

APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA LUMINOSA PARA LA GENERACIÓN DE BIOELECTRICIDAD A TRAVÉS DE PLANTAS ORNAMENTALES

M. Lara-Castro

Y. Bautista-Bautista

F. Lopez-Huerta

R. Hernandez-Xolo

J. M. UscangaVillalba



USE OF LIGHT ENERGY FOR THE GENERATION OF BIOELECTRICITY THROUGH ORNAMENTAL PLANTS

APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA LUMINOSA PARA LA GENERACIÓN DE BIOELECTRICIDAD A TRAVÉS DE PLANTAS ORNAMENTALES

M. Lara-Castro^{1*}, Y. Bautista-Bautista², F. Lopez-Huerta³, R. Hernandez-Xolo¹, J. M. Uscanga-Villalba¹

¹ Electro Systems and Technological Solutions SA de CV, Xalapa, Veracruz, México.

² Biosensing SA de CV, Guaje #1, :C.P. 91194, Xalapa. México.

³ Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica(FIME), Universidad Veracruzana, Calz. Ruiz Cortines s/n, C.P.94292, Boca del Río, Veracruz, México.

*Email: mlara.estecs@gmail.com

ABSTRACT

The study of ornamental species for the generation of clean energy allowed to obtain four species of plants: Gardenia, Hortensia, Helecho and Azalea with electrical potentials of 2.83, 2.49, 2.45 and 1.97 V, respectively. To achieve greater electrical potential, a series circuit was manufactured, placing four adult plants (Helecho, Gardenia, Helecho, Gardenia), using zinc and copper electrodes as anode and cathode, voltage measurements were recorded at 30 min intervals during one week. The plants connected in series circuit presented electric potential to turn on 7 LEDs with voltages from 1.77 to 2.64 V. In this way, it is possible to obtain clean energy, to improve the results it is necessary to adapt the conditions of the plant for efficient transport of electrons and the study of plant photosystems and the electrical conductivity of the soil to achieve greater energy efficiency.

Keywords: energy, photosynthesis, electric potential, plants, voltage.

Fecha de aceptación: Junio 18, 2020.

RESUMEN

El estudio de especies ornamentales para la generación de energía limpia permitió obtener cuatro especies de plantas: Gardenia, Hortensia, Helecho y Azalea con potenciales eléctricos de 2.83, 2.49, 2.45 y 1.97 V, respectivamente. Para lograr un mayor potencial eléctrico se fabricó un circuito en serie, colocando cuatro plantas adultas (Helecho, Gardenia, Helecho, Gardenia), utilizando electrodos de zinc y cobre como ánodo y cátodo, las mediciones de voltaje se registraron en intervalos de 30 min durante una semana. Las plantas conectadas en circuito en serie presentaron potencial eléctrico para encender 7 leds con voltajes desde 1.77 a 2.64 V. De esta manera, es posible la obtención de energía limpia, para mejorar los resultados, es necesario adecuar las condiciones de la planta para un eficiente transporte de electrones y el estudio de los fotosistemas de la planta y la conductividad eléctrica del suelo para lograr mayor eficiencia energética.

Palabras clave: energía, fotosíntesis, potencial eléctrico, plantas, voltaje.

INTRODUCCIÓN

La empresa de base tecnológica Electro Systems and Technological Solutions SA de CV ubicada en la ciudad de Xalapa, Ver., dedicada al desarrollo de ecotecnología innovadora con apoyo de las TICs y sistemas microelectrónicos para implementar soluciones dirigidas a atender sectores clave en el crecimiento tecnológico, social y económico, integrando filosofías amigables con el entorno natural. Reconoce una de las necesidades en algunos sectores de la población, como la falta de electricidad y de las consecuencias negativas para el medio ambiente por el uso de fuentes de energía no renovables: carbón, petróleo y gas natural. Para mitigar la gran

cantidad de gases de efecto invernadero, emisión y reducción del calentamiento global se han propuesto las tecnologías de energía renovable mediante el aprovechamiento de las formas primarias de energía solar (calor y la luz), que son transformadas y absorbidas en el medio ambiente de múltiples maneras [1].

