

Monitoreo de un sistema hidropónico NFT a escala usando arquitectura arduino (PARTE 1)

Monitoring of a NFT-scale hydroponic system using arduino architecture (PART 1)

Víctor Urdiales-Ponce¹, Joel Espín-Ortega²

Fecha de recepción: 1 de agosto de 2017
Fecha de aprobación: 12 de noviembre de 2017

Urdiales-Ponce, V; Espín-Ortega, J. Monitoreo de un sistema hidropónico NFT a escala usando arquitectura arduino (PARTE 1). *Tecnología en Marcha*. Vol. 31-2. Abril-Junio 2018. Pág 147-158.

DOI: 10.18845/tm.v31i2.3632



- 1 Profesor Universidad Ecotec. Ecuador. Docente de la Facultad de sistemas y telecomunicaciones. Magister en Gerencia Educativa y Educación Superior. Ingeniero en Electricidad. Gerente de proyectos de la Empresa HOME SOLUTIONS ECUADOR. Correo electrónico: furdiales@ecotec.edu.ec
- 2 Estudiante Universidad Ecotec, Ecuador. Facultad de sistemas y Telecomunicaciones. Correo electrónico: jowel.e.e.o@gmail.com

Palabras clave

ARDUINO; sensores; monitoreo; cultivo hidropónico.

Resumen

Se presenta una alternativa de monitoreo de variables dentro de un sembrío <<temperatura y pH>> para esto se hizo a escala una plantación hidropónica de bajo costo la cual sirvió de prototipo de estudio, se usó tarjetas de programación ARDUINO para adquisición de datos, con el propósito de monitorear el comportamiento de las variables anteriormente mencionadas. La información adquirida proviene de sensores, los mismo que generan señales las cuales van hacia las entradas de la tarjeta arduino.

El diseño se fundamenta en un sistema de monitoreo, el mismo que utiliza un código desarrollado en plataforma arduino, para las mediciones tomadas de los sensores de temperatura y pH, que son desplegada en una pantalla led para el monitoreo de las condiciones existentes en el cultivo.

Keywords

ARDUINO; sensors; monitoring; hydroponic cultivate.

Abstract

This is why an alternative for the monitoring of essential variables within a field (temperature and pH) is presented. For this, a low-cost hydroponic plantation was used, which served as a prototype of the study, using ARDUINO programming cards for acquisition Of data, in order to monitor the behavior of the variables mentioned above. The information acquired comes from sensors, which generate signals that go to the inputs of the Arduino card.

The design is based on a monitoring system, which uses a code developed in Arduino platform, which reads measurements taken from temperature and pH sensors, which are displayed on a led screen to monitor existing conditions In the cultivate.

Introducción

El uso de la tecnología en la agricultura es inminente de acuerdo a los expresado por [1], la incorporación de la tecnología cada vez cobra mayor relevancia, por lo tanto, es pertinente el uso de este conjunto de técnicas, como lo expresa [2], donde recomienda el uso de métodos exactos y eficientes de monitoreo y medición de las variaciones que pueden darse en cada una de las propiedades del suelo de un cultivo por medio de sensores

Está claro que la hidroponía permite una oportunidad de producción barata de alimento, pero para que se tenga éxito en este tipo de sistemas es necesario tener un control y seguimiento continuo, que permita la verificación de las cuantificaciones involucradas en la producción.

El presente artículo detalla un kit tecnológico de bajo costo con dispositivos disponibles en el mercado ecuatoriano, examina el uso de sensores comerciales para la toma de datos, y la presentación de información en una pantalla LCD genérica y el desarrollo de software para la interpretación de datos.

Tendencias de sembrado

Urge producir cada vez más alimento, especialmente hortalizas, sobre todo en zonas con una alta densidad poblacional, pero su desarrollo está obstaculizado por el rápido crecimiento de la ciudad, ya que los suelos son utilizados para la creación de proyectos de vivienda o de industrias, ante esta situación existe cada vez menos suelo cultivable, agua saneada para el riego, es por eso que las técnicas hidropónicas de cultivo pueden ser consideradas una alternativa ante esta problemática.

