

Diseño y construcción de una placa (ColorLuxTH V1.0) para Arduino Nano dedicado al monitoreo de sistemas de inmersión temporal vía USB

Francisco Gumaro Ruiz Ruiz¹ *, Lucio Emmanuel Sánchez Cid² & Julieta Karina Cruz Vázquez¹

Resumen

Los sistemas de inmersión temporal (SIT) son una opción atractiva en el cultivo de tejidos vegetales y son considerados una técnica aséptica de multiplicación masiva en condiciones controladas, cuya finalidad es obtener diversos metabolitos, tipos de tejidos e inclusive una planta completa. La técnica se lleva a cabo en contenedores cerrados, usando un medio nutritivo en forma líquida, esta condición hace imposible monitorear de manera interna algunas variables críticas como temperatura (T), humedad (H) e iluminación (I) que son fundamentales en el desarrollo del tejido de interés. En este trabajo se describe el proceso de diseño y construcción de un sistema de sensores acoplados a una fuente de iluminación led rojo-verde-azul (RGB por sus siglas inglés) para ser implementado en un SIT. El sistema fue planeado para adaptarse a micro plataformas de libre acceso, en este caso Arduino nano. El dispositivo fue capaz de registrar datos de temperatura, humedad y cantidad luminosa con una interfaz en ambiente Windows. Como resultado de esta primera ver-

Abstract

Temporary immersion Systems (sit) are an attractive option in plant tissue cultivation and are considered an aseptic technique of mass multiplication under controlled conditions, whose purpose is to obtain various metabolites, types of tissues and even a full plant. The technique is carried out in closed containers, using a liquid nutritious medium, this condition makes it impossible to monitor in an internal way some critical variables such as temperature (T), humidity (H) and lighting (I) that are fundamental to the development of the tissue of interest. This work describes the process of design and construction of a sensor system coupled to a red - green - blue red - blue light source (rgb) to be implemented in a sit. The system was planned to adapt to micro free access platforms, in this arduinous Nano case. The device was able to record temperature data, moisture and luminous quantity with a Windows interface. As a result of this first version, a plaque was developed to be coupled to the Nano Arduin containing three sensors and an led rgb, the communication was conducted

¹ Instituto de Genética, Universidad del Mar campus Puerto Escondido. Km. 2.5, Carr. Federal Puerto Escondido - Sola de Vega, Puerto Escondido, 70983, Oaxaca, México.

² Estudiante de Ingeniería Mecatrónica, Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA) del Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México.

* Autor de correspondencia: ruiz_ruiz_francisco@hotmail.com (FGRR)

sión, se desarrolló una placa para ser acoplada al Arduino nano que contiene tres sensores y un led RGB, la comunicación se realizó por medio del puerto USB y la interfaz fue capaz de mostrar los datos de las variables físicas antes mencionadas e inclusive de modificar la tonalidad del led, además el tamaño fue ajustado para ser introducido en el interior de un SIT convencional. En una segunda versión se planifica desarrollar una placa de menor tamaño que, además de integrar comunicación vía USB, pueda realizar conexión vía inalámbrica (Bluetooth o Wi-Fi), incluyendo una mayor capacidad de iluminación.

Palabras clave: Lux, Celsius, monitoreo, programación, tonalidad.

through the Usb port and the interface was able to display the data of the above - mentioned physical variables and even to modify the tonality of the led, plus the size was adjusted to be introduced into a conventional sit. In a second version it is planned to develop a smaller plate which, in addition to integrating usb communication, can make wireless (Bluetooth or Wi - Fi) connection, including greater lighting capacity.

Key words: Lux, celsius, monitoring, programming, tonality.

Recibido: 11 de marzo de 2019

Aceptado: 09 de abril de 2019

Introducción

Los sistemas de inmersión temporal (SIT) permiten el control adecuado del suministro y mezcla de nutrientes, oxigenación y facilidad de renovación de los medios nutritivos (Ziv 2005, Arencibia 2008) y su operación es sumergiendo periódicamente el explante en un medio líquido enriquecido (Georgiev *et al.* 2014). Este método ha superado a los métodos tradicionales de micropropagación, por la tasa de multiplicación, enraizamiento y aclimatación, así como por los niveles elevados de supervivencia en condiciones de campo (Pérez 1998, Berthouly & Etienne 2005). En la actualidad podemos encontrar una gran variedad de SIT, algunos están patentados por lo que se convierten en sistemas de difícil adquisición, otros son el resultado del trabajo de investigaciones que han ayudado a generar sistemas de bajo costo y fácil fabricación, por ejemplo el sistema Twin-Flask (BIT ®) propuesto por Escalona en 1999 (Fig. 1).

Además, los SIT están enfocados en la producción de una amplia variedad de compuestos vegetales como los carbohidratos, lípidos, proteínas, flavonoides, antocianinas y terpenos e incluso en fitorremediación de aguas residuales y que son de interés económico en la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia (Steingroewer *et al.* 2013).

