

Monitoring and control system for hydroponic vegetable growth using image analysis

Sergio Sanchez, MSc¹, Jaider Reyes, MSc², Alex Morales, MSc³ y Henrique Romero, MSc⁴
^{1,2,3,4}Corporación Universitaria Antonio José de Sucre, sergio_sanchez@corposucre.edu.co

Abstract— Hydroponics is a cultivation method that has been gaining ground in food production due to its high nutritional content and the null use of pesticides, avoiding the use of the soil that, as it is used, loses nutrients, the main objective of hydroponics is to reduce the factors that restrict plant growth related to the particularities of the soil, replacing it with other cultivation supports, in addition to optimizing the use of water. The main objective of this research was to develop an automated monitoring and control software for hydroponic vegetables for sustainable food generation, following the context of smart cities. From the results, it can be concluded that a versatile, low-cost and technological tool was designed that can contribute to the construction of sustainable cities and equitable for all the communities that inhabit them.

Keywords: Water, Technology, Environment, Raspberry Pi 3B

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.345>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Sistema de monitoreo y control de crecimiento de hortalizas hidropónicas utilizando análisis de imágenes.

Sergio Sanchez, MSc¹, Jaider Reyes, MSc², Alex Morales, MSc³ y Henrique Romero, MSc⁴

^{1,2,3,4}Corporación Universitaria Antonio José de Sucre, sergio_sanchez@corposucre.edu.co

Abstract— Hydroponics is a cultivation method that has been gaining ground in food production due to its high nutritional content and the null use of pesticides, avoiding the use of soil, which loses nutrients as it is used. The main objective of this research was to develop hydroponic greenhouse monitoring and control software based on the OpenCV library to monitor crops during the plant's growth process, implementing low-resolution cameras. This system was developed under the Python programming language and worked on a Raspberry pi 3 B card. From the experimental results obtained, it was observed that the system showed minimal variations in its operation, a 5-megapixel camera was implemented, the which was in an adjustable support to graduate its position, connected with a software where the user could calculate the height of the plant, in centimeters. On the other hand, a database was developed to record and display information at any time. It can be concluded that it is a versatile, economic and technological tool. This tool was designed within the framework of smart cities, specifically for the agricultural sector.

Keywords—*Hydroponic, cultivation method, nutrients, monitoring.*

I. INTRODUCCIÓN

Las urbes modernas crecen a ritmos acelerados, esto debido al fenómeno de explosión demográfica causado por el aumento en la natalidad y la migración desde las zonas rurales hacia la urbana, por lo que las exigencias de agua y alimento que estás necesitan día a día aumentan a ritmos acelerados, mientras que las tierras son cada vez menos productivas debido a los efectos de la sobreexplotación industrial y los efectos del cambio climático; por lo que acceder a alimentos ricos en nutrientes esenciales es difícil.

Es así que a nivel mundial se han suscitado diversas enfermedades ocasionadas por los desbalances alimenticios, siendo las más representativas la obesidad y la desnutrición, causales de mucha preocupación ya que estas son la raíz de otras dolencias de mayor riesgo para la vida humana. Como parte de la solución a los problemas de seguridad alimentaria, se encuentran las producciones agrícolas, que ayudan a mitigar el desabastecimiento de alimentos en las urbes [1].

La producción de alimentos a través de la actividad agrícola enfrenta múltiples retos y desafíos desde la estructura del suelo, su fertilidad, acceso al agua, y la exposición a pestes y enfermedades, estos factores van empeorando año a año como consecuencia del fenómeno de cambio climático. Es por ello, que en los nuevos métodos agrícolas como el cultivo hidropónico en invernaderos es indispensable la aplicación de instrumentos de seguimiento y control, ya que así, se logra

tener un registro sobre las variables del cultivo, permitiendo reducir el impacto de los factores limitantes en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas, asegurando una producción constante de alimentos durante todo el año con altos estándares de calidad.

Lo que ha permitido que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), intervenga en la mejora y optimización de los procesos agrícolas, mediante el uso de la instrumentación y control de procesos en la cual a través de la medición, seguimiento y acciones de control se busca reducir la acción limitante de las variables químicas y ambientales que intervienen en los cultivos. Actualmente existen una gran cantidad de software capaces de cumplir la función de monitoreo y control del crecimiento, pero se encuentran limitados en el número de funciones, otros requieren de licencias de uso muy costosas y no cumplen con las necesidades requeridas [2].

