



Sistema de monitoreo y control de un modelo hidropónico del tipo Nutrient Film Technic NFT, para la producción de hortalizas en ambientes controlados

System of monitoring and control of a hydroponic model of the type Nutrient Film Technic NFT, for the production of vegetables in controlled environments

Edgar Alirio Aguirre Buenaventura¹, Oscar Andrés González Sanchez, Daniel Andrés Vega Castro, Jhon Jairo Monje Carvajal

Recibo: 22.10.2018 Aceptado: 01.04.2019

Aguirre, E., González. O., Vega. Daniel., Monje C. (2019). Sistema de monitoreo y control de un modelo hidropónico del tipo Nutrient FilmTechnic NFT, para la producción de hortalizas en ambientes controlados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1), 29-40.

Resumen

El aumento de población en el mundo afecta diferentes áreas como la seguridad, la vivienda, ocupación de territorio, manejo de basuras y seguridad alimentaria entre varios por lo que se hace necesario modificar las dinámicas de comportamiento en las ciudades, el problema se puede observar desde dos puntos de vista, el primero corresponde a la unión de la seguridad alimentaria y los espacios urbanos reducidos y el segundo desde la implementación e integración tecnológica. El objetivo de esta investigación fue la construcción de un prototipo funcional capaz de monitorear y controlar el sistema de riego de un cultivo por NFT (Nutrient Film Technic) enfocándose en el contexto de casas de interés social, obteniendo como resultado el monitoreo de las variables de temperatura y humedad relativa almacenadas en una plataforma web abierta y el control de flujo del nutriente.

Palabras clave: NFT (Nutrient Film Technic), automatización, monitoreo de riego, cultivo de hortalizas, agricultura urbana, agrónica, IoT, seguridad alimentaria, cultivo hidropónico..

¹Universidad Minuto de Dios; Correo; eaguirre@uniminuto.edu; Colombia

Abstract

The increase in population in the different areas such as security, housing, occupation of land, waste management and food security among several is necessary to change the behavior dynamics in cities, the problem can be observed from two points of view, the first corresponds to the union of food security and reduced urban spaces and the second from the implementation and technological integration. The objective of this research was the construction of a functional prototype capable of monitoring and controlling the irrigation system of a crop by NFT (Nutrient Film Technic) focusing on the context of social interest houses, obtaining as a result the monitoring of the variables of temperature and relative humidity stored in an open web platform and the flow control of the nutrient.

Keywords: *NFT (Nutrient Film Technic), automation, irrigation monitoring, vegetable cultivation, urban agriculture, agronomy, IoT, food security, hydroponics.*

Introducción

Uno de los retos más importantes en este siglo corresponde a la ubicación de la población en las ciudades [1], que aumenta en relación con la población en el campo. Estos crecimientos generan nuevos problemas debido a la alta densificación, según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística-DANE- 2016, actualmente en Bogotá habitan más de siete millones de personas y para el año 2020 serán más de ocho millones de personas[2], lo que repercute en diferentes áreas como la seguridad, la vivienda, ocupación de territorio, manejo de basuras, seguridad alimentaria entre otros.

De esta manera, se evidencia la necesidad de trabajar sobre la seguridad alimentaria [3], en donde los cultivos urbanos pueden permitir la producción diversificada de hortalizas en espacios urbanos.

En la actualidad, los cultivos hidropónicos están creciendo en popularidad [9] [10], y se implementan en diferentes ambientes, el problema se puede observar desde dos puntos de vista, el primero corresponde a la unión de la seguridad alimentaria y los espacios urbanos reducidos y el segundo desde la implementación

e integración de tecnologías, la relación de estos dos puntos implica el uso de herramientas para reducir el impacto negativo de la inseguridad alimentaria al interior de las ciudades.

El aumento de los rendimientos agrícolas se debe en gran medida a la aplicación de tecnologías en los procesos de producción [11], transformación y distribución; primero en los países industrializados y más tarde en la mayoría de los países en desarrollo actualmente con el interés del aprovechamiento de los espacios urbanos [12] [13] desde el punto de vista económico, sumado a la economía de las familias donde en la cadena logística se disminuyen los costos de eliminar intermediarios en el transporte lo cual hace que bajen los precios afectando la canasta familiar de los ciudadanos [14].

La automatización hacia el agro presenta el reto de la adaptación e integración [15] de los requerimientos de espacio, ambiente y necesidades sociales frente a los objetivos de esta, para la mejora del rendimiento productivo [16], con un costo bajo para que puedan ser implementados por comunidades, el objetivo de esta investigación consistió en implementar un prototipo de sistema de monitoreo y control electrónico para un cultivo hidropónico NFT de

hortalizas.

Enfocado en los cultivos urbanos donde se pueden generar alimentos de calidad en pequeños espacios, mejorando así los procesos en la producción, mediante el monitoreo de variables para la toma de decisiones. Desde la revisión literaria se identificaron diferentes aportes [4] [5] que permiten la producción de hortalizas [6] [7] en el entorno urbano por medio del control de variables asociadas con la temperatura, la luminosidad y humedad del cultivo.

En el prototipo se implemento el proceso de control de flujo del fertilizante hacia las plántulas que se sembraron en una configuración de pared vertical, como resultados del monitoreo

se obtuvo un conjunto de datos, así como el respectivo prototipo de producción. Todo lo anterior permitió evidenciar la mejora del proceso. [8]

Modelo de Implementación: El modelo se basa en un sistema de control en lazo cerrado donde a partir del monitoreo de las variables se determina la necesidad de activar el sistema de flujo de nutriente, esto debido a que las raíces debe estar siempre sumergidas, pero debido a la inclinación de la tubería los nutrientes caen y se debe hacer recircular el nutriente por todo el sistema.