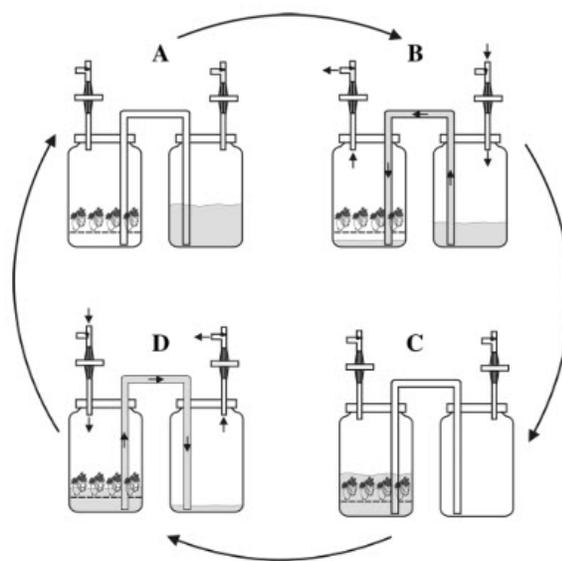


Figura 1. Principio operativo de un sistema de inmersión temporal SIT. (A) El medio líquido está localizado en el tanque de almacenamiento. (B) Movimiento del medio líquido del reservorio a la cámara de cultivo por la incorporación de aire presurizado que es previamente esterilizado por filtración. (C) Periodo de inmersión, el tanque de almacenamiento está vacío y el tejido vegetal está inundado. (D) Se repite el paso anterior pero ahora el aire es inyectado a través de la cámara de cultivo propiciando que el medio nuevamente regrese al reservorio y la cámara de cultivo elimine el medio nutritivo, terminado un ciclo de inmersión (Fuente: Georgiev *et al.* 2014).

Por otro lado, la iluminación juega un papel importante en el desarrollo de las plantas ornamentales, varios autores han reportado que aplicando diferentes tonalidades del espectro visible, influyen de manera directa en el correcto desarrollo del cultivo *in vitro*, la luz azul regula la respuesta estomática al igual que lo hace la fotosíntesis, y en conjunto con la luz verde estimulan la apertura de estomas en especies del género *Paphiopedilum* (Talbot *et al.* 2002). Se tiene registro que la luz de color verde y naranja producen una mayor frecuencia en la germinación de la orquídea *Bletilla ochracea* (Hayata) Schltr (Godo *et al.* 2011).

Cabe destacar que en el estudio realizado por Solano *et al.* (2016) reportaron una riqueza de aproximadamente 733 especies de la familia Orchidaceae en Oaxaca, las cuales representan más de la mitad de las conocidas en México. Según los datos vigentes de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 contempla que 188 especies se encuentran en estatus de protección, de las cuales 110 están sujetas a protección especial, 62 amenazadas, 15 en peligro de extinción y una probablemente extinta. En contraparte, las autoridades encargadas de vigilar el cumplimiento de la norma, no han sido capaces de controlar la extracción ilegal masiva de ejemplares, es por esto que es muy común ver en mercados locales la venta de dichas especies vegetales (González 2014).

Para minimizar el daño colateral que genera la extracción ilegal de especies vegetales, las técnicas de cultivo *in vitro* implementadas en los sistemas de inmersión temporal pueden convertirse en una alternativa atractiva debido a las ventajas que ofrecen los SIT y la importancia de un continuo monitoreo de las variables internas de iluminación (I), temperatura (T) y humedad (H). Por lo anterior surgió la necesidad de diseñar y construir un sistema integral de sensores haciendo uso de plataformas de libre acceso. Se seleccionó para este propósito la plataforma Arduino nano por su tamaño relativamente pequeño y de bajo costo. En el presente trabajo se describe el

proceso de diseño, construcción y desempeño de la placa de sensores ColorLuxTH V1.0 para Arduino nano.

Material y métodos

Selección de sensores

Se examinaron los módulos y sensores que mejor se adecuaban en dimensiones y costo, de los que resultaron el DHT11 para la medición de humedad relativa y temperatura y el TEMT6000 la medición de la intensidad luminosa.

A partir de sus hojas de datos, el sensor DHT11 es un sensor compuesto, ya que cuenta con un termistor y un sensor de humedad capacitivo. Este dispositivo a su vez, incluye un microcontrolador (MCU por sus siglas en inglés) de 8 bits que se encarga de hacer la conversión analógica-digital y de enviar por medio de un protocolo (propio del sensor) una señal digital que contendrá los valores de humedad y temperatura medidos. Sus principales características son (Fig. 2): Alimentación de 3.3V a 5.5 VDC, Corriente máxima 2.5mA durante la conversión, lectura de humedad con un +/- 5% de precisión, lectura de temperatura con un +/- 2 grados Celsius (°C) de precisión, capacidad de medir humedad de 20% a 80%, capacidad de medir temperatura de 0°C a 50°C.