Según estudios realizados por la Universidad Autónoma de México desarrollaron una investigación donde diseñaron e implementaron un sistema para desarrollar cultivos de alta productividad, mediante el control de las variables más relevantes involucradas en el crecimiento de las plantas, como la temperatura, humedad, PH y luz visible [3]. Igualmente, en la Universidad Pontificia Bolivariana, desarrollaron un sistema de monitoreo sobre los cultivos, por medio del censado de algunas variables que afectan el desarrollo de cualquier sembrado. Este proyecto tuvo como objetivo analizar variables como el pH, la temperatura, la humedad y posteriormente hacer un registro de estas. Obteniendo al final un promedio de toda la información recauda con el análisis de estas variables [4].

II. MARCO METODOLÓGICO

La siguiente investigación está enmarcada en 3 fases, donde se desarrollaron múltiples actividades como se puede evidenciar a continuación:

Fase 1. Requerimientos del sistema de monitoreo

Para esta etapa, se debe tener en cuenta las variables relevantes que influyen en el crecimiento óptimo de las plantas, determinando las condiciones mínimas que respondan a un proceso de crecimiento rápido, eficiente, de bajo costo y con alta producción. Para garantizar estos resultados, en esta investigación se propone garantizar los siguientes requerimientos:

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.345>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

A. Requerimientos tecnológicos:

A continuación, se detallan los requerimientos de hardware y software mínimos con los que debe contar el sistema para el funcionamiento eficiente del software propuesto.

- 1) Sistema operativo
- 2) Tarjeta microcontroladora
- 3) Tipo de cámara
- 4) Consumo energético del sistema
- 5) Librerías de reconocimiento de imágenes
- 6) Lenguaje de programación, en el que se va desarrollar el software de monitoreo

B. Requerimientos nutricionales:

Para el crecimiento óptimo de las hortalizas hidropónicas, es fundamental garantizar unas condiciones físico-químicas mínimas.

- 1) Temperatura mínima y máxima
- 2) Conductividad eléctrica
- 3) Oxígeno Disuelto
- 4) PH
- 5) Nutrientes (macronutrientes y micronutrientes)
- 6) Humedad
- 7) Dióxido de carbono
- 8) Radiación solar

Fase 2. Diseño del software de monitoreo y control

Para el desarrollo del software, se debe determinar el lenguaje de programación y las librerías que permitirán el reconocimiento de imágenes. Además, se debe seleccionar la tarjeta microcontroladora que cumpla con los requerimientos establecidos para la ejecución de la herramienta [5]. Por otro lado, se debe seleccionar una metodología ágil para el desarrollo del software en el menor tiempo posible. Para el ciclo de desarrollo de esta metodología se propone emplear 4 etapas:

A. Etapa de planificación del proyecto

En esta etapa se realizará el levantamiento de requerimiento mediante las historias de usuario donde se describe cada una de las funcionalidades que se requiere en el software.

B. Etapa de diseño

En esta etapa se consigue la creación de diseños simples que sean fácilmente entendibles e implementables, para comprender el diseño, y así facilitar la codificación del software.

C. Etapa de codificación

Una vez finalizado el diseño del sistema se procede a la codificación, donde se verifican que las historias de usuarios implementadas cumplen con las funciones establecidas.

D. Etapa de Prueba

En esta etapa se deben hacer pruebas funcionales y no funcionales del software desarrollado

Fase 3. Evaluar la funcionalidad del software

Para esta fase, se deben realizar pruebas pilotos en escenarios reales, donde el sistema se pone en marcha para validar el funcionamiento de cada uno de los módulos del software. Por otro lado, es fundamental definir las condiciones óptimas para realizar los experimentos, en las cuales se destaca la ubicación de la cámara, de los sensores, la tarjeta microcontroladora, el tiempo de uso del sistema, el consumo de energía que necesitan los recursos tecnológicos para la ejecución del software. Por último, el factor climatológico, el cual puede ocasionar que el dispositivo no funcione de manera adecuada, realizando cálculos erróneos por captar mal una imagen o por algún agente externo que obstaculice la visión de la cámara.

III. RESULTADOS

Para el desarrollo de la herramienta, a nivel de hardware se utilizó una tarjeta Raspberry pi 3B, una cámara genérica de 5 Megapíxeles con resolución de 680x640, un portátil 5 núcleos con una memoria RAM de 8GB, a nivel de software; se trabajó con el lenguaje de programación Python y la librería Opencv. Para el funcionamiento del software se debe garantizar unas condiciones mínimas, donde se destaca una posición fija de la cámara, una distancia de la cámara estimada que permita observar bien el crecimiento y un lugar donde no esté expuesta a condiciones climáticas muy fuertes, que pueda alterar las mediciones. En la figura 1, se evidencia el diagrama de bloque del sistema.



