Implementación y evaluación de un sistema de adquisición de datos para el monitoreo de temperatura radicular en un cultivo de brotes de frijol mungo (*Vigna radiata* L.)

R.A. Bórquez-López[1], J.C. Gil Núñez[2], H.A. Parra Silvas[2], J.C. Ibarra-Gámez[2], J. R. Gonzalez-Galaviz[2] y R. Casillas-Hernández[2*]

[1]*Departamento de Ciencias del Agua y Medio Ambiente*.
[2]*Departamento de ciencias agronómicas y veterinarias. Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). 5 de febrero 818 sur, col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora, México. C.P. 85000 Tel: (644)4100900.*

*Implementation and evaluation of a data acquisition system for root temperature monitoring in a mung bean crop (*Vigna radiata *L.).*

Abstract

In mung bean sprouts production systems, the increase root temperature of the crop represents the main problem for the product quality; irrigation water is the principal resource to reduce the crop temperature. Based on above, the objective of this study was implementing and evaluating a data acquisition system (DAS) through the monitoring of root temperature, ambient temperature and relative humidity in a crop of mung bean sprouts to determine the effect of irrigation on the crop temperature. For the implementation of the DAS, reconfigurable and open source hardware (Arduino) was used. Evaluation was conducted with trial of a full cycle culture, which lasted 4 days. Monitoring was carried out in the complete culture cycle and the sensors values were stored on the DAS database every ten minutes. The crop and irrigation water were kept at the ambient temperature of the laboratory. Irrigations were applied every two hours during the four days of the trial. A descriptive statistical analysis (graphics methods and measures of central tendency) and analysis of regression by least squares was used to evaluate the behavior of the temperature throughout the development of the crop. The data show that the root temperature is higher (32 ° C) than the environmental (30 ° C) during the second and third day of culture with an approximate difference of 3-4%. Regression analysis indicated a correlation coefficient of r = 0.90.

Key words: Data acquisition system, root temperature, mung bean, system monitoring

Resumen

En los sistemas de producción de brotes de frijol mungo, el aumento en la temperatura radicular del cultivo representa el principal problema en la baja de calidad del producto; el agua de riego es el medio para reducir la temperatura en el cultivo. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio, fue implementar y evaluar un sistema de adquisición de datos (SAD) mediante el monitoreo de temperatura radicular, temperatura ambiental y humedad relativa en un cultivo de brotes de frijol mungo para determinar el efecto del riego sobre la temperatura del cultivo. En su implementación se utilizó hardware reconfigurable (Arduino) de código libre. Para su evaluación se llevó a cabo un ensayo de ciclo completo, donde se elaboró un sistema a escala de producción de brotes de frijol mungo, que tuvo una duración de 4 días. El monitoreo se realizó durante todo el cultivo registrándose los valores de los sensores en la base de datos del SAD cada diez minutos. El cultivo y

*Autores de correspondencia
Email: rcasillas@itson.edu..mx
http://doi.org/10.33154/rlrn.2018.02.003
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

el agua de riego se mantuvieron a la temperatura ambiente del laboratorio. Los riegos se aplicaron cada dos horas durante los cuatro días del ensayo. Se realizó un análisis estadístico descriptivo (métodos gráficos y medidas de tendencia central) y análisis de regresión mediante mínimos cuadrados para evaluar el comportamiento de la temperatura a lo largo del desarrollo del cultivo. Los datos muestran que la temperatura radicular es mayor (32 °C) que la ambiental en un (30 °C) durante el segundo y tercer día de cultivo lo que equivale a una diferencia aproximada de 3-4%. El análisis de regresión indica un coeficiente de correlación de r = 0.90.

Palabras claves: Sistema de adquisición de datos, temperatura radicular, frijol mungo, monitoreo.