Uno de los orquestadores en la transformación de energía luminosa como fuente de energía eléctrica son las plantas, ya que estas por medio de los pigmentos del complejo antena captan fotones para transfórmalos en energía eléctrica: en un estado adecuado de la planta, las clorofilas excitadas transfieren la energía de excitación a los centros de reacción de los fotosistemas I y II, para

iniciar el proceso de transferencia de electrones y la producción de NADPH y ATP [2]. La energía almacenada y la producción de azúcares en estas moléculas puede aprovecharse más adelante para impulsar los procesos celulares en la planta (crecimiento, turgencia en las hojas, desarrollo de flores, entre otros) y puede servir como fuente de energía para todas las formas de vida. Casi todos los fotones absorbidos participan en la fotoquímica, pero solo una cuarta parte de la energía de cada fotón se almacena y el resto se convierte en calor. Este proceso ocurre de forma natural y en cuestión de microsegundos a milisegundos, a diferencia de los paneles solares. Por lo que se considera una fuente prometedora de bioenergía como estrategia de mitigación del cambio climático.

Hasta la fecha se han realizado estudios en la aplicación de sistemas fotosintéticos naturales para la conversión de energía, por ejemplo, el uso de bacterias fotosintéticas que generan gas hidrógeno utilizando luz solar como única fuente de energía [3]. La empresa Planta-e, establece el uso de plantas en celdas de combustible vegetal microbiana (PMFC), a través de la fotosíntesis, el sistema radicular libera exudados orgánicos en el suelo, los microorganismos que están en el suelo desintegran la materia orgánica (MO) y producen electrones al ánodo que luego migra al cátodo para generar energía eléctrica [4]. En nuestro análisis

presentamos cuatro candidatos para la generación de energía: Helecho, Hortensia, Gardenia y Azalea. Basado en un prototipo de instalación en serie entre los grupos de plantas, en el que se emplea un ánodo (que acepta electrones) y un cátodo (que dona electrones). Para la creación de un generador bioeléctrico que aprovecha los cambios oxidoreducción de las plantas y el suelo, promoviendo la generación de la bioelectricidad y asegurando energía limpia, sustentable y renovable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se utilizaron cuatro especies de plantas adultas: Gardenia, debido a que puede tolerar suelos con pH ácidos. Helecho por su rápida adaptabilidad y eficiencia fotosintética en interiores, Hortensia y Azalea por su facilidad de cultivo. Las plantas fueron aclimatadas, en condiciones controladas, a una temperatura promedio de $26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ y una densidad de flujo fotónico fotosintético (DFFF) de $800\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. La fertilización orgánica se complementó con una solución nutritiva de lixiviado de lombricomposta una vez por semana, el sustrato de las plantas consistió en 1:1 tierra negra y agrolita. En donde se mantuvo el riego constante cada segundo día.

Construcción de un prototipo generador bioelectrónico y mediciones de capacidad eléctrica

Para la generación de energía, se diseñó un arreglo de cuatro plantas: helecho, gardenia, hortensia y azalea. Con la integración de un circuito en serie, se ubicó en el sustrato a 5 cm de distancia de la raíz de cada planta, un ánodo (electrodo negativo) al zinc que hará la pérdida de electrones (oxidación) y al cobre como cátodo (electrodo positivo), donde ocurrirá la ganancia de electrones (reducción). Posteriormente, se instaló un soporte tipo poste de la iluminaria led, para la evaluación de 7 leds con diferentes requerimientos de intensidad de voltaje y corriente. Para conocer la capacidad eléctrica de las plantas se realizaron mediciones de voltaje con un multímetro de banco UNI-T UT805A™ y sobre la adaptabilidad de las plantas para tolerar los electrodos en la rizosfera se tomó en cuenta con las observaciones morfológicas. Las mediciones se realizaron con carga y sin carga con la intención de identificar si había una disminución de voltaje que pudiera afectar el rendimiento del prototipo lámpara. Los datos se tomaron de 10:00- 13:00 h con tres replicas por especie y en arreglo durante una semana.

Análisis estadísticos

Las mediciones se realizaron con tres repeticiones para determinar la variación entre las variables evaluadas de las cuatro especies de plantas individuales y en sistema en serie de las plantas potenciales. Los datos se procesaron por Análisis de Varianza (ANOVA) y se hicieron comparaciones múltiples de medias (Tukey, $\alpha=0.05$) con el programa estadístico IBM SPSS™ Statistics V21.0 (IBM Corporation™, Armonk, New York).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Selección de especie para la construcción de un prototipo bioeléctrico