El control de nivel del nutriente en la tubería se realizó manteniendo las mangueras de salida por encima del nivel deseado, el esquema

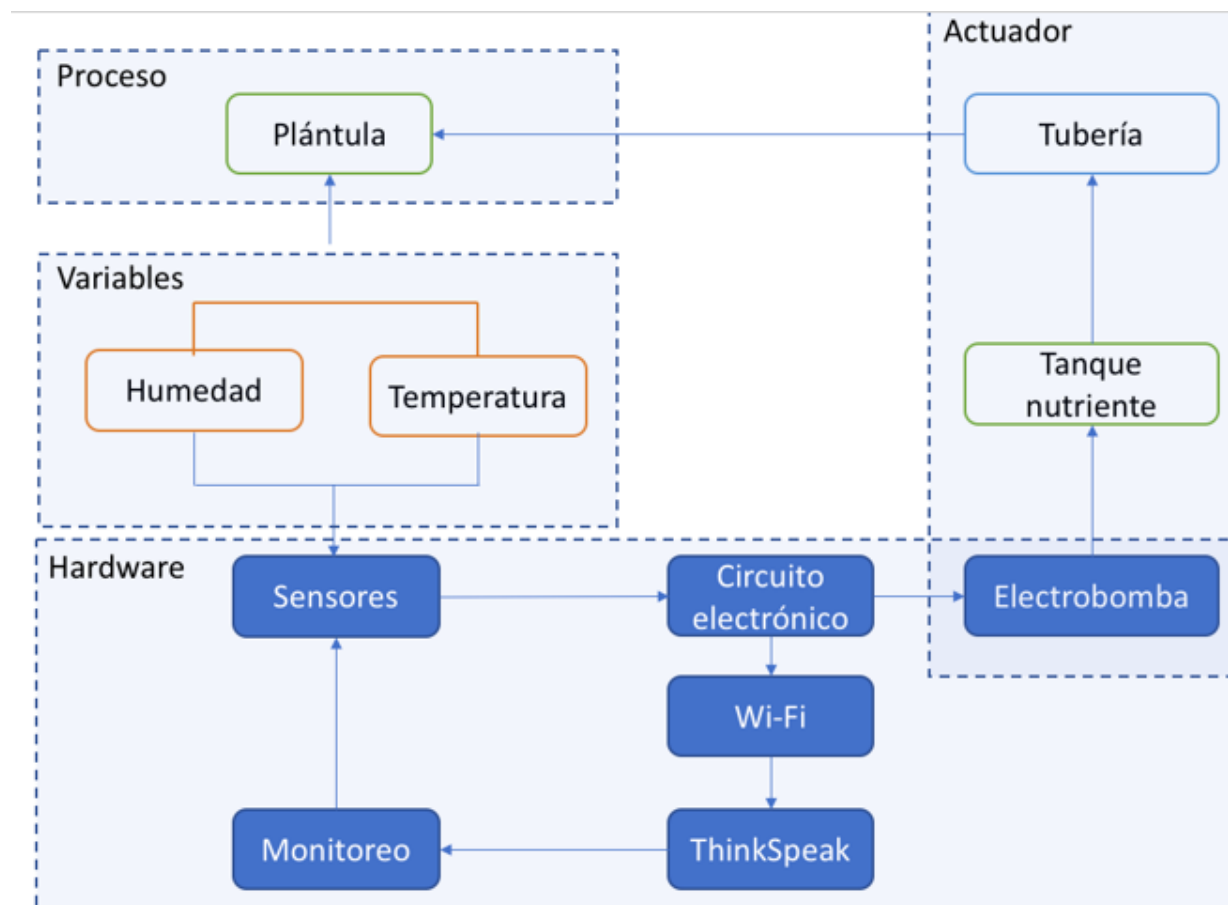


Figura 1. Esquema general del modelo. Elaboración propia

general del sistema se observa en la figura 1.

El modelo depende directamente del tipo de planta por sus condiciones de crecimiento frente al tiempo y el efecto de las variables ambientales y nutricionales o lo que en el bloque de proceso se evaluo diferentes hortalizas para garantizar tiempos de producción bajos para la etapa experimental.

Las variables obtenidas hacen relación a temperatura y humedad relativa del aire, radiación y nivel del tanque del nutriente.

Materiales y Métodos

El desarrollo de la investigación para la construcción del prototipo determino seis fases entre las que se encuentran las variables de medición, el modelo sistema de monitoreo, el sistema de alimentación, el sistema de desarrollo, el cultivo de plántulas, los actuadores y el sistema de comunicación los cuales se describen a continuación.

Determinación de las variables: Fueron seleccionadas acorde a las necesidades del cultivo: temperatura, luminosidad, radiación y fertilización.

Modelo sistema de monitoreo: El modelo del prototipo desde el punto de vista electrónico se desarrolló como un sistema de control en lazo cerrado con un sistema de adquisición de datos y control, para la implementación se seleccionó la tarjeta de desarrollo Arduino con el monitoreo de sensores y transmisión a plataforma web.

Sistema de desarrollo: La tarjeta de desarrollo toma las variables mediante la programación establecida, procesa los datos y los envía a través de comandos AT al módulo Wi-Fi, además de activar la motobomba cuando se hayan cumplido las condiciones para ser activada e irrigar los nutrientes.

Cultivo de plántulas: Se trabajo con lechuga *Lactuca sativa*. Lo anterior debido al desarrollo vegetativo precoz de esta hortaliza, el cual oscila entre los 75 días \pm 15 días, haciéndolo ideal para el monitoreo de variables y la toma de decisiones.

