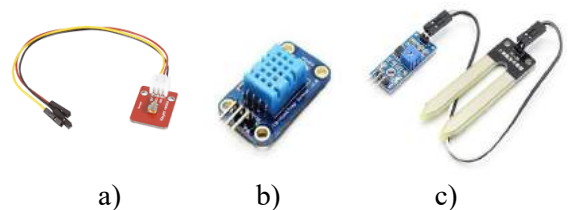


Figura 1. Sensores usados, a) LDR, b) DHT11, c) FC-28

2.4. Comunicación.

La comunicación entre los sensores y la tarjeta de procesamiento NodemCU LUA, fue fundamental para la

recolección de los datos y el posterior envío al sistema IoT, basado en la plataforma ThingSpeak.

La transmisión de información recolectada por los sensores se enviaba por medio de conexión serial al módulo ESP8266, este a su vez utilizando el protocolo IEEE 802.11g (comunicación Wi-Fi) retransmitía los datos hacia la nube. Posteriormente a través de una interfaz gráfica en una APP o en una plataforma Web se mostrará el informe preciso. Es decir que el sistema utiliza una arquitectura lógica tal y como se puede observar en la figura 2, en la figura 3 se muestra el diagrama de flujo del sistema IoT de monitoreo de variables meteorológicas.

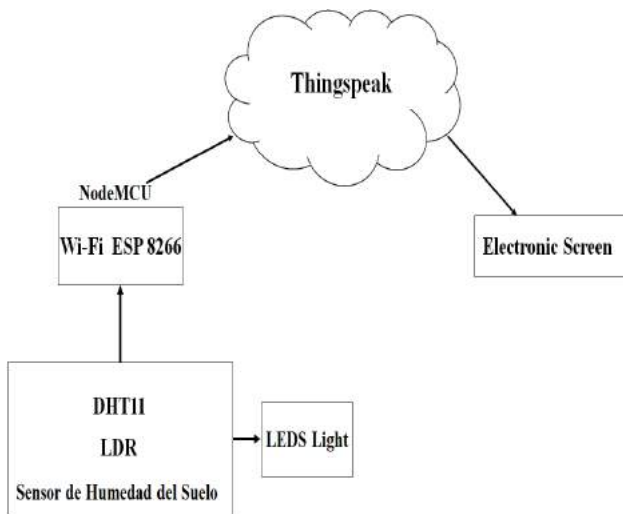


Figura 2. Arquitectura lógica del sistema.

2.5. Interfaz gráfica de usuario.

El sistema de monitoreo cuenta con dos interfaces graficas disponibles para todos los usuarios, una es basada en los servicios de IoT donde los datos son almacenados y se pueden observar únicamente desde la plataforma ThingSpeak. La otra opción, es una App propia del sistema llamada Ecosistem 2.0, exclusiva para los teléfonos móviles con sistema operativo Android.

2.5.1. Plataforma IoT (ThingSpeak)

ThingSpeak es una aplicación y plataforma de código abierto de Internet de las cosas y una API para almacenar y recuperar datos de cosas mediante el protocolo HTTP a través de Internet o una red de área local [10]. La aplicación de esta plataforma en el desarrollo de sistemas inteligentes es recomendada para proyectos como este, ya que cuenta con un número determinado de sensores ya

que la plataforma tiene limitaciones al usarla sin pagar costo alguno. Sin embargo, según [11] en aplicaciones agrícolas tiene un cien por ciento (100%) de efectividad en su funcionamiento y esto lo confirmamos con la puesta en marcha de nuestro sistema. Adicionalmente, la plataforma cuenta con buen sistema de seguridad para poder ingresar a revisar la información almacenada para nosotros.

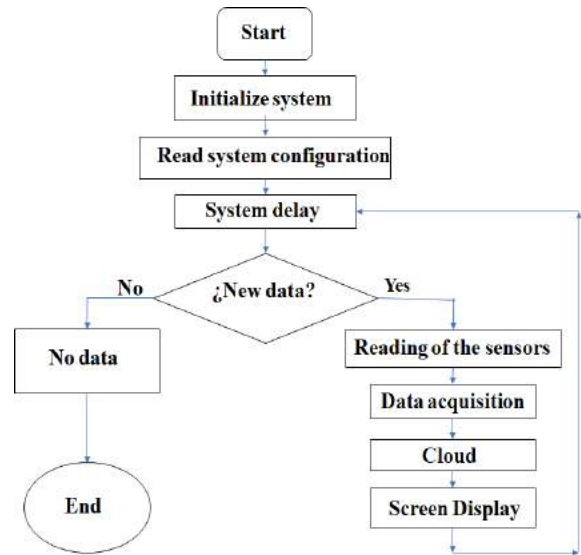


Figura 3. Algoritmo de sistema.

2.5.2. App móvil (Ecosistem 2.0)

La APP Ecosistem 2.0, fue desarrollada como una segunda opción para la visualización de los datos recolectados por los sensores y almacenados en la plataforma, la ventaja de la APP es que logra ser más sencilla de manejar respecto a la plataforma ThingSpeak, la aplicación se muestra en la figura 4 y en la figura 5. Ecosistem 2.0 cumple la misma función, ya que permite observar los datos en gráficas y establecer conexión con bases de datos para almacenar los resultados provistos por el sistema de monitoreo.