De acuerdo a [3] la hidroponía viene del griego “HIDRO” = AGUA y “PONOS” = TRABAJO, significa “EL TRABAJO EN AGUA” se concluye que la hidroponía son sistemas de cultivo basados en agua, o un sentido más extenso cultivo sin suelo.

Según [3] la hidroponía “es un sistema aislado del suelo, que se ajusta al cultivo de una amplia gama de plantas, el crecimiento de las mismas es posible gracias al suministro de las soluciones nutritivas a través del agua, el recurso hídrico puede ser reutilizado varias veces por medio de un sistema de retroalimentación”. De acuerdo a [4] un sistema NFT es un cultivo de planta de raíz desnuda, es una técnica de sembrado que utiliza poco espacio, se basa en la circulación continua de solución nutritiva a través de las raíces, la misma que será mezclada con agua y circulará por canales o tubos de PVC, llamados canales de cultivo, es importante recalcar que es posible usar materiales reciclados, generando una disminución de la inversión inicial como se observa en la figura 1.

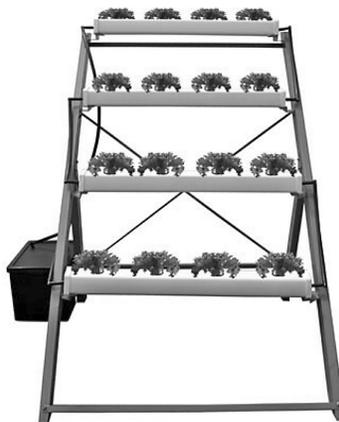


Figura 1. Cultivo hidropónico NFT³

En cada tubo hay orificios de forma circular donde se colocarán canastillas donde se colocan las plantas, para fijarlas se usan esponjas, los canales están sujetos a una mesa y con una ligera inclinación o desnivel que a su vez proporciona la circulación de la solución nutritiva.

La solución nutritiva es almacenada en un recipiente o tanque, la capacidad depende de los litros de solución nutritiva, una bomba será la encargada de la circulación del líquido nutritivo por el canal de cultivo, la recirculación mantiene a las raíces en contacto con la solución

3 Fuente: http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=102

nutritiva, generando la oxigenación correcta de las raíces y un abastecimiento apropiado de nutrientes minerales para el desarrollo de las plantas, generando un menor gasto de energía en sus procesos metabólicos.

Condiciones ambientales para favorecer el desarrollo de la planta

Según [5] la temperatura óptima para el desarrollo de la planta está entre los 15 y los 25 °C, llegando a soportar en situaciones máximas de 26 °C y mínimas de 7 °C, la temperatura es una variable que afecta el desarrollo de la planta. También se debe tener cuidado en la humedad en la que se encuentre se recomienda entre el 70 – 80%, si es menor al intervalo señalado la planta se deshidrata y si es mayor a este rango provocará la aparición de hongos. En el cuadro 1 se muestra las condiciones óptimas para el desarrollo de la planta

Cuadro 1. Condiciones óptimas para el desarrollo de la planta.

Lechuga	Clima	pH	Temperatura	Época de siembra	Distancia mínima entre plantas	Ciclo vegetal
Lechuga	Templado	5,0 - 5,5	16 a 22 C	Todo el año	30 a 35 cm	90-100 días
Espinaca	Templado	6,0 - 7,0	16 a 18 C	Todo el año	10 - 12 cm	45 días
Acelga	Templado	6,5 - 7,5	15 a 18 C	Todo el año	25 cm	65 días

Fuente: Elaboración propia.

Calidad del Agua en Hidroponía

Dentro de las características físicas que afectan a la solución nutritiva están los materiales en suspensión (turbidez), en el caso de los sistemas hidropónicos la acumulación de materiales en combinación con la solución nutritiva genera un aumento de salinidad y/o pH, desestabilizando los cultivos produciendo en escenarios extremos la muerte de la planta, se recomienda el uso de filtros que permitan la eliminación de exceso de estos sedimentos, según [6]

Las características químicas son las causantes de la mayor cantidad de problemas en un cultivo hidropónico, si estas no son controladas, pueden generar hasta la muerte de la planta, según [6] el rango de pH en el cual los nutrientes se encuentran disponibles ocurre entre 5,5 y 7,5.