Introducción

Los brotes de semillas hoy en día son uno de los alimentos populares en varias partes del mundo porque contienen una gran variedad de proteínas, vitaminas, minerales y otros fitoquímicos (Nagar *et al.,* 2012). Durante la brotación, se conserva una gran parte del valor nutricional original de las semillas, como el caso de los brotes de "mungbean" o frijol mungo (*Vigna radiata L.*), y las cantidades de algunas sustancias activas aumentan significativamente (Tang *et al.,* 2014). En los Estados Unidos (EE. UU.), Cada año se producen aproximadamente 55 millones de libras (25 millones de kg) de brotes frescos con un valor de mercado estimado de más de $ 250 millones (Sikin *et al.,* 2013; U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2017). Las leguminosas son parte de los alimentos propuestos por la FAO como "Future Smart Food", los alimentos inteligentes del futuro, para los países en desarrollo de oriente y Asia. Muchos de las variedades propuestas son de origen indígena y han sido domesticadas y cultivadas por generaciones de agricultores vietnamitas. Entre estas, se incluye el frijol mungo. (FAO, 2016). Las demandas de los consumidores de brotes de frijol mungo están creciendo rápidamente (Allende *et al.,* 2006; Świeca & Gawlik-Dziki, 2015). Sin embargo, los brotes de frijol mungo tienen una alta tasa de respiración y continúan respirando incluso después de la cosecha. La tasa de respiración es un factor clave que afecta la calidad de los brotes de frijol mungo. Los nutrientes como las proteínas pueden reducirse en gran medida debido a la alta tasa de respiración que hace que los brotes de frijol mungo tengan una vida útil corta. Por lo tanto, parece extremadamente importante que la vida útil de los brotes de frijol mungo se prolongue a través del control de la frecuencia respiratoria. Para mantener la calidad, la tasa de respiración debe reducirse (Chen *et al.,* 2017).

Respecto al problema planteado por Chen *et al*., (2017) en su investigación, lograron estudiar las tasas de respiración de los brotes de frijol mungo almacenados en un sistema cerrado a cinco temperaturas diferentes (8 ºC, 13 ºC, 18 ºC, 23 ºC, 28 ºC). Establecieron que la temperatura y la concentración de gas afectan significativamente la tasa de respiración de los brotes de frijol mungo, Determinando que la temperatura tuvo la mayor influencia en la tasa de respiración. Con el aumento de la temperatura, los brotes de frijol mungo incrementan su tasa de respiración (mayor consumo de O2 y producción de CO2) (Chen *et al.,* 2017). Debido al elevado costo que implica un SAD, pocas entidades educativas invierten en la adquisición de estos equipos para aplicaciones académicas (Savic & Gersak, 2015) . Sin embargo, actualmente existen productos de hardware y software libre que, con el conocimiento de desarrollo y programación, facilitan la creación de sistemas tecnológicos diseñados de acuerdo a necesidades específicas, además de tener un menor costo de adquisición, muy por debajo de productos comerciales de patente. Para lograr encontrar esta información, se requiere del monitoreo total de la temperatura durante el ciclo completo de desarrollo de los brotes de frijol mungo. Durante la última década, el avance de la tecnología ha propiciado la aparición de nuevos sistemas de medición. Los beneficios proporcionados por los sistemas de adquisición de datos (SAD) en un experimento son la obtención de datos precisos y fiables, y el ahorro de tiempo que se traduce en un ahorro de dinero (Faugel & Bobkov, 2013; Martín *et al.,* 2014). En el presente estudio se propone diseñar, implementar y validar un sistema de adquisición de datos mediante tarjetas reconfigurables digitales (Arduino) para el

monitoreo de temperatura radicular, temperatura ambiental y humedad relativa en el cultivo de brotes de frijol mungo.

Materiales y métodos

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de acuacultura del departamento de ciencias agronómicas y veterinarias, el cual es parte de las instalaciones del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Se encuentra ubicado en las coordenadas 27.48° 29' 2.1" N, 109.93º 56' 1.9" W.

Diseño del sistema de adquisición de datos (SAD)

El sistema diseñado se formó por cuatro componentes generales; el hardware, que consta de la tarjeta electrónica reconfigurable, para este caso se utilizó la tarjeta electrónica Arduino Mega con microprocesador 2560; el software, que está representado la interfaz gráfica de usuario fue en lenguaje de programación c#; sensores ambientales (temperatura y humedad relativa) y el sensor de temperatura radicular. En la figura 1 se muestran los elementos que componen el sistema general.

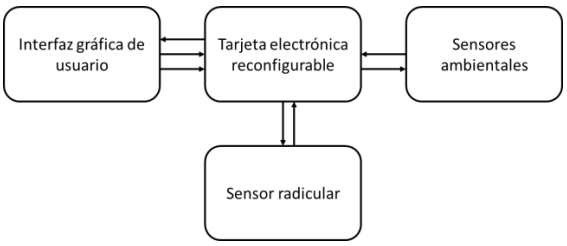


Figura 1. Diagrama a bloques del diseño del SAD.