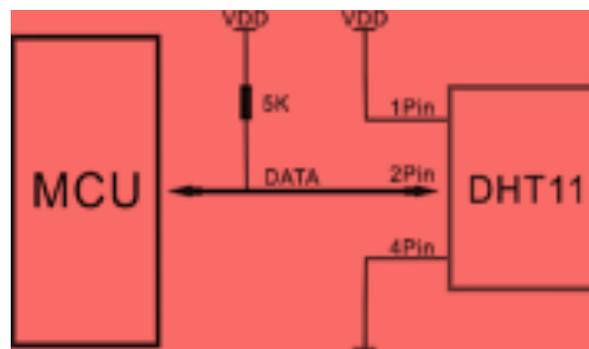


Figura 2. Configuración recomendada por el fabricante donde el conector (pin) 3 es omitido. (Fuente: Mouser 2018)

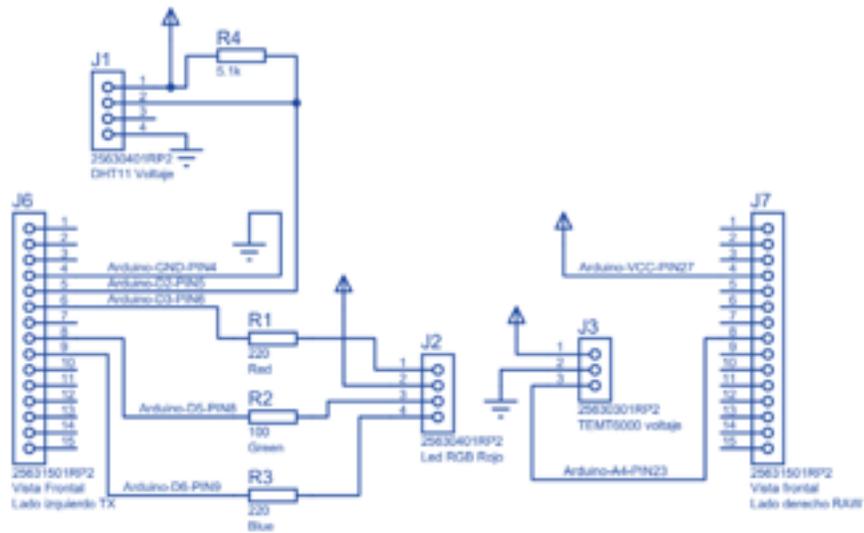


Figura 5. Diagrama de conexiones de los componentes de ColorLuxTH V1.0 y la placa Arduino nano diseñado en ISIS Proteus® (Fuente: Elaboración propia).

Diseño de la placa

El diseño de la placa de circuito impreso de una capa se realizó en ARES Proteus®, para este se tomaron en cuenta las dimensiones de cada uno de los componentes y del Arduino Nano, esto con la finalidad de generar la placa de tipo shield dedicada al Arduino Nano.

En la figura 6, se pueden apreciar las pistas en color azul que serán impresas en la placa correspondiente de impresión.

En la figura 7 se muestra el diagrama del circuito incluyendo las conexiones que se realizarán al Arduino Nano, la elección de los pines se hizo de tal forma que se pudiese realizar la placa de una sola capa.

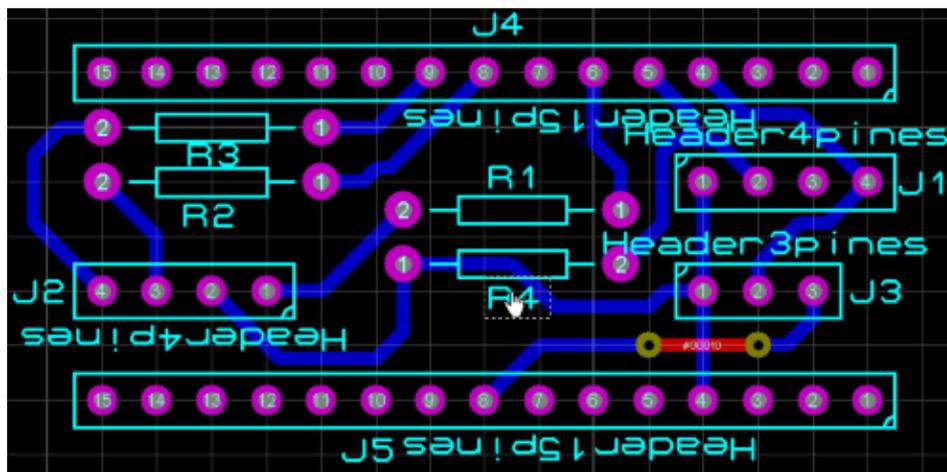


Figura 6. Circuito impreso monocapa realizado en el programa ARES Proteus® (Fuente: Elaboración propia).

