

### DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA ELECTROFISIOLÓGICA DE LENTEJA EN PASTIZALES UTILIZANDO ARDUINO

Luis Fuentes Martínez<sup>1</sup>, Viktor Rodríguez Abdala<sup>1</sup>, Diana Ortiz Esquivel<sup>1</sup>, José Ortega Sigala<sup>1</sup>, Claudia Sifuentes Gallardo<sup>1</sup>, Mario Cleva<sup>2</sup>, Oscar Cruz Dominguez<sup>3</sup> y Héctor Durán Muñoz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Centro, 98000.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Facultad Regional Resistencia. Chaco.

<sup>3</sup>Universidad Politécnica de Zacatecas. Parque Industrial, Fresnillo, México.

Autor por correspondencia: [hectordura3@gmail.com](mailto:hectordura3@gmail.com)

#### RESUMEN

La importancia de la señal eléctrica en las plantas radica en que a través de ella se puede analizar el estrés hídrico que se genera en las plantas por la sequedad del suelo. Por lo tanto, los cambios en las variables ambientales generan modificaciones en la señal eléctrica que se genera en el sitio de estimulación. Entonces, la señal eléctrica que genera una planta puede ser útil como sensor robusto para traducir información compleja del medio ambiente, es decir, una planta puede ser considerada como biosensor. Incluso la señal eléctrica generada por las plantas puede proporcionar información valiosa para monitorear las condiciones ambientales, como la contaminación del aire. Además, en comparación con los sistemas de monitoreo tradicionales, el uso de biosensores tiene la ventaja de mostrar el impacto real de contaminantes en organismos, proporcionando así datos adicionales. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue implementar un sistema electrónico basado en Arduino para determinar la respuesta electrofisiológica de la lenteja en pastizales. Entre los principales resultados de este trabajo se encuentra el cambio de respuesta eléctrica de la planta con estimulación de luz ambiental.

**Palabras clave:** Arduino, crecimiento de plantas, electrofisiología vegetal y Lenteja.

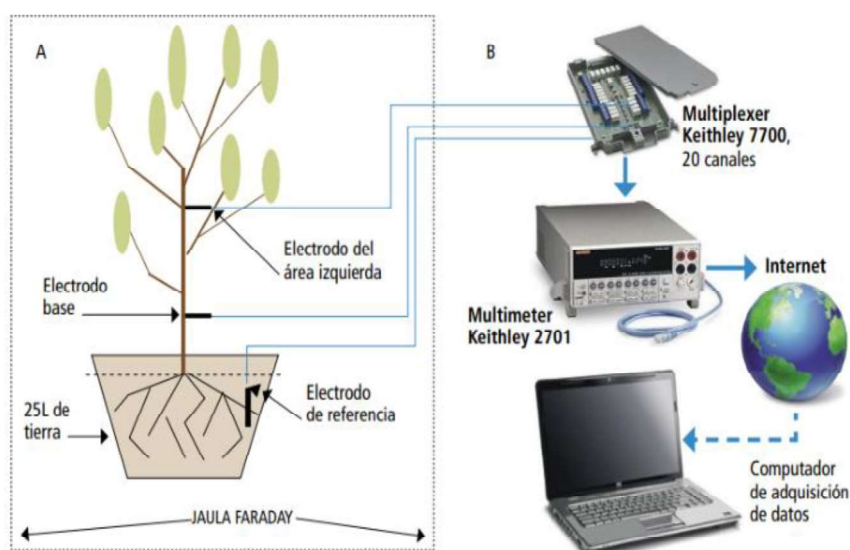
#### ABSTRACT

The importance of the electrical signal in plants lies in the fact that through it the water stress that is generated in plants by dry soil can be analyzed. Therefore, changes in environmental variables generate modifications in the electrical signal that is generated at the stimulation site. Then, the electrical signal generated by a plant can be useful as a robust sensor to translate complex information from the environment, that is, a plant can be considered as a biosensor. Even the electrical signal generated by plants can provide valuable information for monitoring environmental conditions, such as air pollution. Furthermore, compared to traditional monitoring systems, the use of biosensors has the advantage of showing the real impact of contaminants on organisms, thus providing additional data. Therefore, the objective of this work was to implement an electronic system based on Arduino to determine the electrophysiological response of lentil in grasslands. Among the main results of this work is the change in the electrical response of the plant to the stimulation of ambient light.