Actuadores: El actuador fue una motobomba, la cual suministra el agua y los nutrientes en disolución. La activación de la bomba fue controlada por un relé, el cual se activa en 1 lógico y se desactiva en 0 lógico.

Comunicación: La adquisición de datos se realizó mediante un módulo Wi-Fi para enviar datos a través de internet para su respectiva visualización en la web.

Implementación: Para verificar el funcionamiento del modelo propuesto se construyó un prototipo para sembrar hortalizas (lechugas). La distancia de siembra empleada fue de 0,30 cm entre plantas en tres líneas de producción de 1,50 m cada una. El total de plántulas sembradas fue de 15. figura 2.

El prototipo del sistema de monitoreo se realizó con el (IDE) de Arduino para el procesamiento de datos y visualización. Este sistema de desarrollo tomo las variables desde los puertos de entrada para procesar los datos y enviarlos a través de un módulo Wi-Fi a una plataforma web, además de activar la motobomba para recircular los nutrientes, en la figura 3 se observa el esquema del circuito electrónico.



Figura 2. Prototipo de trabajo implementado. Elaboración propia.

El sistema de alimentación fue una fuente de 5 voltios a 1 amperio, el sistema de monitoreo se basó en la toma de las variables de temperatura, humedad, luminosidad y medición de nivel de líquido en un tanque que contenía los nutrientes para la hortalizas, este cuenta con un medidor de salinidad con el cual se monitoreo si es apto para la irrigación del cultivo. Todo esto

se complementó con el envío a través de un módulo de Wi-Fi ESP8266 el cual se conecta a un router que permite la comunicación a internet a la página de internet ThingSpeak, en esta se graficaron los datos obtenidos para que desde cualquier dispositivo con acceso a internet se visualizara la información.

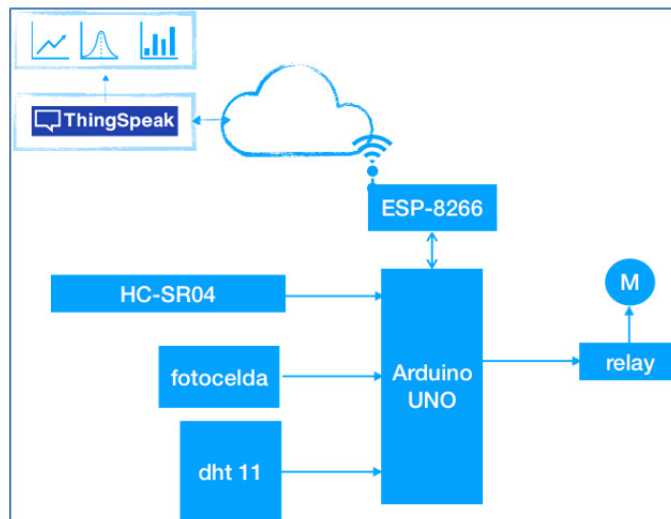


Figura 3. Esquema circuito electrónico. Elaboración propia.

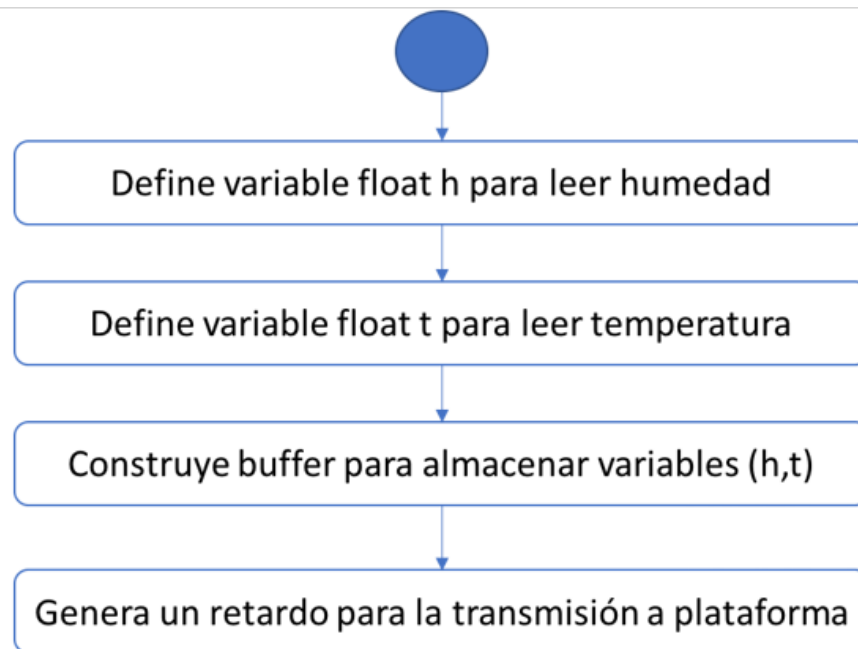


Figura 4 Recolección y envío de datos. Elaboración propia

Para la medición de temperatura se usó el sensor DHT11, el cual es un dispositivo digital que utiliza un sensor capacitivo para la medición de la humedad y un termistor para medir el aire circulante con retardo de 2 segundos y con alimentación entre los 3V a lo 5.5 VDC, la descripción de la definición de variables de medición se encuentra en la figura 4.

Los datos obtenidos del sensor DHT11 que mide temperatura y humedad pueden ser leídos y almacenados mediante la creación de elementos buffer y la función float, la cual maneja un rango de valores que van entre $3.4028235E + 38$ y $-3.4028235E + 38$.

Para este caso puntual, la función float también maneja números con puntos decimales, lo que hace que no sean muy precisos los datos por lo que se usa un string que cumple la función de memoria, buscando el dato almacenado para su aproximación, generando su actualización en un tiempo de espera de 17 segundos. Posterior a esto, la información registrada es subida y almacenada en la web.