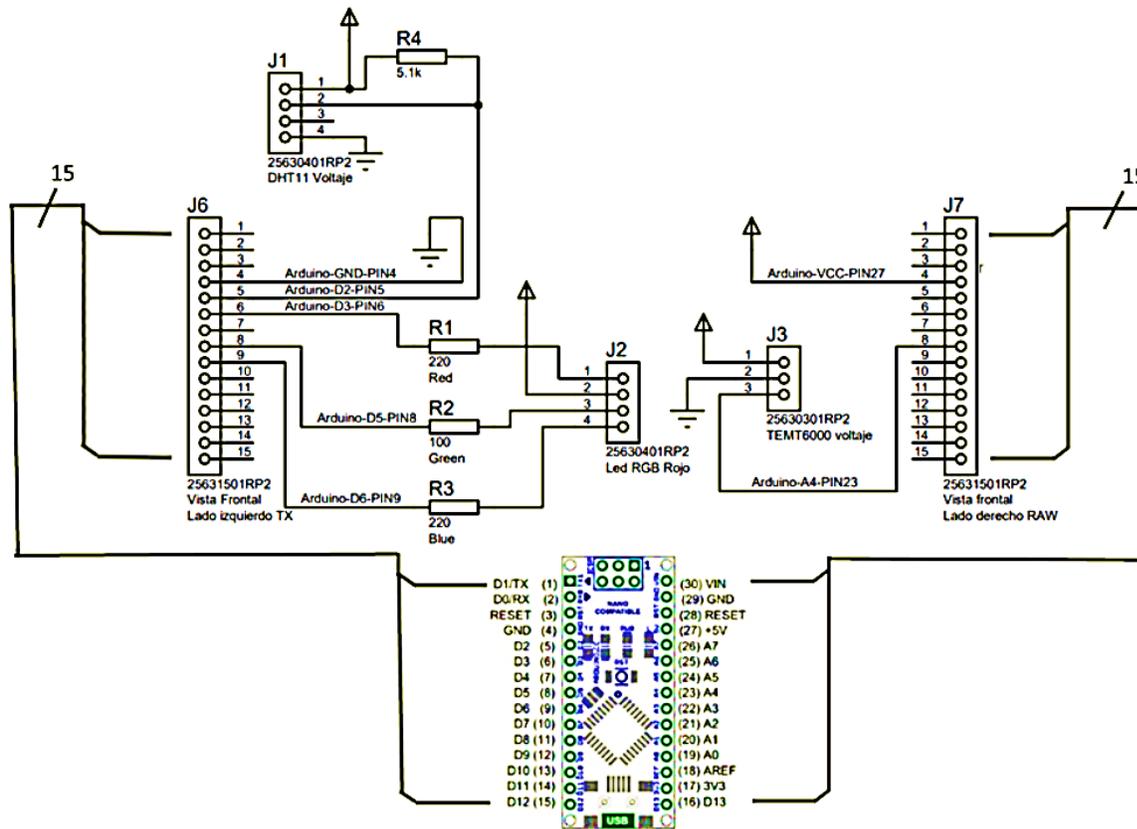


Figura 7. Diagrama del circuito incluyendo las conexiones de Arduino Nano y el shield ColorLuxTH V1.0 diseñado por ISISProteus ® (Fuente: Elaboración propia).

Construcción de la placa

Para la elaboración de la placa fue necesario generar el archivo con las pistas que se van a ocupar, esto se realizó al generar los archivos de salida, una vez hecho el diseño en ARES Proteus ®. La figura 8 sirvió de patrón para construir la placa.

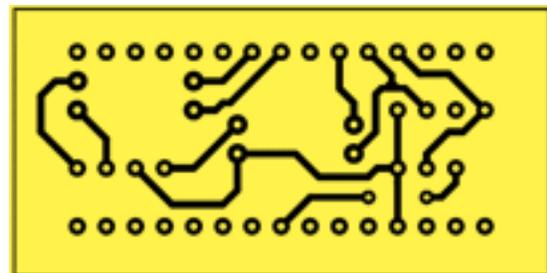


Figura 8. Diagrama para la impresión en placa PCB por la técnica del planchado (Fuente: Elaboración propia).

Diseño de programas y comunicación

La comunicación se estableció vía USB debido a que el costo de las tarjetas Bluetooth y Wi-fi resultó ser más caro. La plataforma para hacer la interfaz entre la computadora y el micro-controlador se decidió en Java®, debido a la practicidad para su elaboración y la facilidad

de instalación. En la figura 9 se muestra un diagrama a bloques de la comunicación que existirá entre el dispositivo de monitoreo (Arduino nano) y la ventana de control (Interfaz en Java).