Si esta variante se encuentra en el rango apropiado, permite la asimilación correcta de los nutrientes, caso contrario se intoxicarían, teniendo una planta enferma o casos extremos la muerte de la misma.

Gracias a la medición del pH es posible medir el grado de contaminación de una solución, determinar el estado en el que se encuentran los elementos de una solución nutritiva en un cultivo hidropónico. El pH está directamente relacionado con la solución nutritiva, es decir que el debido control de este indicador permite la correcta absorción de los elementos (nutrientes), evitando el deterioro del cultivo, es necesario resaltar que una planta se alimenta desde la raíz, donde se hace la absorción de los elementos necesarios para su desarrollo, y estos a su vez son conducidos hasta las hojas en donde son digeridos, este proceso es afectado cuando se tiene un pH no idóneo, trayendo como consecuencia el desgaste o deterioro de la planta,

Diseño del sistema de adquisición de datos

El diseño de sistema encargado del monitoreo del cultivo hidropónico, está formado por salidas/entradas, para esto se ha seleccionado una tarjeta programable basada en la plataforma

ARDUINO la misma que se muestra en la figura 2, de acuerdo a [7] el ARDUINO es una placa hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable que permiten conectar allí de forma muy sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores

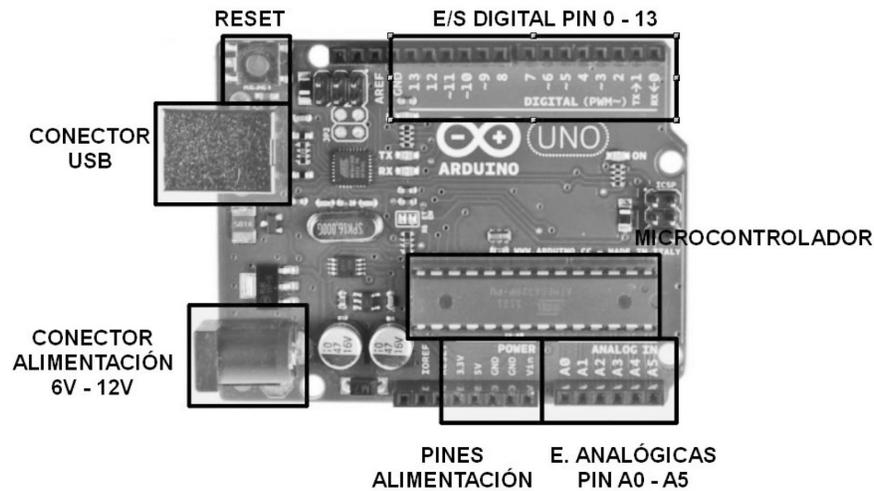


Figura 2. Tarjeta ARDUINO.

El ARDUINO uno utiliza el microcontrolador ATmega328, viene con un conector USB que permite conectarse con la computadora, por donde se hace la transferencia del código, es una plataforma computacional open-source la cual tienen entradas-salidas (digitales y analógicas) para la recepción de señales provenientes de los sensores. Integra su propio entorno de desarrollo figura 4, para la programación del microcontrolador, la compilación y el envío del código hacia el microchip.