Descripción del hardware

La tarjeta reconfigurable digital Iteaduino MEGA2560, es una versión derivada del Arduino MEGA2560, de tamaño más pequeño y menor consumo de energía, Por lo que esta tarjeta es compatible con las plataformas Arduino y puede funcionar con niveles de operación de 3.3V o 5V. Cuenta con todas las conexiones de pines del procesador ATMega2560, con las siguientes especificaciones:

Nivel de operación: 3.3V / 5V
Microprocesador: Atmega2560
Tamaño de PCB: 59mm X 77mm X 1.6mm
Indicadores: de encendido, D13, Tx, Rx
Fuente de alimentación (recomendado): 6-23V DC
Fuente de alimentación (límites): 23 VDC (máx.)
Protocolo de comunicación: UART, SPI, IIC
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
Clock speed: 16MHz
Capacidad de RAM: 8K
Capacidad Flash: 256K

Sensores utilizados para el SAD

Sensor para la temperatura radicular

El sensor utilizado para medir la temperatura en las raíces del cultivo de brotes de frijol mungo, cuenta con el estándar de encapsulación de dispositivos IP68, lo cual le permite estar completamente sumergido en agua. Su rango de medición es de -20 ºC a 133 ºC, la exactitud es de ± 1ºC y con protocolo de comunicación digital UART. El sensor fue operado a 5 V y a un baud rate de 9600. Sus dimensiones físicas son 12 mm X 35 mm, su construcción es de acero inoxidable y es fabricado por Atlas Scientific modelo ENV- TMP-D.

Sensor de variables ambientales (temperatura y humedad relativa)

Para medir la temperatura ambiental y humedad relativa se utilizó el módulo HMZ-433A, que puede realizar la medición de ambas variables con dos salidas analógicas. Para la humedad, otorga una salida lineal de voltaje, puede medir desde 0 a 95% de humedad relativa; para la temperatura este sensor utiliza un termistor, por lo que es necesario incorporar una resistencia a puesta a tierra para obtener un divisor de voltaje. El rango de medición de la temperatura va desde 0 a 60ºC. El modulo trabaja a 5VDC con un consumo máximo de 5mA (2mA promedio). La exactitud de la temperatura, empleando una resistencia de 50 KΩ, es de ±1% (25 ºC ± 0.2 ºC), el sensor de humedad se cuenta con una exactitud de ±5% HR. Sus dimensiones son de 34 mm X 22 mm X 7mm.

Descripción del software

La interfaz de usuario grafica (GUI, por sus siglas en inglés) se realizó mediante el paquete computación de visual studio 2015 de Microsoft con lenguaje de programación c#, la GUI cuenta consta principalmente de tres bloques: solicitud de lectura de los sensores, recepción de los datos y almacenamiento de datos. En la solicitud de lectura de los sensores, la GUI se comunica con la tarjeta reconfigurable a través de protocolo UART, se basa en un temporizador programado cada 10 minutos y

coordina la lectura entre las tres variables físicas que se monitorearon mediante, la recepción de la información se asegura de no recibir valores completos y atípicos ya que bajo las condiciones a las que se someten los sensores, sus lecturas pueden sufrir perturbaciones. Para el almacenamiento de datos, la información es graficada y guardada en un archivo de texto por lo que puede ser consultada (de ser necesario) como lo muestra Borquez-Lopez *et al*., 2017. En la figura 2, se muestran las conexiones de los diferentes componentes utilizados (tarjeta electrónica, GUI y sensores).

Se realizó un ensayo en el cual se construyó un sistema de producción de brotes de frijol. El sistema estuvo conformado de la siguiente manera: dos depósitos de agua con capacidad para 200 litros cada uno, una bomba hidráulica para el riego de medio caballo de fuerza, un temporizador, un relevador para arrancar la bomba y una electroválvula, que permitieron la automatización por tiempos de los riegos. El sistema de riego se fabricó en su totalidad con pvc hidráulico de 1". La confiabilidad del equipo se determinó mediante un análisis de sensibilidad, precisión y exactitud (Cuadro 1). La sensibilidad esta descrita por la ecuación dos donde m es la pendiente de la recta determinado por el método de mínimos cuadrados; P es la precisión. La precisión está determinada por la ecuación cinco y exactitud por le ecuación cuatro (Leach, 2014).