**Keywords:** Arduino, plant growth, plant electrophysiology and Lentil.

### INTRODUCCIÓN

En todos los seres vivos (animales, plantas, bacterias) existe presencia de actividad eléctrica. En las plantas existe una respuesta eléctrica de baja intensidad que se propaga desde la raíz hasta las hojas. La ciencia encargada de estudiar la presencia eléctrica de la actividad vegetal es la electrofisiología (Ndung'u et al., 2021). La técnica de electrofisiología vegetal puede resultar útil para determinar el estrés en plantas, para las cuales es necesario realizar mediciones sobre la planta, además de colocar pequeños electrodos, los cuales se insertan en diferentes tejidos a lo largo de toda la planta, desde la raíz hasta los frutos y son conectados a un sistema de medición de voltaje (Vetcha, 2021). Por ejemplo, a un multímetro, con la finalidad de medir las diferencias de potencial que se van generando a lo largo de la planta y poder determinar cómo viaja la señal eléctrica hacia la base o ápice de la planta, donde se generará una respuesta fisiológica característica para la condición a la cual está siendo expuesta. La respuesta fisiológica genera también un nuevo impulso eléctrico que viaja a otros órganos de la planta y puede ser detectado por los mismos electrodos (Ríos-Rojas et al., 2015). Es necesario que las mediciones se realicen en una jaula Faraday, esto es para evitar la interferencia de cualquier otro tipo de señal eléctrica y/o electromagnética cercana a las plantas en observación (Figura 1). Esto debido a que los impulsos eléctricos detectados en la planta son de baja intensidad y duración.



**Figura 1.** Esquema de conexión

Por ejemplo, estudios recientes han relacionado cuantitativamente cambios de voltaje (mV) entre la raíz y la hoja de una planta y se han asociado estos cambios en el contenido hídrico del suelo. Así como modificaciones de la intensidad luminosa y modificaciones en la disponibilidad de nutrientes. Permitiendo detectar condiciones de estrés y así incrementar la productividad de los

cultivos en forma significativa. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar la respuesta electrofisiológica de lenteja (*lens culinares*), con la finalidad de caracterizar su señal eléctrica. Para posteriormente identificar causas de estrés en dicha planta mediante su respuesta electrofisiológica.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La primera etapa de este trabajo consistió en analizar la lenteja (*Lens culinaris*), siendo una planta herbácea, es decir, que tiene las características de la hierba. Pertenece a la familia de las *fabaceae* o *papilionaceae*, es una legumbre que crece en una envoltura conocida como vaina que contiene una o dos semillas. Son fijadoras de nitrógeno, este es un proceso de transformación del N<sub>2</sub> atmosférico relativamente no reactivo, a través de la simbiosis de unas bacterias del género *Rhizobium leguminosarum*. Su proceso de germinación se distingue por las siguientes tres etapas. La primera consiste en la hidratación, donde se produce una absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Este incremento es acompañado por un aumento proporcional en la actividad respiratoria. La segunda etapa de este trabajo consistió en la germinación, que produce las transformaciones metabólicas para el desarrollo de la plántula (planta en sus primeras fases de desarrollo). Aquí la absorción del agua se reduce. La tercera etapa es la de crecimiento, en la cual se ven cambios morfológicos.

Además, la absorción de agua vuelve a aumentar, al igual que la actividad respiratoria. Respecto a sus requerimientos edafoclimáticos, esta se adapta de manera adecuada a condiciones agroclimáticas. Requiere una temperatura que oscila entre los 6°C a 28°C y precipitaciones anuales de 260 a 850 mm. Le desfavorecen las nevadas y rocíos. En las exigencias del suelo el cultivo de la lenteja requiere un suelo con un pH entre 5.5 a 8. Es un cultivo sensible a la salinidad, así pues, los suelos con presencia de sal se presentan como un obstáculo para la productividad del cultivo de lentejas. Requiere suelos profundos, frescos, ricos en materia orgánica y sueltos. No tolera los suelos encharcados y mal drenados.

Del proceso de germinado se obtuvo la lenteja, para lo cual fue necesario lavarla y enjuagarla en 3 ocasiones. Después se humedecieron los algodones y se colocaron en los contenedores. Finalmente se agregaron las lentejas y se taparon los contenedores dejando las ventilaciones abiertas. El proceso de germinación se muestra en la Figura 2, en donde se presenta desde el día 1 hasta el día 15.



**Figura 2.** Proceso de germinación de lenteja (*Lens Culinaris*)

La longitud de las plantas fue medidas en el día 27 (Figura 3), teniendo una longitud de 15 cm.



**Figura 3.** Proceso de germinación de lenteja (*Lens Culinaris*).

Por otro lado, para poder realizar las mediciones de electrofisiología se implementó un arreglo electrónico sencillo (Figura 4). Dicho arreglo es sumamente económico y fácil de armar.