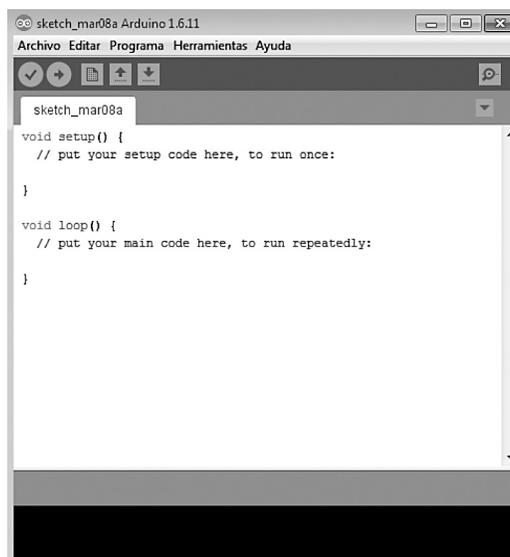


Figura 3. Entorno de desarrollo de ARDUINO

Para el diseño se considera el uso de dos botones momentáneos (encendido/apagado) tal como se muestra en la figura 4, se usa este modelo de botón ya que el mismo rebota por sí mismo después de que se suelta, emite una señal *ALTA* cuando se presiona, y *BAJA* cuando se suelta por el pin SIG. Se usa para el encendido y apagado de la bomba <<actuador>>

El código de la programación del encendido y apagado se encuentra el siguiente link: <https://drive.google.com/file/d/0BwVf37WsbKGoeERSZDdqVXMwZHc/view?usp=sharing>



Figura 4. Botonera Grove de Seeed.

El base Shield figura 5 sirve como tarjeta de expansión, se usa como interface entre el arduino y los módulos (Botones, pantallas LCD, Relés), tiene 16 enchufes, los cuales están distribuidas en tres áreas: 8 puertos digitales, 4 puertos análogos y 4 puertos I2C, los módulos se comunican usando diferentes protocolos de comunicación. En cada enchufe de la base Shield se conectan los módulos, los mismos que tiene 4 pines, VCC, GND, y dos pines que pueden ser entradas/salidas análogas o digitales, esta es compatible con el arduino UNO, el número de pines entre la placa ARDUINO y la BASE SHIELD es igual, adicionalmente tiene dos pines el SDA y SCL los cuales nos permite el uso de los cuatro puertos I2C.

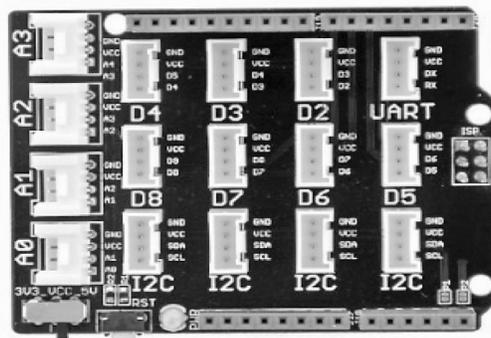


Figura 5. Base de expansión Grove de Seeed.

Para el despliegue de información se usa una pantalla LCD figura 6, este módulo permite mostrar una luz monocromática al fondo la misma que puede ser configurada (verde, roja, azul, blanca), usa el protocolo I2C como método de comunicación con el ARDUINO, reduciendo el número de pines para el intercambio de datos de 10 a 2, ahorrando las entradas y salidas para otras tareas, para la programación es necesario descargarse las librerías, que permite caracteres definidos por el usuario.



Figura 6. Pantalla LCD RGB Grove de Seeed

Para el control del paso de corriente hacia actuadores (bombas) se usa un relé figura 7 el mismo que está conectado al arduino por medio de la base Shield, se activa con 5 V, permite el control de líneas de tensión de 110/220 V. en AC y 15/7 amperios respectivamente. Tienen como propósito dentro del diseño el encendido y apagado de los actuadores.



Figura 7. Relé Grove de Seeed

Según [8] un sensor es un convertidor técnico, que convierte una variable física (por ejemplo, temperatura, distancia, presión) en otra variable diferente, más fácil de evaluar (generalmente una señal eléctrica)

Los sensores seleccionados son compatibles con el protocolo de comunicación y con la alimentación, tienen rangos de medición y precisión aceptables, durabilidad y fiabilidad.