Para medir la cantidad de luz se usó una fotocelda con principio resistivo con la variación de luz ambiente, su unidad de medida es en Ω entre menos luz la resistencia tiende a ser muy alta tanto que se llega hasta $1M\Omega$ y con luz el valor de la resistencia puede llegar a $1k\Omega$.

El actuador con el cual se trabajo fue una motobomba que hizo circular los nutrientes a las diferentes plántulas, este se controló por un relé que se activa con un 1 lógico y se desactiva en 0 lógico, la motobomba de inmersión conto con $\frac{1}{2}$ caballo de potencia.

El control del actuador se realizó por medio de la estructura descrita en la figura 5, donde dependiendo de la lectura del sensor de nivel se temporiza ya que este tipo de cultivo requiere una irrigación de al menos 6 veces por día con un tiempo estimado de 1 minuto de encendido la motobomba.

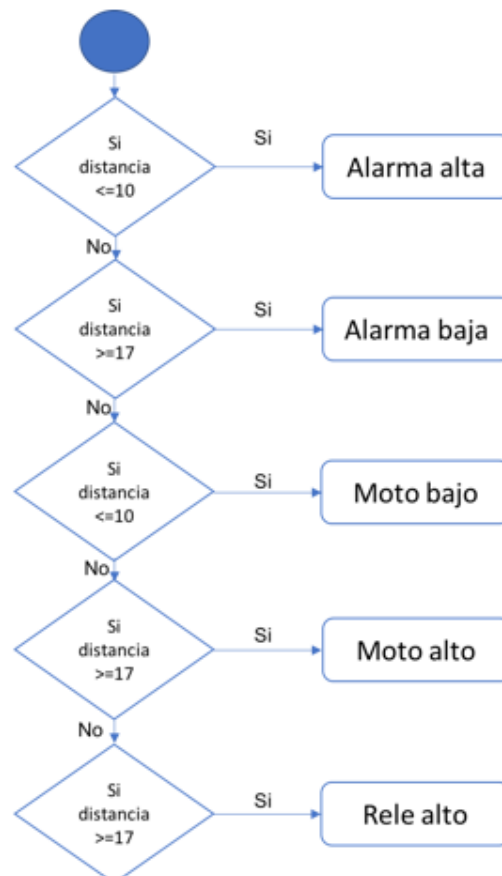


Figura 5. Control del actuador.. Elaboración propia.

Discusión

Los datos recogidos por la plataforma de hardware fueron transmitidos al sitio de ThingSpeak en las figuras 6, 7 y 8.

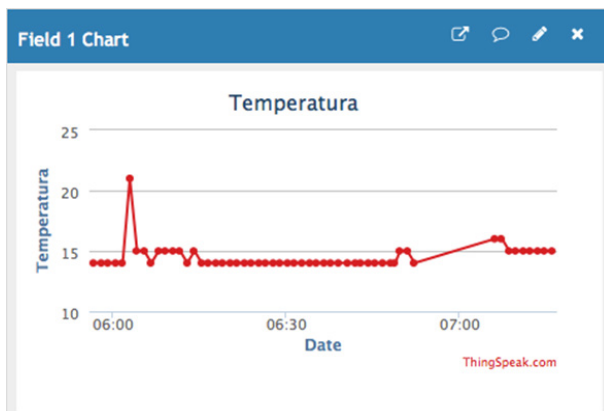


Ilustración 1. Graficas de temperatura con tamaño de muestra de 350.

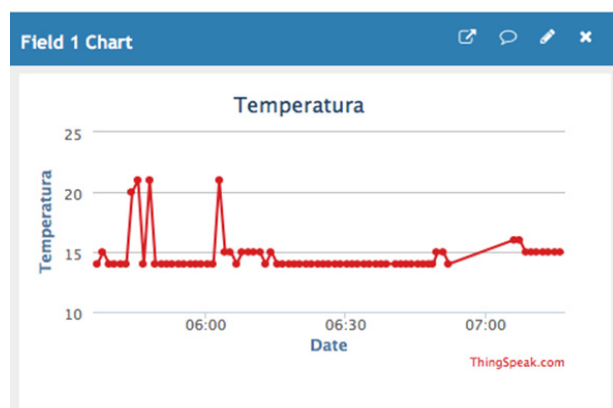


Ilustración 2. Ilustración 1. Graficas de temperatura con tamaño de muestra de 400.

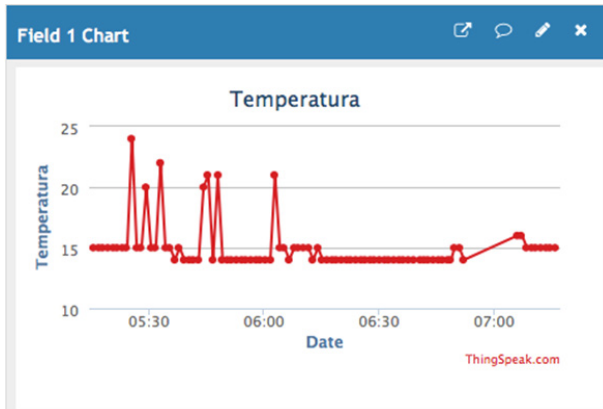


Ilustración 3. Ilustración 1. Graficas de temperatura con tamaño de muestra de 450.