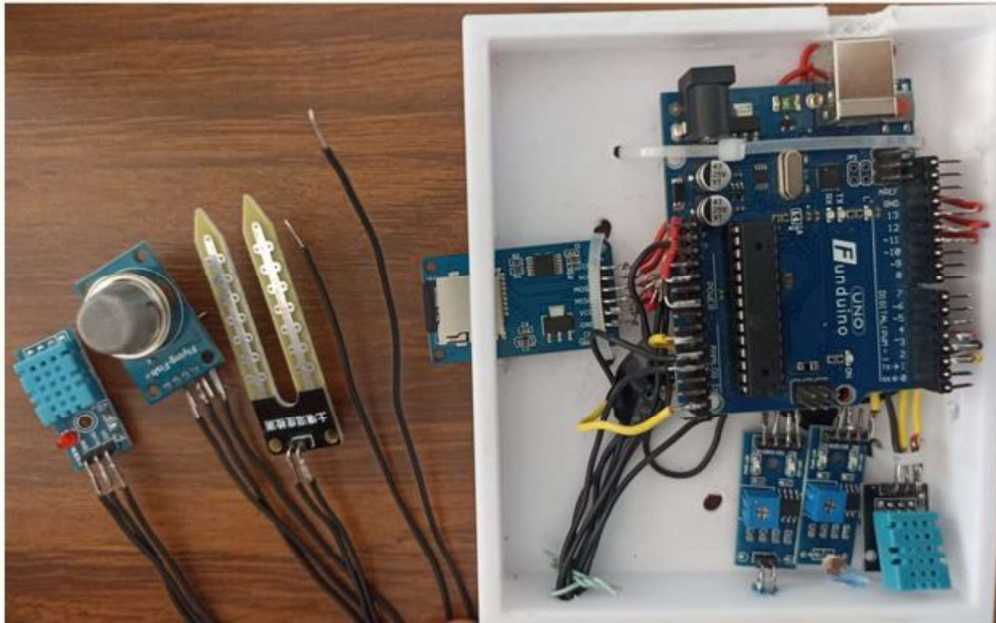


Figura 4. Arreglo electrónico utilizado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el uso del arreglo experimental utilizado (Figura 4), se obtuvieron los primeros resultados preliminares, los cuales muestran una actividad electrofisiológica parecida entre cada planta de lenteja. En la Figura 5-i) se muestra la respuesta electrofisiológica de tres distintas plantas, las cuales son parecidas. Para estas plantas las condiciones de iluminación ambiental fueron normales. Mientras que las plantas de la Figura 5-ii) fueron expuestas a una menor cantidad de luz solar, muestran una menor respuesta electrofisiológica.

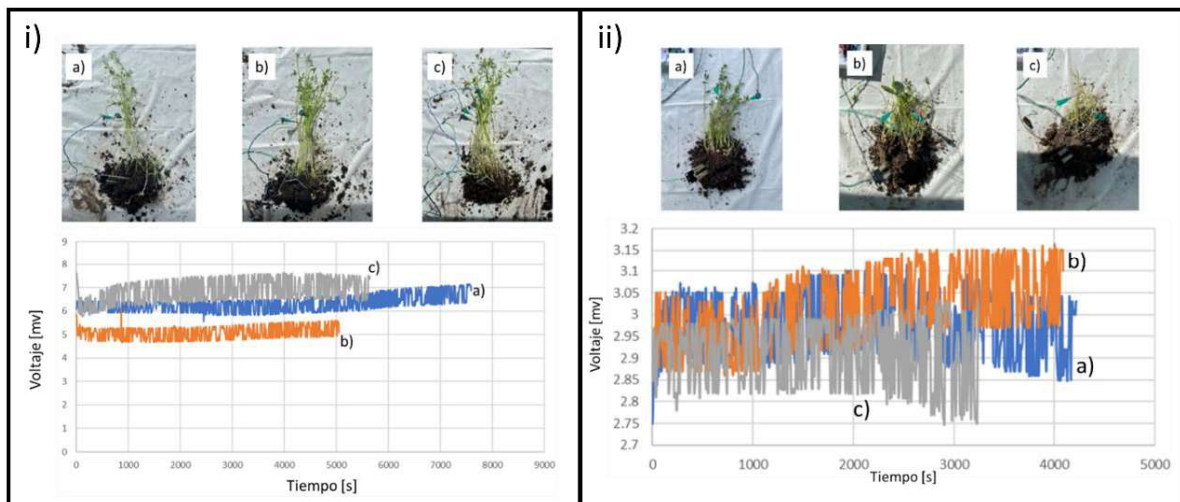


Figura 5. i) Respuesta electrofisiológica con luz. ii) Respuesta electrofisiológica sin luz

### CONCLUSIONES

La técnica de electrofisiología puede llegar a ser una útil herramienta para determinar el estado de estrés que puede llegar a tener una planta bajo condiciones ambientales adversas. Además de ser una técnica sencilla de implementar. Finalmente, el costo del arreglo electrónico es bajo comparado con equipos comerciales, por lo que resulta idóneo para determinar si alguna planta se encuentra bajo estrés hídrico.

### LITERATURA CITADA

- Ndung'u Ruth Wairimu, Kamweru Paul Kuria, Kirwa Abraham Tuwe. 2021. Action and variation potential electrical signals in higher plants. African Journal of Biological Sciences. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.3.1.2021.1-18>
- Ríos-Rojas Liliana, Morales-Moraga David, alcalde Jose and Luis A Gurovich. 2015. Use of plant woody species electrical potential for irrigation scheduling. Plant Signaling & Behavior 10:2, e976487; <http://dx.doi.org/10.4161/15592324.2014.976487>
- Vetcha Satya Lalitha Samhita. 2021. A Review on Plant Signal Processing. 7th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS), 978-1-6654-0521-8 ©2021 IEEE