Sensor de PH

De acuerdo a [9], [11]- [13], el uso de sensores clave para el monitoreo, es por eso que una de las variables a ser controladas es el pH del agua, para dicho control se usa el sensor de pH que se muestra en la figura 8, de la empresa *dfrobot*, medidor de bajo costo, y compatible con la placa arduino, hay que resaltar la forma de conexión, conveniente y práctico, con un margen de error $\pm 0,1$ si se trabaja a una temperatura de 25°C , estas características precisión y bajo costo hace que este sensor sea la mejor opción. Cuenta con un led que funciona como indicador del encendido, un conector y una interface de sensor de BNC, para su funcionamiento, se conecta el sensor con el conector BND, y esta interface se conecta a la entrada analógica de la placa ARDUINO, clave para el monitoreo de la calidad del agua, se advierte que este componente no debe estar totalmente sumergido en el agua.

El link del código para la obtención de información del pH se encuentra en el siguiente link:
<https://drive.google.com/file/d/0BwVf37WsbKGoNXIxNEtRbHRRT1E/view?usp=sharing>



Figura 8. Sensor de PH de dfrobot.

Sensor de Temperatura

Otras de las variables a controlar en el sistema hidropónico es la temperatura, es por eso que se eligió el sensor DS18B20 mostrado en la figura 9 (sumergible) un termómetro digital de muy buena precisión, tiene un rango de operación que va desde los -50 y 125 grados Celsius, usa de 9 a 12 bits por cada grado, con márgenes de error del $\pm 0,5$ grados, con un precio muy económico, de fácil funcionamiento, oportuno en proyectos donde se requieran mediciones confiables y precisas.



Figura 9. Sensor de temperatura DS18B20.

Se comunica de forma digital, cuenta con tres terminales, dos de alimentación y un pin de data, por medio de la tarjeta arduino se puede leer las temperaturas que registra el sensor, usa un protocolo de comunicación de una vía, la librería OneWire, permite el envío y recepción datos utilizando un cable, para resolver este problema al momento de conectarlo con la plataforma ARDUINO se usa las librerías Dallas Temperature y el OneWire

El código para el monitoreo de la temperatura se encuentra en el siguiente link: <https://drive.google.com/file/d/0BwVf37WsbKGoM253NE53WHZGaTg/view?usp=sharing>

Actuadores

Según [10], [14], y [15], los actuadores igual que los sensores deben tener compatibilidad con el tipo de comunicación que ofrece el arduino, en caso de los actuadores no maniobrables desde

la placa deben alimentarse con una fuente externa, y controlarse su apagada y encendido mediante relés, además tener una vida útil elevada, capacidad de funcionamiento de 24 horas al día, que tengan la capacidad de soportar ambientes húmedos o mojados. Es por eso que se optó con la utilización de una bomba la cual permite que el flujo de agua sea transportado de un lugar a otro ideal para cultivos hidropónicos. <<jardines, invernaderos, muros, entre otros>>

Funcionamiento

Sistema de monitoreo (Descripción del circuito electrónico)

Para el funcionamiento se utiliza una tarjeta ARDUINO, la misma que integra su propio IDE (Interfaz de desarrollo) para la programación del microcontrolador, la compilación y la transferencia del código hacia el microchip.

La labor del ARDUINO es solicitarle a cada sensor el valor de PH del agua que supervisa, luego dependiendo del PH promedio obtenida en un tiempo determinado, la rutina programada desplegará la información a través de una pantalla LCD, si el PH obtenido no está dentro del rango recomendado para el cultivo se emite un aviso de alarma en la pantalla LCD y detendrá el flujo del agua, esto sirve para que el dueño del cultivo pueda monitorear lo que está sucediendo, esta medida busca proteger el cultivo ya que la falta de control del PH podría originar hasta la pérdida de la plantación. Para el encendido y apagado de la bomba se usa un sistema de relés los mismo que están condicionados al programa desarrollado.

Otra labor del ARDUINO es tomar valores de temperatura, los datos obtenidos en este sensor se procesan en la tarjeta, los mismos que de acuerdo a los rangos recomendados donde sugiere una temperatura que oscile entre los 16 y 25 °C para el óptimo desarrollo de la planta, ante una situación adversa a este escenario, se emite un aviso de alarma en el LCD indicando a la persona encargada de monitorear las condiciones presentadas.