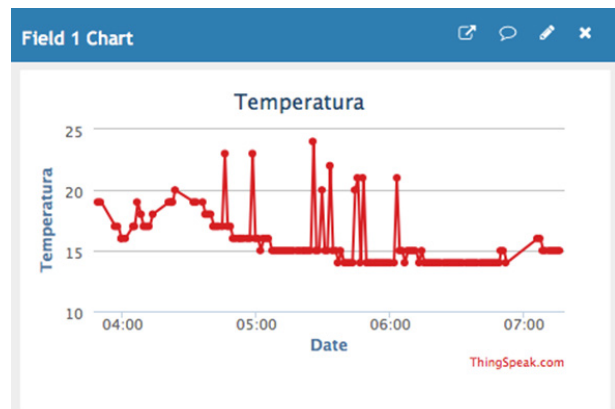


Ilustración 4. Ilustración 1. Graficas de temperatura con tamaño de muestra de 600.

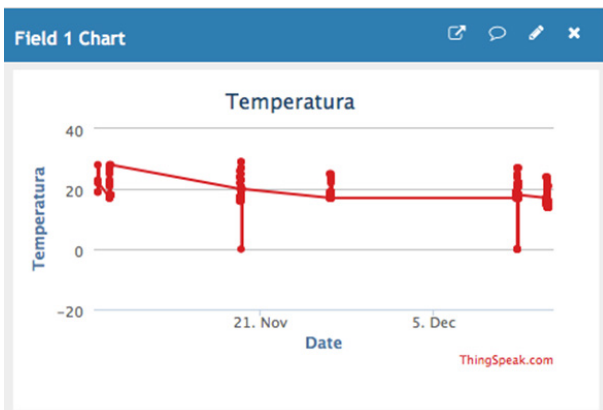


Ilustración 5. Ilustración 6. Graficas de temperatura con tamaño de muestra de 2000.

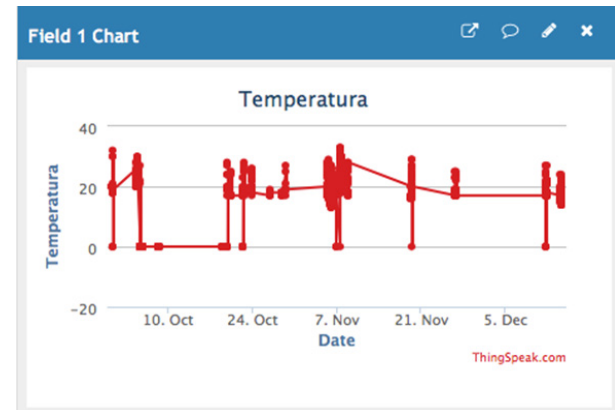


Ilustración 7. Ilustración 1. Graficas de temperatura con tamaño de muestra de 8000.

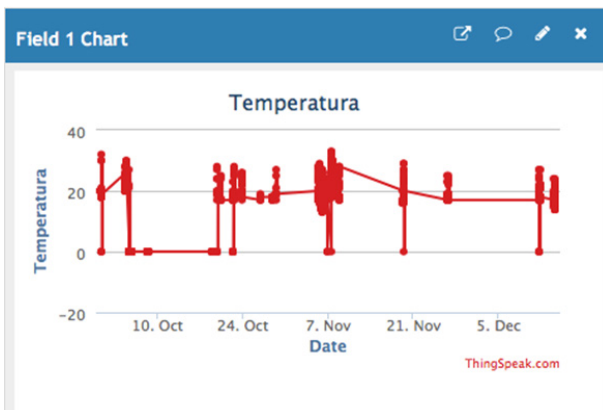


Ilustración 8. Ilustración 1. Graficas de temperatura con tamaño de muestra de 20000.

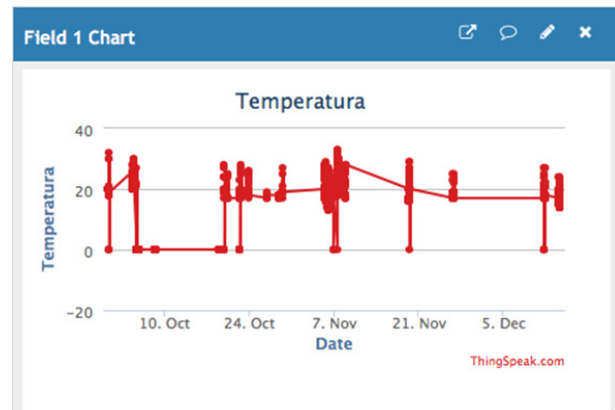


Ilustración 9. Ilustración 1. Graficas de temperatura con tamaño de muestra de 200000.

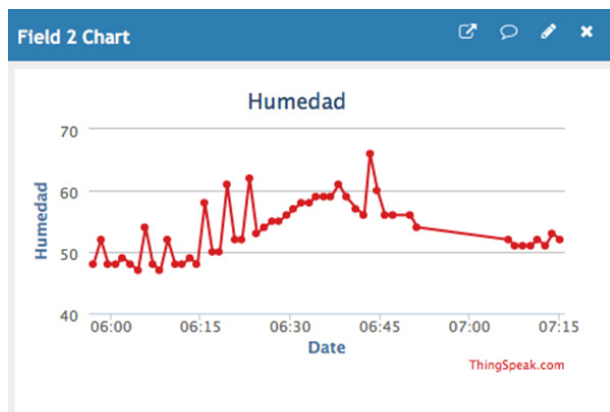


Ilustración 10. Grafica de humedad con tamaño de muestra de 350.