Cuadro 1. Ecuaciones empleadas para medir la confiabilidad del equipo utilizado

$Pendiente\ (m) = \frac{Sxy}{Sxx}$	Ecuación 1
$Sensibilidad\ (s) = \frac{m}{P}$	Ecuación 2
$Media\ (\mu) = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} Xi}{N}$	Ecuación 3
$Exactitud\ (E) = \frac{Sxy}{Sxx}$	Ecuación 4
$Precisión\ (P) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=N}(Xi-\mu)^2}{N}}$	Ecuación 5

El ensayo consistió en un ciclo de producción de 4 días, contando como inicio la hora en que se sembró la semilla y su término al cosecharse el cultivo. La densidad de siembra fue de 200 gramos y se realizó en un recipiente plástico con una capacidad de 4 litros, previamente la semilla se mantuvo en remojo por 5 horas. Los riegos fueron de 12 segundos y se programaron con intervalos de 2 horas durante el ciclo completo. El agua de riego se mantuvo a temperatura ambiente todo el tiempo. Se consideraron cuatro etapas en el ciclo completo del cultivo, las etapas se dividieron en 24 horas cada una (día 1, día 2, día 3 y día 4), tomando como inicio el día 1, de las 6:20 p.m. (hora que inicio el experimento), a las 6:20 p.m. del día siguiente

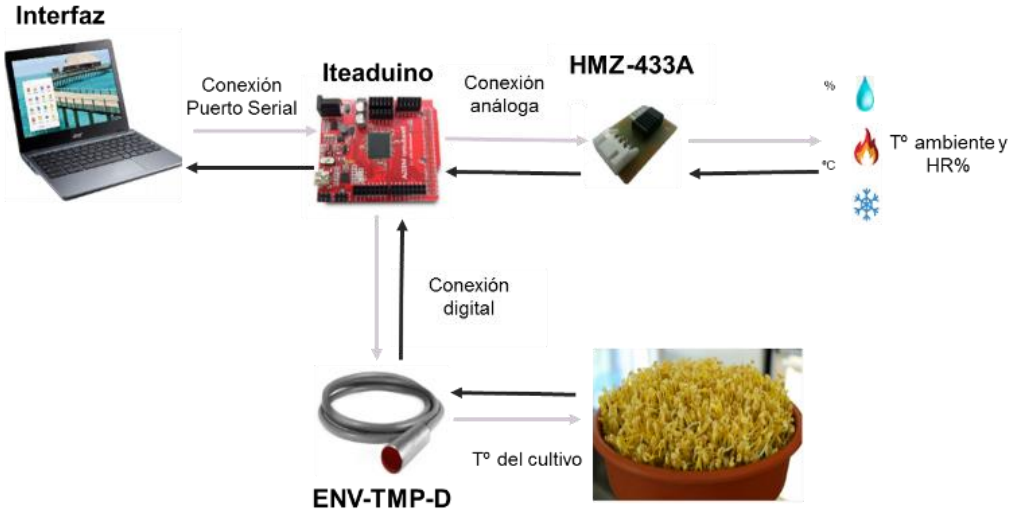


Figura 2. Diagrama de los componentes empleados para el SAD.

respectivamente hasta el día 4 a las 6:20 pm. El sensor se instaló en el fondo del recipiente para estar en contacto con la semilla todo el tiempo. En la figura 3 muestra los componentes utilizados en la evaluación del SAD en un ciclo de cultivo.

Figura 3. Componentes utilizados para la evaluación del SAD en un cultivo de brotes de frijol

Análisis estadístico

Para la validación del SAD, el análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva con métodos gráficos y métodos numéricos, para métodos numéricos se utilizaron medidas de tendencia central y de dispersión. Estos análisis estadísticos nos permitieron interpretar el funcionamiento general del SAD. Para la estadística inferencial se aplicó un análisis de varianza de una vía de clasificación. El paquete computacional utilizado fue sigmaplot versión 12.0 para Windows.