Fig 1. Diagrama de bloque del sistema propuesto.

Se realizaron diferentes pruebas experimentales para verificar la funcionalidad del software de monitoreo y control, utilizando diferentes escenarios simulados para determinar la altura correspondiente de las hortalizas hidropónicas utilizadas. Como se puede evidenciar a continuación.

Experimento 1

Este experimento se realizó en un invernadero hidropónico a escala, donde inicialmente se midió con un flexómetro una planta de tomate, encontrando una altura de 33.6 cm. Para la estimación de la altura con el software, se debe hacer un trazado con el mouse de la altura que se pretende medir, luego de este procedimiento se encontró una medida estimada de 33.7 cm. Presentando un margen de error relativamente bajo, en comparación con la medición del flexómetro. Los resultados descritos anteriormente, se pueden evidenciar en la figura 2 y 3.



Fig. 2 Medición del escenario 1, con software propuesto.



Fig. 3 Medición del escenario 1, con flexómetro.

Experimento 2

Se utilizó una planta de tomate ubicada en una huerta casera, donde se determinó una altura 141 cm, medida que fue corroborada con un flexómetro. Luego se realizó la medición con el software, encontrando una medida estimada de 141.17 cm. Donde se obtuvo una buena medición. Para este experimento se ubicó la cámara a una distancia 250 cm en línea horizontal respecto a la planta de Tomate. En la figura 4 y 5, se puede evidenciar los resultados mencionados anteriormente.



Figura 4. Medición del escenario 2, con software propuesto



Figura 5. Medición del escenario 2, con el flexómetro

Experimento 3

Para este último experimento, el objetivo era detectar si la hortaliza presentaba frutos en estados maduración, para esta prueba, se utilizó la librería Opencv para detectar frutos de color rojo. Al momento de realizar la detección, el software genera un mensaje de alerta, indicando que ese fruto, se encuentran en condiciones de ser tomado. Esto se puede evidenciar en la figura 6.



Figura 6. Reconocimiento del estado de maduración de una fruta (Tomate).

Para el funcionamiento óptimo del sistema, es muy importante no ubicar la cámara a una distancia menor a la

altura de la planta. La posición de la cámara también influye en el valor de cada pixel, la distancia establecida inicial, determina el valor del pixel de la imagen captada.

IV. CONCLUSIONES

Basados en los resultados obtenidos, se puede demostrar que el sistema de monitoreo y control hidropónico funcionó como se esperaba. Mediante la utilización de las tecnologías integradas se generó un sistema de bajo costo, tecnológico, de acceso abierto para productores de alimentos agrícolas de pocos recursos económicos que quieren llevar un seguimiento del crecimiento de las plantas en cultivos hidropónicos.

Por otro lado, el sistema de monitoreo permite el reconocimiento de frutas en estados de maduración de color rojo. Este software es escalable, ya que le pueden agregar funciones a futuro como el reconocimiento de formas y densidades.

El desarrollo de sistemas de monitoreo y control permite crear cultivos automatizados para el manejo inteligente de las condiciones ambientales, que en muchas ocasiones resulta inmanejables en otro cultivo.

Con el presente proyecto se abren oportunidades para integrar todas las tecnologías emergentes, las cuales pueden ser de gran utilidad para realizar seguimiento y determinar el rendimiento de los invernaderos hidropónicos.

Mediante la utilización de este software, los productores reducirán considerablemente las perdidas en los cultivos por mal manejo, gracias a que al poner en funcionamiento este sistema automatizado se aplican acciones correctivas, cuando una variable este fuera de la condición deseada, se logre mantener el cultivo dentro del estado ideal para el crecimiento óptimo de la planta. Además, permite reducir la cantidad de personal que trabaja en el cultivo.

Como trabajo futuro, se espera que el sistema sea totalmente autónomo al momento de determinar la altura máxima de las plantas que se estén supervisando y además determinar las frutas que estén maduras dentro de la granja.

V. REFERENCIAS

- [1] Fao, "Crecimiento demográfico y crisis alimentaria Colombia," EE.UU, 2016.
- [2] Fao, " Las TIC y la agricultura en el contexto del 'crecimiento verde,'" EE.UU, 2012.
- [3] J. G. Rodríguez Peña and O. Moreno Almazan, "Universidad Nacional Autonoma de Mexico. Revista Electrónica de Psicología," vol. 22, pp. 1-367, 2019.
- [4] L. Acevedo Quintero. Sistema de telemetría para el monitoreo y registro de las variables ambientales de un cultivo hidropónico. Universidad Tecnológica de Pereira.," 5 6 2016. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/11059/7019>. 2016.
- [5] CCB, Camara de Comercio Bogotá, "doi.org," Manual Tomate. Programa de Apoyo Agriola Y Agroindustrial Vicepresidencia De fortalecimiento Empresarial Cámara De comercio de Bogotá , Bogota, 2015.