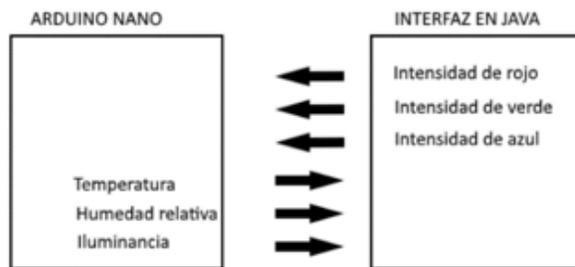


Figura 9. Diagrama de comunicación por bloques del funcionamiento de ColorLuxTh V1.0 (Fuente: Elaboración propia).

Resultados

En la figura 10 se muestra la interfaz desarrollada bajo la programación orientada a objetos Java y NetBeans. El área sombreada de color verde (área 1) muestra los datos de los sensores; el área sombreada de color azul (área 2) es para actualizar el puerto al momento de conectar el ColorLuxTH V1.0 por medio de USB; el área sombreada de color amarillo (área 3) pertenece al control de iluminación de led RGB mediante el movimiento de los *sliders* de cada color básico: (R) rojo; (G) verde; (B) azul.

La tonalidad de los parámetros de iluminación de color rojo, azul y verde podrán ser modificados por el usuario desde la interfaz.

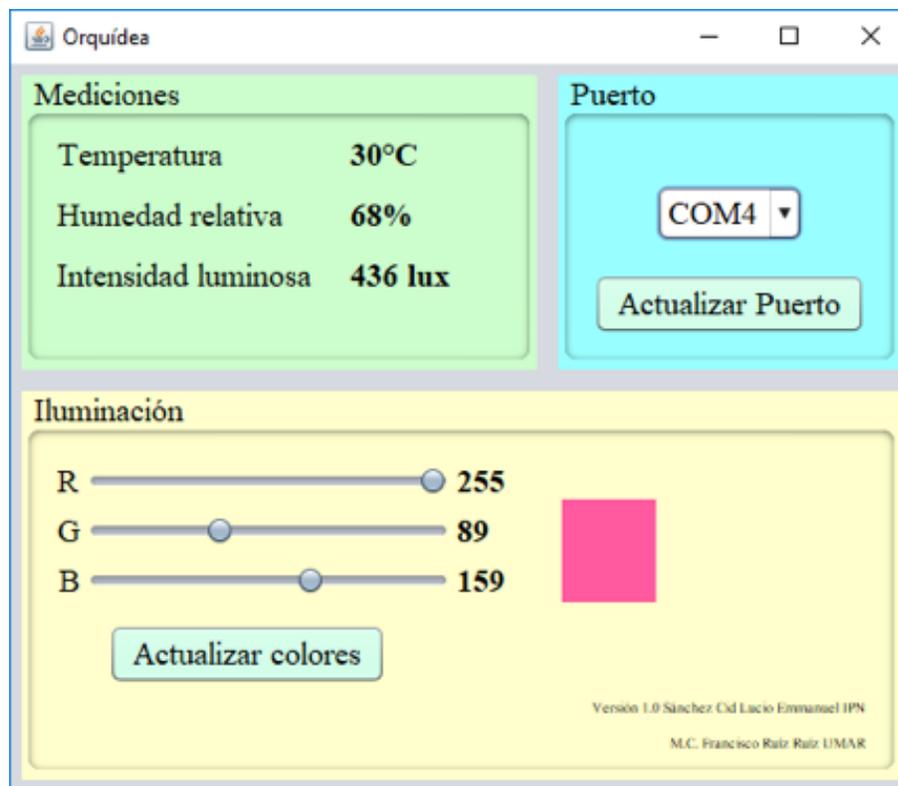


Figura 10. Interfaz para el monitoreo de las variables temperatura, humedad e intensidad luminosa del ColorLuxTH V1.0. El área sombreada de color verde muestra los datos de los sensores; el área sombreada de color azul es para actualizar el puerto al momento de conectar a ColorLuxTH V 1.0 por medio de USB; el área sombreada de color amarillo pertenece al control de iluminación de led RGB mediante el movimiento de los *sliders* de cada color básico (R) rojo; (G) verde; (B) azul (Fuente: Elaboración propia).

En la figura 11 se muestra el shield ColorLuxTH V1.0 acoplado a la placa de programación Arduino nano, las características que presentan este tipo de placas son de fácil y bajo costo de adquisición; ColorLuxTH V1.0 fue instalado de manera exitosa en tres diferentes sistemas operativos (S.O.) Windows XP ©, Windows 8.1 © y Windows 10 ©. Mostró un correcto desempeño en la lectura de humedad,

temperatura e intensidad luminosa acompañado con la adecuada manipulación de los slider para el cambio de la tonalidad del led RGB mostrados en la figura 10.