Para determinar la especie con mayor potencial eléctrico, se monitoreó durante una semana con un multímetro UNI-T UT805A el voltaje de Helechos, Hortensia, Gardenia y Azalea, donde se encontró que Gardenia presentaba mayor voltaje (mayor cantidad de energía eléctrica), con diferencias significativas (2.838 ± 0.340 mV), respecto a los Helechos y Hortensia, mientras que Azalea presentó menor voltaje (1.979 ± 0.366 mV), Figura 1A. Esto se podría deber a la eficiencia fotosintética que presenta la planta Gardenia. En plantas de humedales (*I. aquatica* y Pontederiaceae), [5]

demonstró que las plantas si generan energía eléctrica durante la fotosíntesis obteniéndose un voltaje de 0.74 V. [6] demostraron que las plantas de *Gazania* presentaron rendimientos de 0.81 V. Nuestros resultados permiten sugerir que las plantas pueden ser una fuente de energía eléctrica, sin embargo, su nivel es bajo, por lo que se proponen otros análisis fisiológicos de la planta y la utilización de pruebas con cátodos y ánodo más eficientes para mejor aprovechamiento y almacenamiento de la energía limpia.

Con base a los resultados de la Figura 1A, se seleccionó a *Gardenia* y *Helecho*, para la construcción del prototipo bioeléctrico (Figura 2B), lo cual se monitoreó y obtuvo la medición del voltaje de los cuatro individuos conectados en serie, en intervalos de 30 minutos de 10:30 am-14:00 pm, con diferencias significativas entre los dos primeros tiempos 10:30-11:30 (0.25 y 0.35 mV), posteriormente los valores fueron constantes hasta las 14:00 h (0.35 mV), con voltajes más bajos que en plantas individuales, esto sugiere que la transferencia de electrones, la asimilación de CO₂ y fotosíntesis fueron constantes entre las 11:00-14:00 h, lo que nos permite proponer el análisis de las 24 h durante una semana, para conocer si existe una variación en la capacidad fotosintética para la obtención del potencial eléctrico, además de corroborar la medición con un multímetro de gancho (reconocido por la toma

de voltajes a menor escala), debido a que el circuito en serie presentó menor voltaje que las plantas individuales, lo cual podría sugerir que la señalización química entre las especies de plantas son demasiadas lentas por competencia de nutrientes, entre ellos el nitrógeno, elemento que promueve mayor contenido de pigmentos foliares y un mejor rendimiento fotosintético [7, 8].

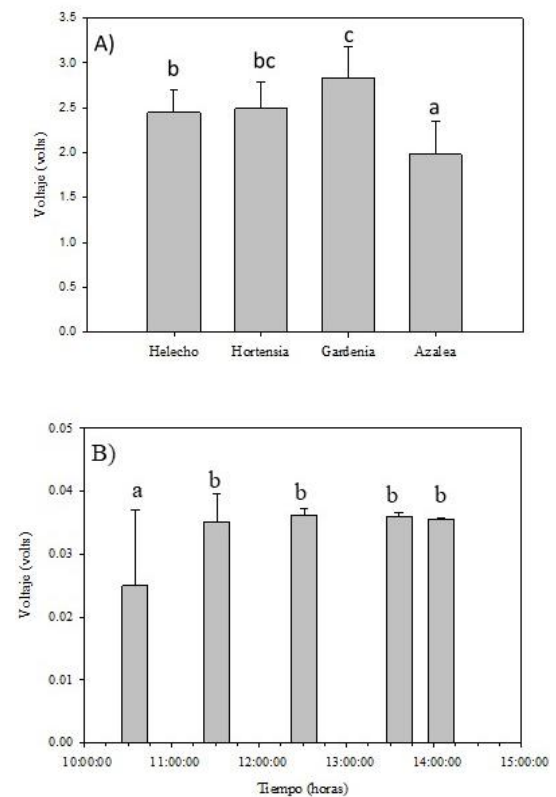


Figura 1. A) Voltaje por especie, *Helecho*, *Hortensia*, *Gardenia* y *Azalea*. B) Potencial eléctrico de la prueba de concepto de la conexión en serie del prototipo bioeléctrico. Los resultados se presentaron como medias \pm DE (desviación estándar). Letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con las comparaciones múltiples de medias (Tukey, $\alpha=0.05$).