Resultados y discusión

La GUI se puede observar en la figura 4. La información desplegada por el GUI se muestra a través de etiquetas, en la parte superior derecha se

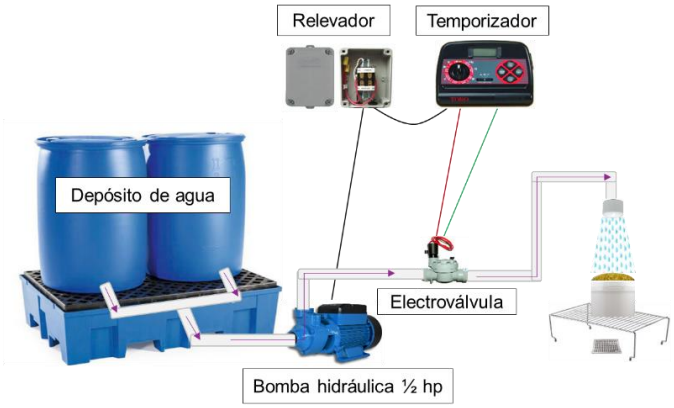


Figura 3. Componentes utilizados para la evaluación del SAD en un cultivo de brotes de frijol.

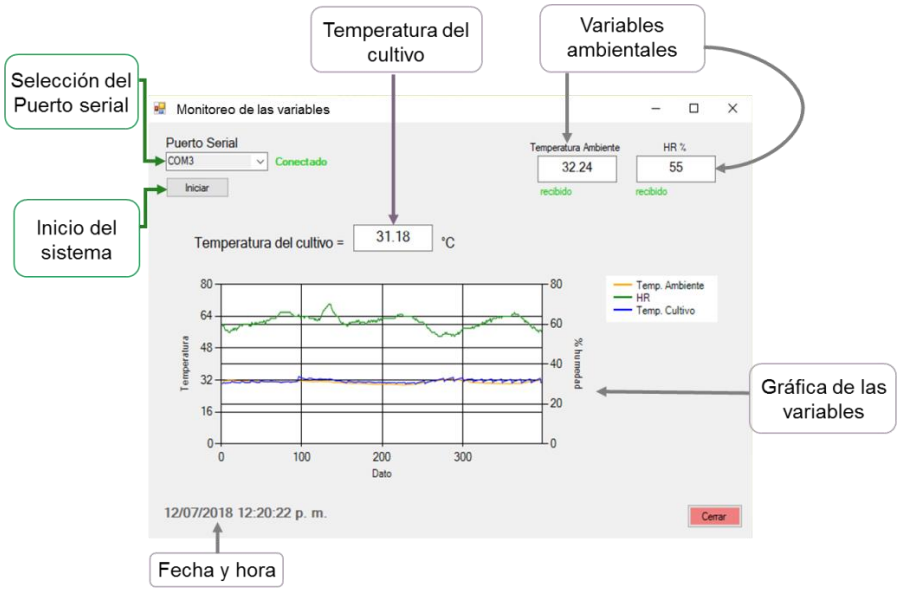


Figura 4. Diseño y descripción de la interfaz de usuario grafica del SAD.

despliegan los datos de las variables ambientales, al centro la temperatura radicular del cultivo y a la izquierda el puerto serial (COM3) asignado por la computadora. En el centro del GUI se muestra la gráfica histórica de cada variable almacenada en la base de datos y en la parte inferior de la izquierda la fecha y hora actual. El SAD registró 1713 (577 datos para temperatura radicular, 577 datos para temperatura ambiental y 577 datos para humedad relativa) datos durante los 4 días de duración del ensayo, de acuerdo con los publicado por Bórquez-López *et al*., 2016 indica una buena continuidad de operación del sistema. La precisión, exactitud y sensibilidad calculada a través de los datos almacenados por el SAD (Tabla 1), de la temperatura radicular fue de ±0.24 °C, lo que indica que el SAD es adecuado para su uso en el cultivo de brotes de soya. Toledo (2016) menciona que temperaturas por debajo de 8 °C y por arriba de 40 °C no hay desarrollo el umbral de temperatura. La tabla 1 nos indica la precisión, exactitud y sensibilidad del sistema de adquisición de datos.

En la figura 5 se presenta el comportamiento de las variables durante todo el ciclo de cultivo (4 días). Los resultados muestran que el comportamiento de la temperatura radicular del cultivo es dependiente de la temperatura ambiente por lo que el coeficiente de correlación fue de r = 0.9, se puede observar una disminución en la temperatura radicular en un 3.5% por cada aplicación del riego realizado cada dos horas. Respecto a la humedad relativa, el SAD registro de forma correcta debido al comportamiento observado con una tendencia a bajar cuando la temperatura ambiente subía y viceversa por lo que, de acuerdo a la física, la humedad relativa es una variable inversamente proporcional a la temperatura (Vázquez-López, 2010). El comportamiento en la temperatura radicular (Figura 5) se pueden observar variaciones, estas concuerdan con la aplicación de riego, donde representan.