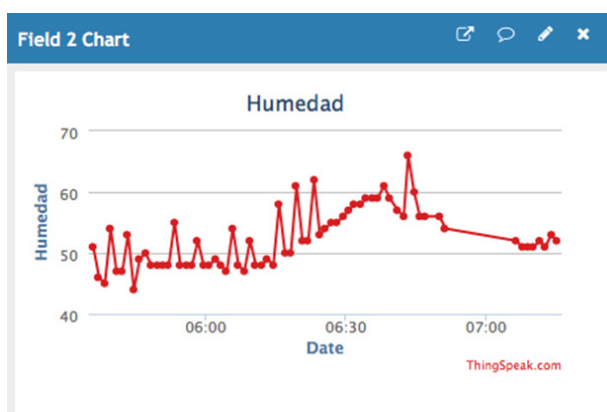


Ilustración 11. Grafica de humedad con tamaño de muestra de 400.

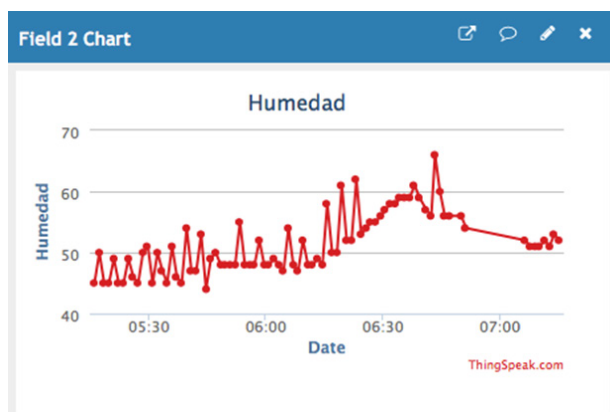


Ilustración 12. Grafica de humedad con tamaño de muestra de 450.

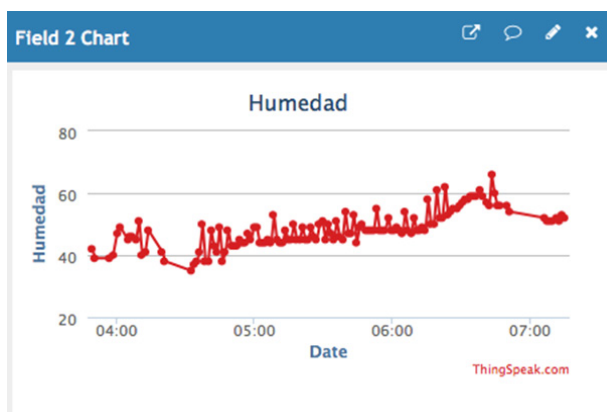


Ilustración 13. Grafica de humedad con tamaño de muestra de 600.

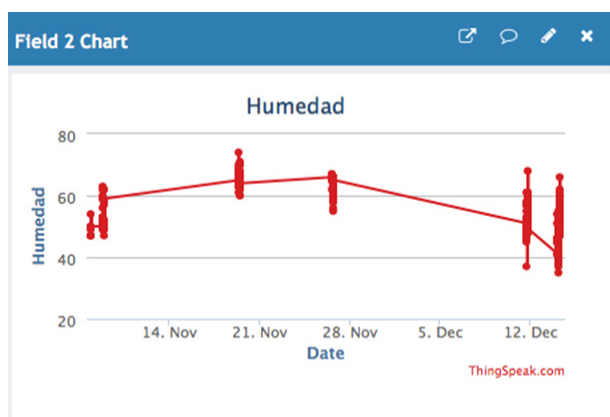


Ilustración 14. Grafica de humedad con tamaño de muestra de 2000.

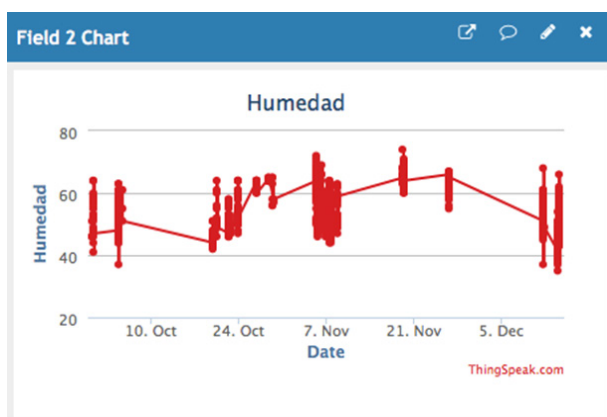


Ilustración 15. Grafica de humedad con tamaño de muestra de 8000.

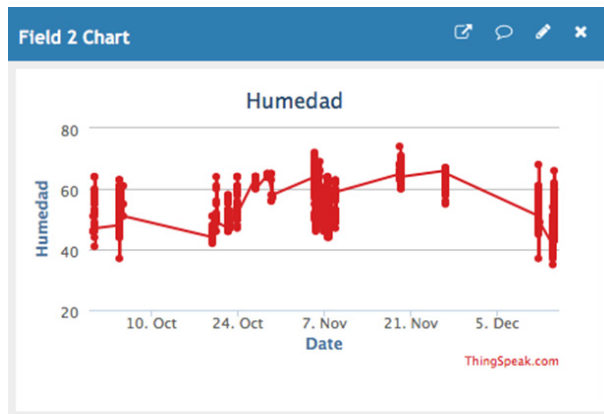


Ilustración 16. Grafica de humedad con tamaño de muestra de 20000.

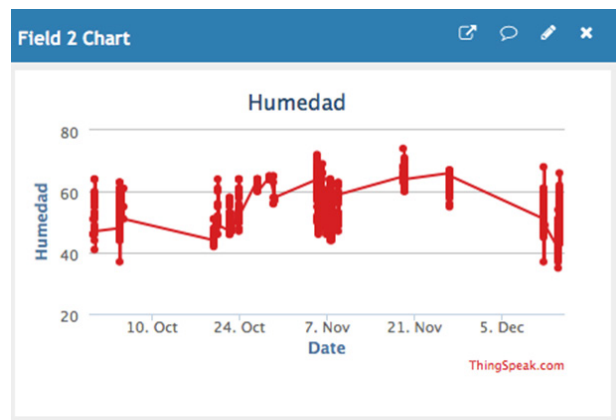


Ilustración 17. Grafica de humedad con tamaño de muestra de 200000.