Figura 4. Interfaz gráfica de Ecosistem 2.0, para iniciar sesión.

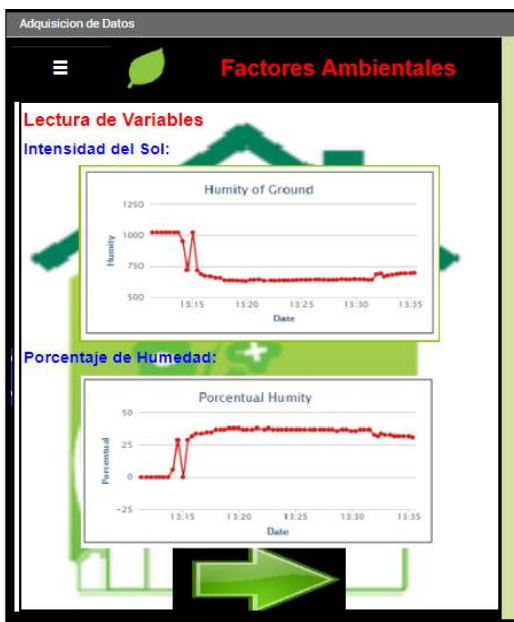


Figura 5. Interfaz gráfica para la lectura de las variables.

3. Resultados Obtenidos

El sistema de IoT desarrollado para el monitoreo variables agrometeorológicas en invernaderos, funciona de forma correcta, tanto en la obtención de información de los sensores, como para el envío y la visualización de los datos a través de la plataforma web y la APP.

Además, gracias a la implementación de la APP el usuario pudo visualizar de forma individual cada una de las gráficas, lo cual permitió realizar un análisis de datos

sin riesgo de confusiones respecto a la identificación de gráficas o tablas que contienen datos de las variables. De igual forma gracias a Ecosistem 2.0, se contó con la posibilidad generar alertas en tiempo real al usuario, con el propósito que este lograra tomar medidas adecuadas para mantener el excelente estado de los cultivos.

De esta forma, el usuario podía contar con una plataforma de IoT que le brindaba información en tiempo real, que le proporcionaba una ayuda para mantener los niveles óptimos de temperatura con 25°C y humedad del suelo con un 50%.

En las figuras 6, 7, 8 y 9 se muestran las gráficas de las variables temperatura, humedad relativa, porcentaje de humedad del suelo y la intensidad del sol, de los resultados obtenidos en la etapa de germinación.

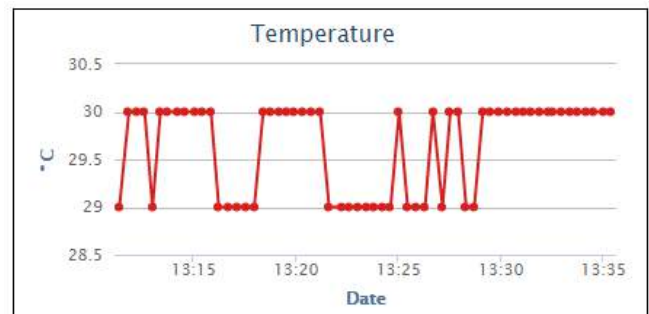


Figura 6. Medición de temperatura ambiente.

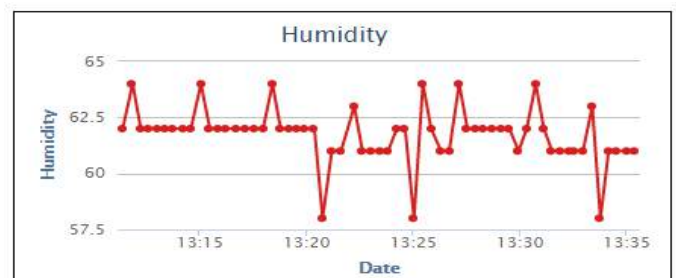


Figura 7. Medición de humedad ambiente.

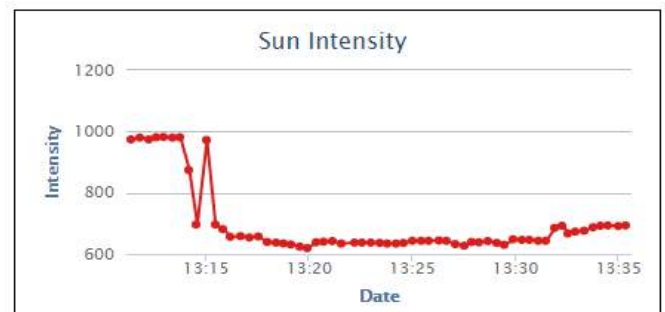


Figura 8. Medición de intensidad del sol.