En el primer día de cultivo se puede observar en la figura 6 y en la tabla 2 la misma temperatura media (31.2 ± 0.79 °C) debido a que aún no se genera biomasa en el cultivo, conforme pasa el tiempo, la temperatura de radicular del cultivo es mayor, sin

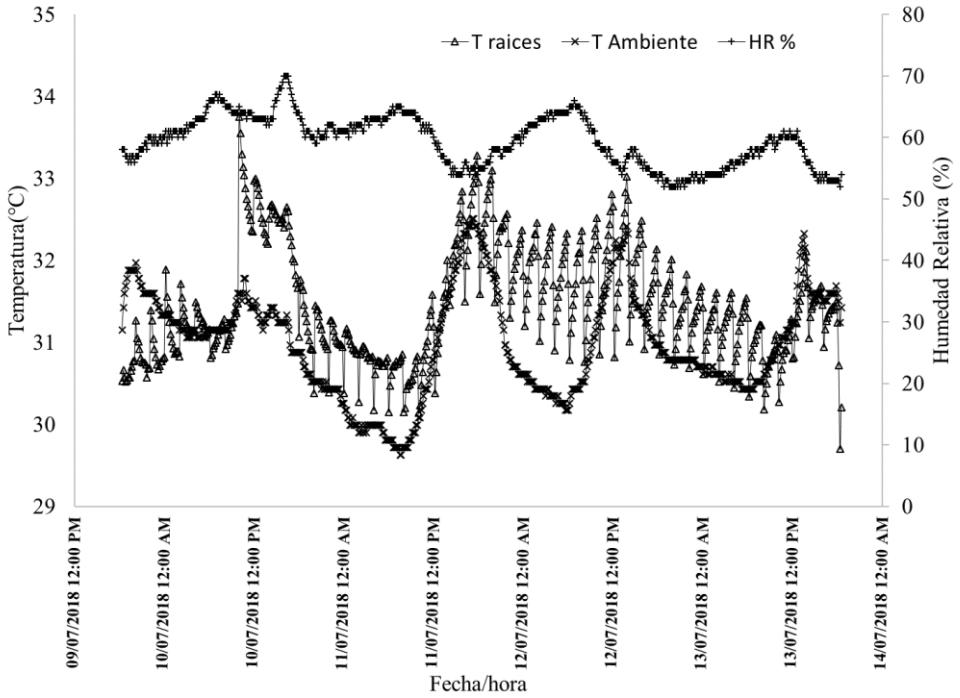


Figura 5. Comportamiento de las variables durante el ciclo completo; Humedad relativa (%), temperatura de las raíces (°C) y temperatura ambiental (°C), durante los 4 días del ensayo.

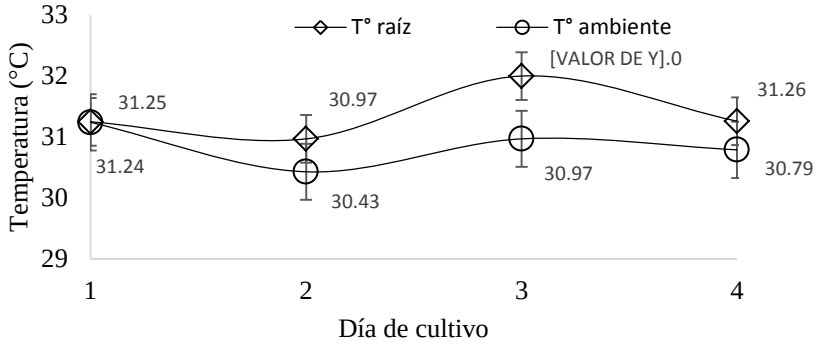


Figura 6. Temperatura media con barra de desviación estándar durante los cuatro días de cultivo.

Tabla 2. Media ± desviación estándar de temperatura por día.