Los materiales utilizados para la visualización de los datos son una pantalla LCD la cual recibe la información del ARDUINO usando protocolo I2C. El código final se encuentra en el siguiente link: <https://drive.google.com/file/d/0BwVf37WsbKGoSGJpWUhMUGE4Ymc/view?usp=sharing>

La Algorítmica

Se busca que la programación del sistema responda ante las señales que se obtienen de los sensores de pH y temperatura, la tarjeta ARDUINO es programada para que detecte que las variables trabajen en los intervalos óptimos ($5,5 \leq \text{pH} \leq 7,5$ y $16^{\circ}\text{C} \leq T \leq 25^{\circ}\text{C}$) para el buen desarrollo de la planta, de esta forma la persona encargada en cuidar el cultivo podrá monitorear los datos generados por el sistema en la pantalla LCD, si no cumple con condiciones dadas automáticamente despliega en la pantalla LCD una señal de alarma.

En la figura 10, se muestra el diagrama de flujo del sistema hidropónico.

Resultados esperados

Después de someter a los sensores a distintas pruebas se observa que los mismo trabajan correctamente de acuerdo a la figura 11, ya que detectan correctamente los rangos de condiciones óptimas de sembrado, los mismos que son mostrados en el visor del programa desarrollado para el monitoreo. También se muestra e la información cuando la temperatura no está dentro del rango de condiciones óptimas.

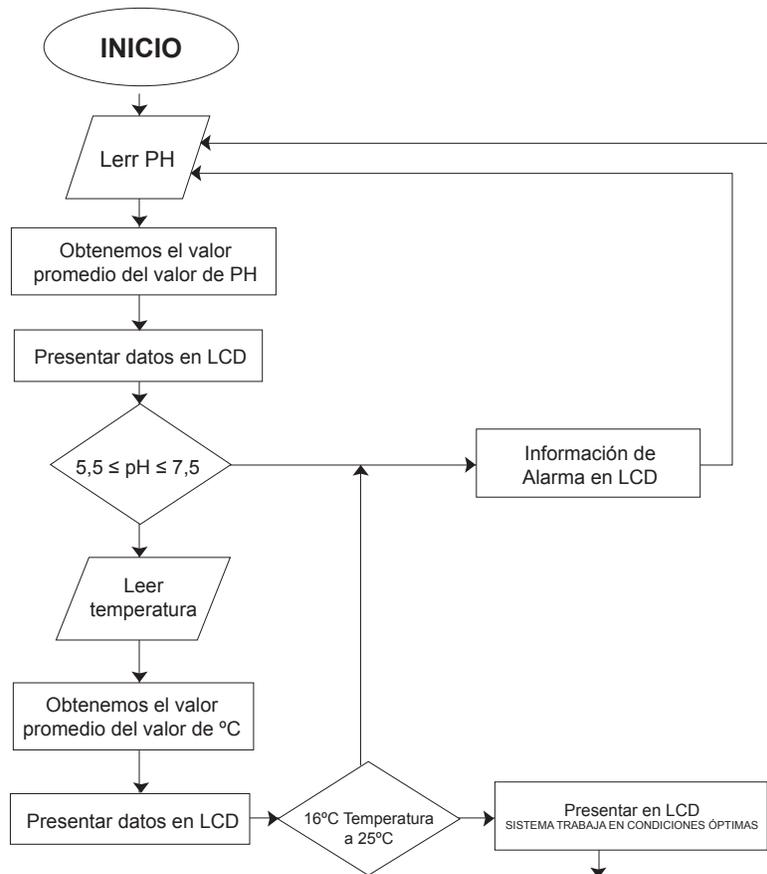


Figura 10. Rutina del sistema de cultivo hidropónico.