Discusión

En cualquier proceso ya sea del ramo industrial, farmacéutico, alimenticio, agrícola,

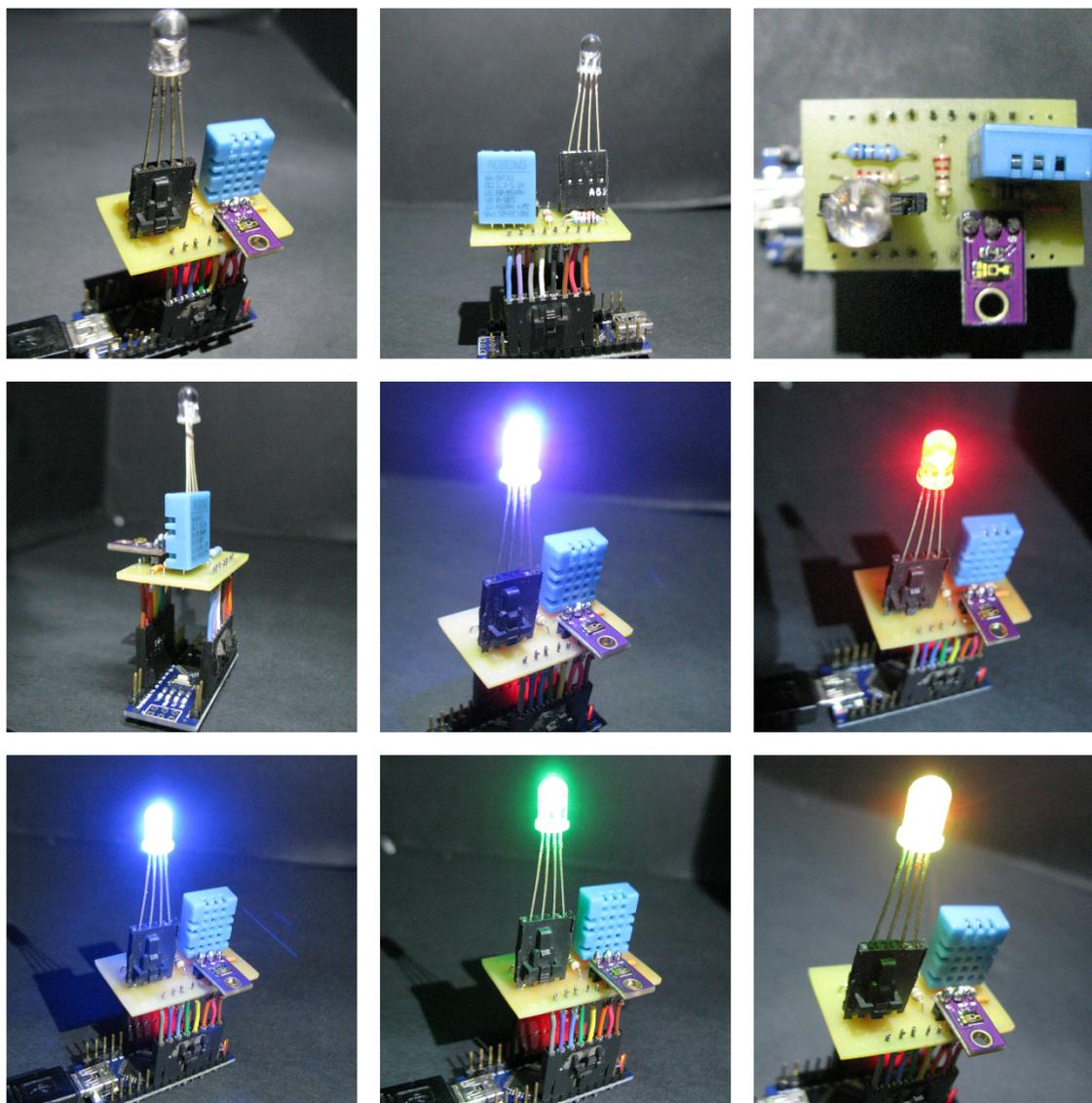


Figura 11. Desempeño del shield ColorLuxTH V1.0 acoplado a la plataforma Arduino Nano. (A-D): Diversos ángulos del shield ColorLuxTH V1.0 con los sensores DHT11 (medición de temperatura y humedad), Tm6000 (medición intensidad luminosa) y led RGB de 5 mm que será el responsable de las diversas tonalidades cromáticas. (E-H) Muestra el led encendido con una tonalidad a la vez, F: Rojo, G: azul, H: verde. (I) muestra el Led RGB con los tres canales (R,G,B) encendidos, mostrando una mezcla de ellos con base en la intensidad asignada a cada uno. (Fuente: Elaboración propia).

biotecnológico o de investigación, es indispensable que en todas las etapas u operaciones unitarias sean monitoreadas, los datos obtenidos se podrán registrar para posteriormente ser analizados con base a los productos generados y a sus rendimientos

Podemos mencionar que la temperatura, humedad, intensidad luminosa e iluminación, no son los únicos factores predominantes en cualquier proceso de interés económico, existiendo otras variables que pueden ser medibles con los sensores adecuados como la presión, pH, concentración de O₂, concentración de CO₂, distancia, flujo volumétrico, flujo másico, voltaje, corriente eléctrica, sólidos disueltos, inclinación, geoposicionamiento, etc. (Ferdoush & Li 2014), (Vujović & Maksimović 2015), (Abraham & Li 2014), (Parameswaran & Sivaprasath 2016).