Generador bioeléctrico con diferentes requerimientos de voltaje

Se utilizaron 7 tipos de leds clasificados de acuerdo con el color y voltaje requerido para encender, de los cuales el sistema en serie llegó al voltaje requerido de los 7 leds probados, es decir, encendieron. Sin embargo, el multímetro empleado dio como resultados corrientes <0.08 mA (figura 2B), esto se puede deber a la precisión del equipo empleado, por lo que se propone el uso de un multímetro que capte bajos voltajes. Existen otros temas de suma importancia, como profundizar más la investigación en temas del tipo de planta y suelo a utilizar, ya que se demostró que a un pH por debajo de 5.5 en del suelo, los niveles de acidez son altos y que los nutrientes como calcio, magnesio, molibdeno y fósforo pueden no estar disponibles para las plantas; y un pH mayor a 6.8 (alcalino) disminuirá la solubilidad del hierro, fósforo, manganeso, zinc y cobre, que son esenciales para el metabolismo de la planta. Además, pH alcalinos pueden causar toxicidad por salinidad afectando los procesos bioquímicos de las plantas [9]. Se considera que este prototipo puede funcionar como primer acercamiento a un método alternativo para la obtención de energía a partir de plantas.

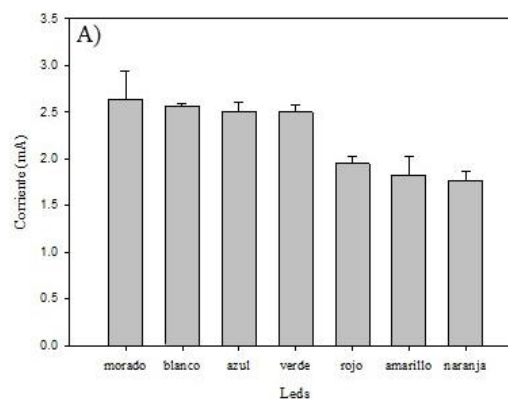


Figura 2. Valores eléctricos para encender siete leds con diferentes requerimientos de voltaje. A) Voltaje constante para encender los leds evaluados, B) Diseño de prueba de concepto del sistema en serie de las plantas potenciales Helecho y Gardenia.

CONCLUSIONES

Se logró un diseño de prueba de concepto con plantas potenciales (Helecho y Gardenia), para la captación de voltaje, obteniendo desde 1.77 a 2.64 V, promedio durante una semana para encender leds. La prueba de concepto tiene cierta efectividad gracias a las reacciones que ocurren en la fase fotosintética de las plantas en condiciones óptimas para su crecimiento y de la incorporación

de nutrientes en el suelo. Se propone más investigación para lograr un mayor flujo de corriente y flujo de voltaje.

Agradecimientos

Se agradece al proyecto SIP-IPN 20201575 por el financiamiento de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Panwar, N., Kaushik, S y Kothari, S, Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), pp. 1513-1524, 2011.
- [2] Küpper, H., Benedikty, Z., Morina, F., Andresen, E., Mishra, A y Trtílek, M, Analysis of OJIP Chlorophyll Fluorescence Kinetics and QA Reoxidation Kinetics by Direct Fast Imaging. *Plant physiology*, 179 (2), pp. 369-38, 2019.
- [3] Rosenbaum, M., He, Z y Angenent, L, Light energy to bioelectricity: photosynthetic microbial fuel cells. *Current Opinion in Biotechnology*, 21(3), pp. 259-264, 2010.
- [4] Timmers, R., Strik, D., Hamelers, H y Buisman, C, Electricity generation by a novel design tubular plant microbial fuel cell. *Biomass and Bio Energy*, 50, pp. 60–67, 2013.
- [5] Mazún R, Rosales E. M y Tamayo E, Electricity generation using vegetation to produce clean energy. *Advances in Engineering and Innovation*, 4 (8), pp. 57-63, 2019.
- [6] Mata, M., Dimas, A y Machuca, L, Generación de Electricidad a Base de Fotosíntesis. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 4(12), pp. 5-11, 2017.
- [7] Badar, J., Mohamed, F., Rehman, T y Nafees, A, Treatment of nitric oxide supplemented with nitrogen and sulfur regulates photosynthetic performance and stomatal behavior in mustard under salt stress. *Physiologia Plantarum*, 168 (2), pp. 490-510, 2019.
- [8] Silke, L., Thorsten, E., Rainer, M y Fromm, J, Characteristics of Electrical Signals in Poplar and Responses in Photosynthesis. *Plant Physiology*, 138, pp. 2200–2209, 2005.
- [9] Taiz, L. y E. Zeiger. *Plant physiology*. Sinauer Associates, Inc. Four Edition, 2003.