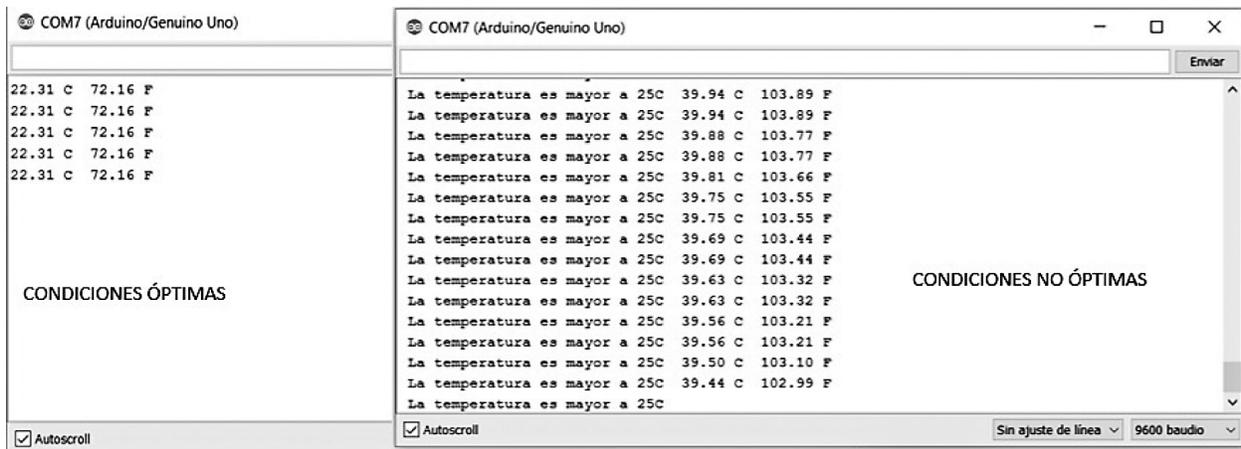


Figura 11. Visualización de la temperatura en condiciones óptimas y no óptimas.

De la misma manera procedemos con la medición del PH figura 12, la misma que es probada en el rango de condiciones óptimas entre 5,5 y 7,5, mostrando los valores obtenidos del sensor en condiciones óptimas y no óptimas.

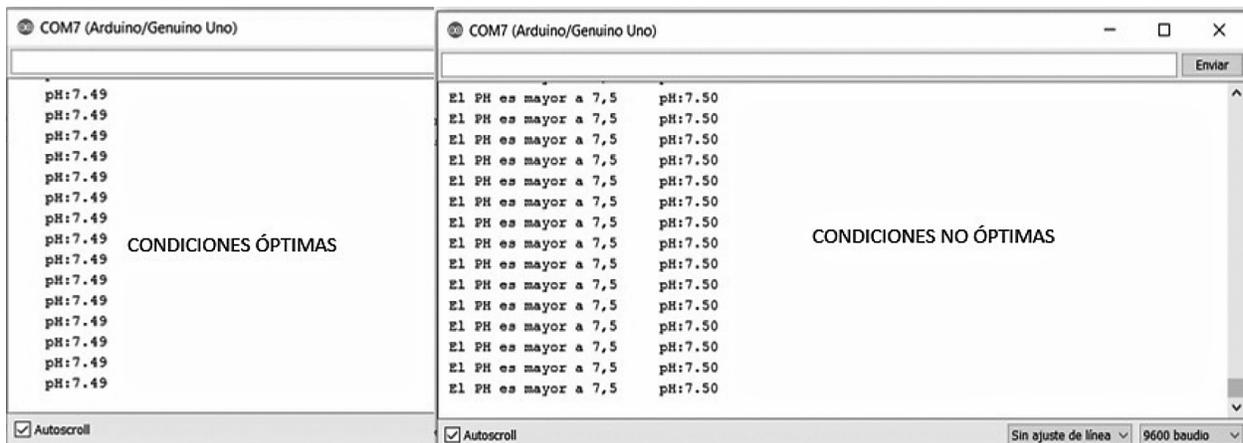


Figura 12. Visualización del pH en condiciones óptimas y no óptimas.