En el ámbito de la agricultura, los agricultores están optando por el desarrollo de los cultivos protegidos; es decir, aquellos que se realizan bajo condiciones controladas o invernaderos (Santos *et al.* 2010). En los invernaderos, la temperatura, humedad del suelo, humedad relativa, intensidad luminosa son las variables que generalmente se monitorean (López *et al.* 2018). La finalidad de los invernaderos es minimizar el ataque a los cultivos por agentes fitopatógenos y por ende aumentar la producción que se verá reflejada en las ganancias propias al productor (Galán 2015). Caso contrario que no sucede en los cultivos tradicionales en donde sólo se recurre a las barreras vivas, como la milpa de maíz (*Zea mays*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) cuya finalidad principal es de proteger al suelo de la erosión y evitar el flujo directo del aire que pueda llevar consigo un gran número de esporas de agentes patógenos evitando de esta manera la afectación por cultivos infectados (Pérez *et al.* 2010).

Por todo ello es imperativo recurrir a tecnologías y herramientas de libre acceso, para poder monitorear o llevar un registro de variables que son críticas en un proceso dado, en el caso de la agricultura, las principales variables a considerar son la calidad/cantidad de luz y la temperatura, por lo tanto en

el presente trabajo se describen los materiales, la programación y la tecnología que son necesarios para poder llevar a cabo el monitoreo de dichas variables, que puedan ser utilizadas por cualquier persona interesada en adoptar la tecnología.

Finalmente, podemos concluir que el dispositivo electrónico tuvo las especificaciones requeridas y cuenta con la posibilidad de ser acoplado al interior de un sistema de inmersión temporal, que es una interfaz sencilla y funcional dedicada a la lectura de los datos y el control de led RGB por medio de una conexión vía puerto USB. La medición de variables físicas y el control del LED a través de una tarjeta con comunicación USB a la computadora del usuario y su respectiva interfaz tuvieron un desempeño correcto en tres versiones diferentes de sistema operativo Windows (Windows XP ©, Windows 8.1© y Windows 10©). En la elaboración de la placa, el método de planchado funcionó satisfactoriamente para los anchos de las pistas usados.

Los sensores utilizados fueron los adecuados, a pesar de que los hay con mayor precisión y con mayor rango de medición que es el caso del sensor del espectro de luz. El diseño de la interfaz puede mejorarse, mostrando información sobre el tejido o la planta del cual se está trabajando. Para disminuir las dimensiones generales de ColorLuxTH V1.0 se pueden utilizar componentes de montaje superficial, siempre y cuando se cuenten con las herramientas necesarias para su implementación.

Lo anterior abre una puerta a futuros trabajos que intenten implementar una base de datos en la interfaz para mostrar el comportamiento de las variables involucradas en el interior del SIT, en un cierto periodo de tiempo que el usuario determine con anticipación (un día, semana o un mes). Implementar análisis estadísticos adecuados para poder determinar si la temperatura, humedad, iluminación juegan un papel predominante en el desarrollo del cultivo en el interior del sistema de inmersión temporal, así como realizar una segunda versión de ColorLuxTH V2.0, que podría tener la modalidad de conectarse vía USB o remota por Bluetooth o Wi-Fi,

incorporando una batería y sensores superficiales para disminuir su tamaño y por ende el consumo energía, con el objetivo de tener mayor autonomía, así como diseñar y desarrollar aplicaciones para móviles con los sistemas operativos IOS y Android.

Agradecimientos

A la Universidad del Mar campus Puerto Escondido por las facilidades otorgadas para realizar el presente trabajo y a un revisor anónimo que realizó valiosas observaciones que enriquecieron el presente trabajo.