Días	T raíz (°C)	T ambiente (°C)	Diferencia (%)
1	31.25 ± 0.793[a]	31.24 ± 0.255[a]	0.03
2	30.97 ± 0.687[a]	30.43 ± 0.855[a]	1.77
3	32.00 ± 0.523[a]	30.97 ± 0.652[b]	3.33
4	31.26 ± 0.392[a]	30.79 ± 0.468[a]	1.53
	31.32 ± 0.59	30.97 ± 0.55	1.13

embargo, a partir del día 4 la temperatura empieza a disminuir sin llegar a igualarse a la temperatura ambiental. La diferencia de temperatura en el día dos y cuatro fue de 1.74% 1.50% respectivamente sin mostrar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), para el día tres de cultivo se obtuvo una diferencia de 3.2% por lo que se encontró diferencias estadísticamente. Estos resultados concuerdan con los publicados por Schrader (2017), en el que indica que la temperatura radicular de un cultivo de brote de soya, es mayor a la temperatura ambiental.

El análisis de coeficiente de correlación muestra una relación lineal positiva ($r = 0.90$) en el gráfico de dispersión de la figura 7. Esto nos indica que la temperatura radicular del cultivo de brotes de soya presenta una dependencia de la temperatura ambiental. El modelo de regresión lineal nos indica la variación de resultados con un coeficiente de determinación de $R2 = 0.81$. El umbral de temperatura en el cual se evaluó el coeficiente de correlación concuerda con las temperaturas publicadas por otros autores para evaluar el crecimiento del cultivo (Islam *et al*., 2014; Kumari *et al*., 2018).

Conclusiones

Mediante los resultados obtenidos, se logró diseñar, implementar y validar un sistema de adquisición de datos para las mediciones de la temperatura radicular en un cultivo de brotes de frijol mungo de manera confiable al presentar una exactitud de 2.57% y una precisión de ±0.24 °C. El sistema también cuenta con datos confiables que permiten conocer la humedad relativa y la temperatura ambiental. Mediante el ensayo realizado para la evaluación del SAD, fue posible monitorear los rangos de temperatura por los que se mantuvo el cultivo durante su ciclo completo, mostrando una sensibilidad (0.045) que permitió identificar de manera puntual y clara, la influencia de los riegos (cada dos horas), la temperatura ambiente y humedad relativa sobre la temperatura radicular del cultivo. El sistema propuesto, es factible su uso para cultivos comerciales de brotes de frijol mungo y similares, así como para fines de investigación.

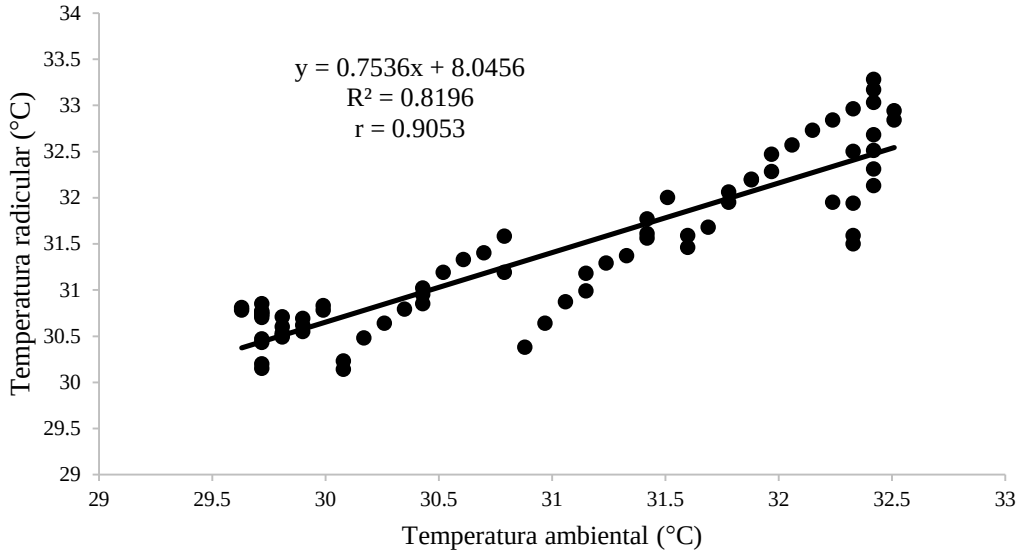


Figura 7. Relación temperatura radicular del cultivo de brote de soya con la temperatura ambiental.