Pero si sale del rango establecido como óptimo el visualizador envía el mensaje de alerta

Conclusiones

La creación de plataformas electrónicas <<arduino>> hace posible el desarrollo de tecnología de bajo costo para el monitoreo de sistemas de cultivo, lo que representa un ahorro de costos tanto en el desarrollo como en la adaptación de sensores, con la ventaja de ser utilizados en cualquier región, ya que permite el uso de materiales accesibles en el mercado. Este tipo de desarrollo permite el control de todo tipo de variables, generando un mejor aprovechamiento de los recursos <<agua, nutrientes, químicos>> en beneficio de la calidad y cantidad de la producción. El sistema permite escalar con la integración de nuevas tecnologías como por el ejemplo del monitoreo a través del internet con el uso de dispositivos móviles. El presente trabajo permite evitar la dependencia de tecnología extranjera, disminuir costos, y ayudar en gran medida a la industria agrícola en la toma de decisiones. En un trabajo futuro se plantea llevar a cabo el monitoreo del cultivo hidropónico a escala mediante el desarrollo de una aplicación Android

Referencias

- [1] Díaz L., "La incorporación de nuevas tecnología y algunos de sus componentes problemáticos en el modelo agrícola argentino del siglo XXI", *Theomai*, 2005.
- [2] Paggi M., et al, "Identificación de series de suelos mediante el uso de sensores de conductividad eléctrica aparente en el sudeste bonaerense", *Ciencias del Suelo*, vol. 31, no. 2, pp. 175-188, 2013
- [3] Beltrano J. & Gimenez, D., "Introducción al cultivo hidropónico" en "CULTIVO EN HIDROPONÍA" in . Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de la plata. 2010 pp. 10-32
- [4] Nuñez, V. (2014). DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO ASISTIDO POR HARDWARE ARDUINO. [En línea]. file:///C:/Users/STORRES/Downloads/2.-%20Memoria%20(2).pdf
- [5] Carrasco G., & Izquierdo, J. (1996). LA EMPRESA HIDROPONICA DE MEDIANA ESCALA: LA TECNICA DE LA SOLUCION NUTRITIVA RECIRCULANTE ("NFT"). [En línea]. <http://dSPACE.UTALCA.CL/bitstream/1950/2927/1/NFT.pdf>
- [6] Goites. E., (2008). Manual de cultivos para la Huerta Orgánica Familiar. [En línea]. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210764.pdf>
- [7] Torrente O. "Hardware Arduino" en ARDUINO Curso práctico de formación. Mexico: Primera edición: Alfaomega Grupo Editor, Ciudad de México, México. 2013 ch 2 pp. 71-101

- [8] Ebel, F., & Nestel, S., *Sensores para la técnica de procesos y manipulación*. Alemania: Copyright by Festo Didactic KG. D-7300 Esslingen 1. 1993
- [9] Hernández R., Pineda W. & Bayona Dariel (2016), Sistema de control de humedad y temperatura para invernaderos. [En línea]. Disponible: http://www.edutecne.utn.edu.ar/microcontrol_congr/comunicaciones/Sistema_control_humedad.pdf
- [10] Díaz A., “Control y monitoreo de sistema de domótica vía web”, *Telemática*, vol. 12, no. 12, pp. 55-66, enero-abril 2013.
- [11] Pérez B. et al, “Automatización, monitoreo y control remoto de un sistema de riego agrícola con código abierto”, en la 12th Latin American and Caribbean Conference for engineering and technology, 2014. Guayaquil, Ecuador, 2014
- [12] Schugurensky C., Capraro F. & Bayona, “Control automático de riego agrícola con sensores capacitivos de humedad de suelo. Aplicaciones en Vid y Olivo”, en el XVIII Congreso de la Asociación Chilena de Control Automático (ACCA 2008); Chile, 2008
- [13] Fernández S. et al, “Control de temperatura de un Invernadero a escala mediante Programación en Arduino” en el XV congreso Nacional de Control automático CNCA, México, 2013
- [14] Espinoza O. et al, “Paquete Tecnológico para el monitoreo ambiental en invernaderos con el uso de hardware y software libre”, *Terra Latinoamericana*, vol. 32, pp. 77-84, enero-abril 2013.
- [15] Herrera J., (2015), DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDROPÓNICO PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO. [En línea]. Disponible: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7569/2/04%20MEL%20006%20ARTICULO.pdf>