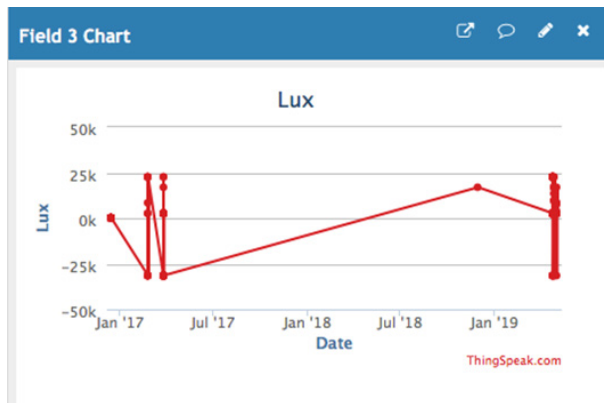


Ilustración 18. Grafica lux con tamaño de muestra de 350.

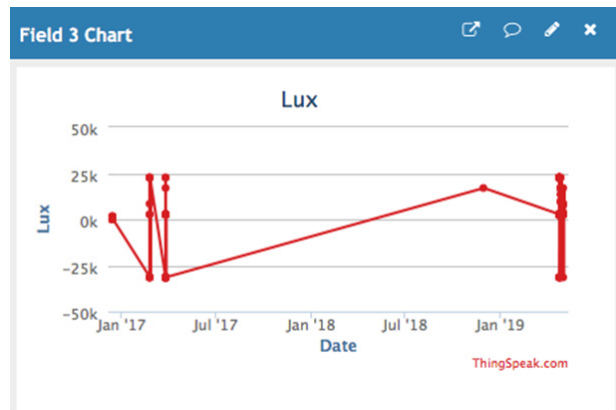


Ilustración 19. Grafica lux con tamaño de muestra de 400

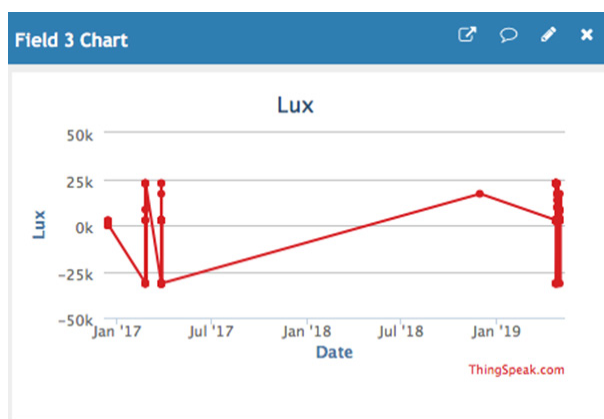


Ilustración 20. Grafica lux con tamaño de muestra de 450

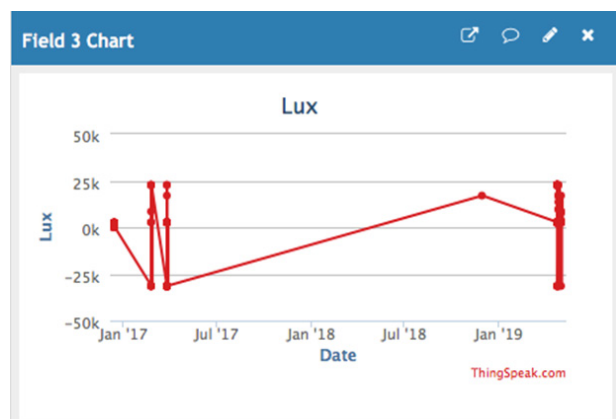


Ilustración 21. Grafica lux con tamaño de muestra de 600.

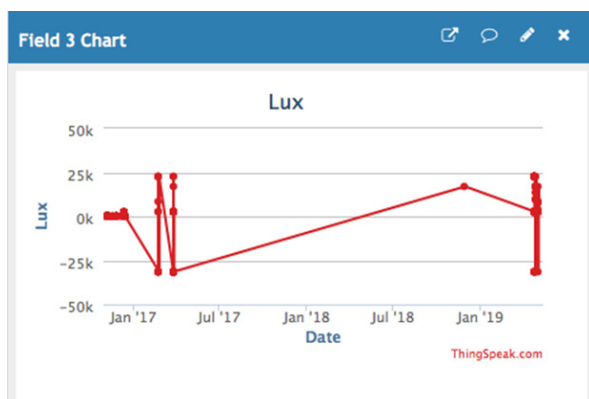


Ilustración 22. Grafica lux con tamaño de muestra de 2000.

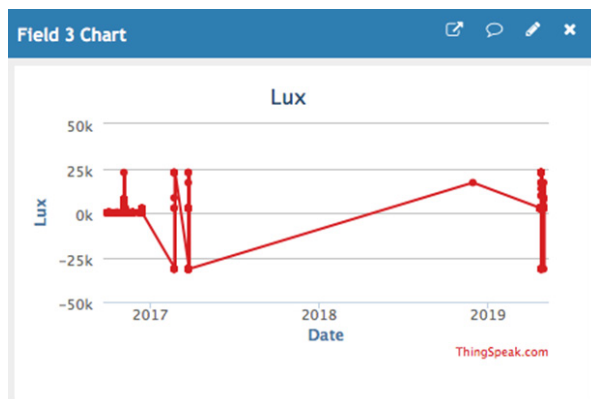


Ilustración 23. Grafica lux con tamaño de muestra de 8000.