Referencias

Allende, A., McEvoy, J. L., Luo, Y., Artes, F., & Wang, C. Y. (2006). Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed "Red Oak Leaf" lettuce. *Food Microbiology*, *23*(3), 241–249. https://doi.org/10.1016/j.fm.2005.04.009

Bórquez-Lopez, R. A., Martínez, L. R., Casillas, R., López, J. A., Barraza, R. H., Gil, J., & Ibarra, C. (2016). Monitoreo del indice de caliad de agua para camaronicultura por medio de un hardware de acceso abierto. *Biotecnia*, *XIX*(3), 45–49. Retrieved from http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/449

Chen, J., Hu, Y., Wang, J., Yao, Y., & Hu, H. (2017). Respiration Rate Measurement and Chemical Kinetic Modelling for Mung Bean Sprouts. *Journal of Food Process Engineering*, *40*(1), 1–7. https://doi.org/10.1111/jfpe.12346

Faugel, H., & Bobkov, V. (2013). Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running. *Fusion Engineering and Design*, *88*(6–8), 1276–1279. https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2012.12.005

Islam, F., Yasmeen, T., Noman, A., Akram, M. S., Ali, Q., & Javed, M. T. (2014). Biologically treated wastewater fertigation induced growth and yield enhancement effects in Vigna radiata L. *Agricultural Water Management*, *146*, 124–130. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.025

Kumari, P., Meena, M., Gupta, P., Dubey, M. K., Nath, G., & Upadhyay, R. S. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria and their biopriming for growth promotion in mung bean (Vigna radiata (L.) R. Wilczek). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *16*(May), 163–171. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.030

Leach, R. (2014). *Some basics of measurement*. *Fundamental Principles of Engineering Nanometrology* (Second Edi). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-7753-2.00002-5

Martín, F. J. F., Llopis, M. V., Rodríguez, J. C. C., González, J. R. B., & Blanco, J. M. (2014). Low-cost open-source multifunction data acquisition system for accurate measurements, *55*, 265–271. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.05.010

Nagar, V., Hajare, S. N., Saroj, S. D., & Bandekar, J. R. (2012). Radiation processing of minimally processed sprouts (dew gram and chick pea): Effect on sensory, nutritional and microbiological quality. *International Journal of Food Science and Technology*, *47*(3), 620–626. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02885.x

P. Kurtzwell. (1999). Questions keep sprouting about sprouts. FDA Consumer, pp. 18-22.

Savic, M., & Gersak, G. (2015). Metrological traceability of a system for measuring electrodermal activity. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, *59*, 192–197. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2014.09.010

Schrader, W. L. (2017). Sprout Production in California. *Sprout Production in California*, 10367–10372. https://doi.org/10.3733/ucanr.8060

Sikin, A. M., Zoellner, C., & Rizvi, S. S. H. (2013). Current Intervention Strategies for the Microbial Safety of Sprouts. *Journal of Food Protection*, *76*(12), 2099–2123. https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-12-437

Świeca, M., & Gawlik-Dziki, U. (2015). Effects of sprouting and postharvest storage under cool temperature conditions on starch content and antioxidant capacity of green pea, lentil and young mung bean sprouts. *Food Chemistry*, *185*, 99–

105. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.108

Tang, D., Dong, Y., Guo, N., Li, L., & Ren, H. (2014). Metabolomic analysis of the polyphenols in germinating mung beans (Vigna radiata) seeds and sprouts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(8), 1639–1647. https://doi.org/10.1002/jsfa.6471

Toledo, R. E. (2016). Bases ecofisiológicas para el manejo de poroto mung [Vigna radiata (L.) Wilczek]. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC.*, 1–13.

U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. (2017). Compliance with and Recommendations for Implementation of the Standards for the Growing , Harvesting , Packing , and Holding of Produce for Human Consumption for Sprout Operations : Guidance for Industry Draft Guidance. *Draft Guidance for Industry*, *1*(January), 1–125. Retrieved from https://www.fda.gov/downloads/food/guidanceregulation/guidancedocumentsregulatoryinformation/ucm537031.pdf

Vázquez-López, S. (2010). Agro-Tecnología educativa: Sistema de adquisición de datos climáticos para la docencia. *Revista Avances En Sistemas e Informática*, *7*(2), 37–46. https://doi.org/10.1021/es001372a.30.