[6] J. A. Taquia. art — El procesamiento de imágenes y su potencial aplicación en empresas con estrategia digital," Interfaces, pp. 11-30, 2017.

- [7] Siregar, B., Efendi, S., Pranoto, H., Ginting, R., Andayani, U., Fahmi, F. 2018.
- [8] Remote monitoring system for hydroponic planting media. International Conference on ICT for Smart Society, ICISS 2017, 2018-Janua, 1-6. <Https://doi.org/10.1109/ICTSS.2017.8288884>.
- [9] Domingues, D. S., Takahashi, H. W., Camara, C. A. P., Nixdorf, S. L. 2012.
- [10] Automated system developed to control ph and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. Computers and Electronics in Agriculture, 84, 53-61.2017 <Https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.02.006>.
- [11] Chaiwongsai, J. Automatic control and management system for tropical hydroponic cultivation. Proceedings - IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2019-May. <Https://doi.org/10.1109/ISCAS.2019.8702572>.
- [12] Ibayashi, H., Kaneda, Y., Imahara, J., Oishi, N., Kuroda, M., Mineno, H. 2016.
- [13] A reliable wireless control system for tomato hydroponics. Sensors (Switzerland), 16(5). 2015. <Https://doi.org/10.3390/s16050644>. Beltrano, J., Gimenez, O. Cultivo en hidroponia.
- [14] ZAPATA, G. O. Elcolombiano.com. En las terrazas de Medellín ya crecen frutas, hortalizas y peces. Recuperado el 21 de 11 de 2019. <https://www.elcolombiano.com/antioquia/cultivos-hidroponicos- y-acuaponicos- en-medellin-MF8887824>.
- [15] Hydroenvironment. Hydroenvironment. Recuperado el 19 de 11 de 2019. de [hydroenv.com.mx: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?Mainpage=pageid=101](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?Mainpage=pageid=101).
- [16] HIDROENVIRONMENT. Recuperado el 19 de 11 de 2019, de [hydroenv.com.mx: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?Mainpage=pageid=35](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?Mainpage=pageid=35).
- [17] Vasquez, t. H. Síntomas y causas de la deficiencia de calcio. Saltillo, coahuila, mexico. 2007.
- [18] Vinas, R. Para todos. Letras, no. 7.Alf, A. R., Calvi, B. O. Diseño e implementación de una herramienta. Para analizar imágenes extraídas de redes sociales, usando la librería opencv. 2018.
- [19] Lopez-Poveda, E. A.. Las técnicas de análisis de imagen tienen aplicaciones en astronomía, teledetección, y

también en neurociencias. En Universidad de Salamanca. Recuperado 3 Marzo 2018.
de <http://audiolab.usal.es/Documentos/Docencia/Master> Neurociencias.pdf.

- [20] MALACARA, D. OPTICA TRADICIONAL Y MODERNA.2019. Obtenido de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencias/084/htm/optica.htm>.
- [21] Artiaga, F. Base de Datos mysql. 75-85. 2016. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproj/11096/fichero/Memoria252F04+Capítulo+4+Base+de+Datos+mysql.pdf>.
- [22] Izquierdo Juan. ¿Qué es la Hidroponía Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2013. Recuperado de <http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areasconocimiento/cssocial/es/fao/hidroponia.pdf>.
- [23] Mintic. Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones. 2019. Obtenido de mintic: <https://mintic.gov.co/portal/604/w3-article-101767.html?Noredirect=1>.
- [24] Figueroa, d. A. Diseño e implementación de una herramienta computacional. 2019. Obtenido de [http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/169/diseño implementación herramienta](http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/169/diseño%20implementación%20herramienta)
- [25] Sampieri, R. H. Metodología de la investigación 6ta edición. México: mcgrawhill education. Recuperado el 12 de 10 de 2019, de <https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologiadelainvestigacion-robertohernandezsampieri.pdf>.
- [26] Colciencias. Tipología de proyectos calificados como de carácter científico, tecnológico e. Recuperado el 19 de 11 de 2019, de <https://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/anexo3-tipología-proyectos-version41.pdf>.
- [27] Manuel, J., Ortiz-García, J. M. Guía Descriptiva Para La Elaboración De Protocolo De Investigación. 2016.
- [28] Castillo Oswaldo, F. D. Programación Extrema. Obtenido de <http://programacionextrema.tripod.com/index.htm..> Palacios, J. W. 2016.