Referencias

- Abraham, S., & X. Li. 2014. A cost-effective wireless sensor network system for indoor air quality monitoring applications. *Procedia Computer Science*. 34, 165-171.
- Arduino. 2018. Software. Revisado el 20 de julio de 2018. Recuperado de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>
- Arduino. 2018. Datasheets. Revisado el 20 de julio de 2018. Recuperado de <https://www.arduino.cc/documents/datasheets/LEDRGB-L-154A4SURK.pdf>
- Arencibia, A., Bernal, A., Yang, L., Cortegaza, L., Carmona, E., Pérez, A., Hu, C., Li, Y., Zayas, C., & I. Santana. 2008. New Role Ofphenolpropanoid Compounds During Sugarcane Micropropagation Intemporary Immersion Bioreactors (Tibs). *Plant Sci*.175, 487-496.
- Berthouly M. & H. Etienne. 2005. Sistema de inmersión temporal: un nuevo concepto para utilizar un medio líquido en la propagación de masas. In: Hvoslef-Eide AK & W. Preil (Eds), *Sistemas de cultivo líquido para la propagación in vitro de plantas*. Springer, Dordrecht.
- Escalona, M., Gonzalez B., Daquinta M., Gonzalez J., Dejardins Y., & C. Borroto. 1999. Pineapple (*Ananas Comosus* L. Merr) Micropropagation In Temporary Immersion Systems. *Plant Cell Reports*. 18 (9), 723-748
- Ferdoush, S., & X. Li. 2014. Wireless sensor network system design using Raspberry Pi and Arduino for environmental monitoring applications. *Procedia Computer Science*. 34, 103-110.
- Galán, V. 2013. Ventajas y Desventajas del cultivo del Mango (*Mangifera indica* L.) en zonas subtropicales y potencial del cultivo bajo invernadero. In X International Mango Symposium. 167-177.
- Godo, T., Fujiwara, K., Guan, K., & Miyoshi, K. 2011. Effects of wavelength of LED-light on in vitro asymbiotic germination and seedling growth of *Bletilla ochracea* Schltr. (Orchidaceae). *Plant Biotechnology*. 28: 397-400.
- González, L. 2014. Propagación in vitro de *Laelia speciosa* (Orchidaceae) nativa de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes.
- Georgiev, V., Schumann, A., Pavlov, A., & T. Bley. 2014. Temporary immersion systems in plant biotechnology. *Engineering in life sciences*. 14(6), 607-621.
- López, A., Vargas, A., Ortíz, J. & J. Vergara. 2018. Sistema de control automático de variables climáticas para optimizar el rendimiento de cultivos bajo cubierta. *Ingeniería Solidaria*. 14(24), 1-11.
- Mouser Electronics. 2018. Revisado el 20 de julio de 2018. Recuperado de <https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>
- Parameswaran, G., & K. Sivaprasath. 2016. Arduino based smart drip irrigation system using internet of things. *Jornual Engineering Sciences*. 5518.
- Pérez, N., Infante, C., Rosquete, C., Ramos, A., & C. González. 2010. Disminuyendo la relevancia de los plaguicidas. Alternativas a su uso. *Agroecología*, 5, 79-87.
- Pérez, J. 1998. Propagación y mejora de plantas por biotecnología. Santaclara, Cuba: Instituto de Biotecnología de las plantas. 400
- Ruiz G., Jader R., & A. Acevedo. 2017. Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Santos, B., Obregón H., & T. Salamé. 2010. Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida. Publicación HS1182. IFAS Extension, UF Department of Horticultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. México D.F. México. pp 1-78.
- Solano, R., Martínez, E., Martínez, A. & J. A. Gutiérrez. 2016. New records in the Orchidaceae family from Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87(4), 1348-1351.
- Sparfunk Electronics. 2018. revisado el 20 de julio de 2018. Recuperado de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Imaging/TEMT6000.pdf>

- Steingroewer, J., Bley, T., Georgiev, V., Ivanov, I., Lenk, F., Marchev, A., & A. Pavlov. 2013. Bioprocessing of differentiated plant in vitro systems. *Engineering in Life Sciences*, 13(1), 26-38.
- Vujović, V., & M. Maksimović. 2015. Raspberry Pi as a Sensor Web node for home automation. *Computers & Electrical Engineering*, 44, 153-171.
- Talbott, L., Zhu, J., Han, S., & E. Zeiger. 2002. Phytochrome and blue light-mediated stomatal opening in the orchid, *Paphiopedilum*. *Plant Cell Physiol.* 43(6): 639-646.
- Ziv, M. 2005. Simple bioreactors for mass propagation of plants. In liquid culture systems for *in vitro* plant propagation. Springer, Dordrecht. 79-93

UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Huatulco

División de Estudios de Posgrado



Maestría en Relaciones Internacionales: Medio Ambiente

Líneas de Investigación:

- Conflictos Internacionales y Medio Ambiente
- Consecuencias socio-ambientales del cambio climático
- Delitos ambientales internacionales
- Legislación y normatividad internacional
- Política ambiental internacional



Maestría en Mercadotecnia Turística

Líneas de Investigación:

- Nuevas Tendencias del Turismo
- Mercadotecnia de Destinos Turísticos
- Perfil del Turista en Bahías de Huatulco
- Ética del Turismo



Maestría en Derecho Internacional Penal

Líneas de Investigación:

- Crímenes Internacionales
- Jurisdicción Universal
- Instancias Internacionales y Procedimientos Penales Internacionales
- Problemas Actuales de Derecho Internacional Penal, Dogmática y Perspectiva Político-Criminal
- Responsabilidad Internacional por Incumplimiento al Derecho Humanitario

Informes

Dr. Miguel Ángel Ahumada Sempoal
Jefe de la División de Estudios de Posgrado
Tel. (958) 584 3057 Ext. 111
Fax. (958) 584 3078
posgrado@huatulco.umar.mx

www.umar.mx