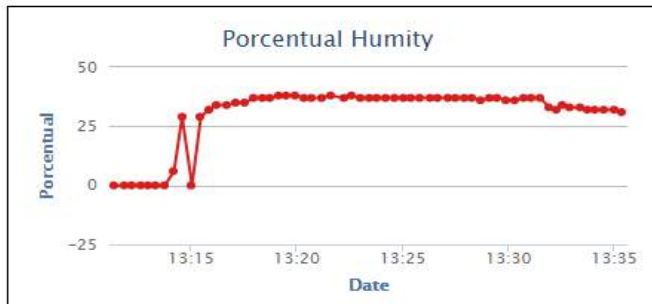


Figura 9. Medición de porcentaje de humedad del suelo.

En las ilustraciones, se organizaron resultados de manera cronológicamente de acuerdo al tiempo establecido, que se muestran unas conductas óptimas de la calidad de vida que está teniendo la plántula en su proceso de formación, con un promedio de temperatura de 30°C y con un porcentaje de humedad que está por debajo del 50%. Siendo este tipo de cambios los que logran asociar los invernaderos tradicionales con los invernaderos inteligentes [12].

Por lo tanto, a la hora de comparar los niveles óptimos teóricos con las variables de prueba, tomados por los sensores. Se pudo evidenciar que la plántula se encuentra entre los rangos estables para su crecimiento de forma natural, sin intervención de la mano del hombre.

4. Conclusiones

Por medio de la ejecución de este trabajo y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se pretende lograr una contribución significativa en la aplicación del internet de las cosas en la agricultura de precisión para invernaderos, que estos sean alternativas seguras para poder contrarrestar los fuertes cambios provocados por el cambio climático y los problemas que afectan el desarrollo de los cultivos.

De igual manera se espera generar motivación para el desarrollo de nuevas tecnologías con sistemas que logren solucionar problemas en la agricultura y mejoren la calidad de vida de las personas que realizan labores de gran exigencia.

Así como este proyecto ha logrado tener éxito y modernizar la agricultura en nuestro país, se aspira que en un futuro se pueda seguir contribuyendo en el avance del Internet de las cosas (IoT) para el uso en todo lo que actúa en nuestra vida diaria.

5. Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido elaborado por nuestro equipo de trabajo, con la orientación del director de programa ingeniería mecatrónica: PhD William Hernán Coral Cuellar, y el docente Álvaro Hernán Alarcón López, adscritos a la Corporación Universitaria del Huila - CORHUILA.

6. Referencias

- [1] I. Ganchev, Z. Ji and M. O'Droma, "A generic IoT architecture for smart cities," 25th IET Irish Signals & Systems Conference 2014 and 2014 China-Ireland International Conference on Information and Communications Technologies (ISSC 2014/CICT 2014).
- [2] P. P. Jayaraman, D. Palmer, A. Zaslavsky and D. Georgakopoulos, "Do-it-Yourself Digital Agriculture applications with semantically enhanced IoT platform," 2015 IEEE Tenth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), Singapore, 2015, pp. 1-6. doi: 10.1109/ISSNIP.2015.7106951.
- [3] Y. Ge, J. A. Thomasson, and R. Sui, "Remote sensing of soil properties in precision agriculture: A review," *Frontiers Earth Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 229–238, 2011.
- [4] Mohanraj, I & Ashokumar, Kirthika & Naren, J. (2016). Field Monitoring and Automation Using IOT in Agriculture Domain. *Procedia Computer Science*. 93. 931-939. 10.1016/j.procs.2016.07.275. Li Tan. 2016. Cloudbased Decision Support and Automation for Precision Agriculture in Orchards. *IFAC PapersOnLine* 49-16(2016) 330-335.
- [5] Gupta, G. Sen, & Quan, V. M. (2018). Multi-sensor integrated system for wireless monitoring of greenhouse environment. 2018 IEEE Sensors Applications Symposium, SAS 2018 - Proceedings, 2018.
- [6] Flávio Issao Kubota, Leandro Cantorski da Rosa, Identification and conception of cleaner production opportunities with the Theory of Inventive Problem Solving, *Journal of Cleaner Production*, Volume 47, May 2013, Pages 199-210, ISSN 0959-6526.
- [7] DHT11 Humidity & Temperature Sensor, D-Robotics, July 30, 2010. Disponible en <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf> (Jun. 19, 2019).
- [8] Web de Luis Llamas - Ingeniería, informática y diseño (Zaragoza), Luis Llamas. Disponible en <https://www.luisllamas.es/> (abr. 1, 2019).
- [9] FC-28, humedad de suelo, D-Robotics, July 30, 2010. Disponible en <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf> (abril. 1, 2019).
- [10] Web de ThingSpeak: IoT Analytics, disponible en <https://thingspeak.com/> (abril. 1, 2019).
- [11] A. Mallas Becerro "Diseño e implementación de un dispositivo de IoT de bajo coste para entornos agrícolas" (trabajo de fin de grado), Ing. de telecomunicaciones, UGR, Granada. Jun, 2017.

- [12] Al-Hadithi, B. M., Cena, C. E. G., León, R. C., & Loor, C. L. (2016). Desarrollo de un sistema de iluminación artificial inteligente para cultivos protegidos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 13(4), 421-429.