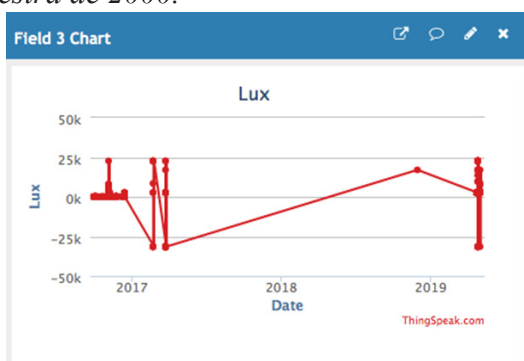


Ilustración 24. Grafica lux con tamaño de muestra de 20000.

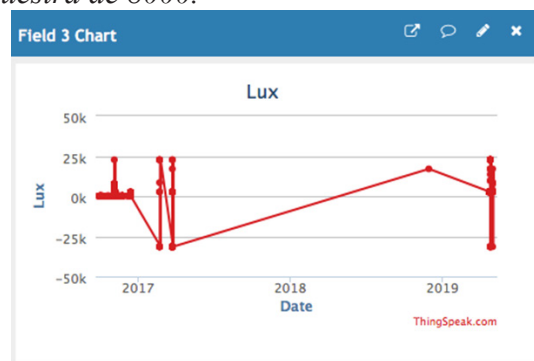


Ilustración 25. Grafica lux con tamaño de muestra de 2000000.

Frente al comportamiento de datos se observa la variabilidad de temperatura y humedad que indica la necesidad de otra fase para realizar un control de temperatura y control de luminosidad, el proyecto logró realizar el control de flujo del nutriente y la transmisión de datos

En los resultados se observa que entre el millón de muestras y las diez mil no hay diferencia, pero hay un gran cambio entre las muestras cinco mil y las mil muestras y aún más cuando se recurre a un número más pequeño de estas, lo anterior se debe a que la página web donde se reciben los datos no muestra la diferencia entre los días que se tomaron los datos (10 Oct-7 Nov).

Es importante mencionar que no se cuantificó la producción, pues lo que se buscaba era evaluar el modelo de monitoreo, y evaluar la variables relacionadas con el tema de automatización y

el uso de nutrientes de forma controlada desde el modelo; que al final muestra la producción bajo este modelo automatizado, en donde el uso de tecnología electrónica es el que genera datos para el uso controlado de nutrientes y recirculación de líquidos, que puede ayudar a tomar decisiones importantes al escalar en tamaño productivo, determinaciones como como en el tipo de manejo; porque nos permite verificar el comportamiento de los nutrientes sin importar su origen.

También se pudo verificar, que este tipo de tecnología de monitoreo puede ser importante al momento de evaluar el comportamiento de la planta frente al uso de uno o más nutrientes de forma específica, pues al tener diferentes repeticiones con diferentes modelos nutritivos, se comparan en términos de eficiencia, tanto en lo económico como en lo productivo si se quiere.

Conclusiones

Los modelos automatizados de producción de hortalizas son pertinentes en los contextos urbanos, ya que permite la obtención de alimentos de calidad al interior de las ciudades, en donde el tiempo y la agilización de los procesos son determinantes para el éxito de los programas de seguridad alimentaria.

El monitoreo de las variables físicas en los cultivos, permite en gran medida sortear los posibles impases que repercuten en la producción de hortalizas, lo anterior mediante la toma de decisiones soportada en los datos monitoreados y cargados en la web.

Es de resaltar que la nutrición vegetal es de suma importancia, y para el caso de los sistemas hidropónicos la concentración de las sales y la re-circulación de los nutrientes repercute de forma directa en la producción de lechuga.

Referencias

- C. L. Mollinedo, Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI, Economía, Sociedad y Territorio, 2006.
- DANE, Proyecciones de población 2005-2020, Bogotá, 2007.
- A. P. P. García, Tratamiento de los temas soberanía y seguridad alimentarias en medios de comunicación hegemónicos y alternativos, Estudios sociales, vol. 28, nº 51, 2018.
- U. N. D. Colombia, Proyecto educativo ingeniería agrícola, Bogotá, 2014.
- M. Cañadas, Recirculación de las soluciones nutritivas: manejo y control microbiológico, 23 5 2018. Available: http://www.infoagro.com/abonos/docs/recirculacion_nutritiva3.htm. [Último acceso: 2018].
- S. A. I. Sanchez, Automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos, 2013.
- L. Castagar, Producción de lechuga hidropónica, 2017.
- N. Núñez, Hidroponía: cultivar sin tierra alimentará al planeta en el futuro, 2017.
- L. H. Montoya Lara, Automatización de un contenedor de carga para el control de clima e iluminación de cultivos hidropónicos.
- R. E. Pertierra Lazo, Análisis comparativo de costos de inversión de sistemas hidropónicos., 2018.
- A. P, Seguridad alimentaria, tecnología y nutrición,» Revista Agroalimentario, 1999.
- E. M. Reyes, El desarrollo de la agricultura orgánica urbana en los espacios acompañantes de la vivienda: una alternativa viable, Sathiri: Sembrador, 2018.
- A. L. Medina L'hoist y P. Gutiérrez, La relevancia de la conectividad rural-urbana para el desarrollo territorial: el caso del corredor industrial de Guanajuato, 2018.
- D. O. Castaño, La inflación, una variable que afecta el día a día, 2014.
- S. Naya, Nuevo paradigma de big data en la era de la industria 4.0,» Revista electrónica de terapia ocupacional Galicia, vol. 2715, 2018.
- G. González, Automatización de una planta industrial de alimentación mediante control distribuido, Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, 2018.