



Sistema electrónico para recolección de energía de celdas de combustible microbianas de plantas

Miguel Lara Castro^a

Sebastián Lorenzana Muñoz^b

Ana María Carmona Villanueva^c

Ana Carem Bonilla Hernández^d

Resumen – A través del paso del tiempo han surgido alternativas para la generación de energía, una de ellas es la celda de combustible microbianas, mediante este método se aprovecha la energía residual de los microorganismos, sin embargo, ha presentado deficiencias en su aplicación debido al rápido uso del sustrato por parte de los microbios para generar energía eléctrica. En este artículo se propone la implementación de celdas de combustible microbianas de plantas, las cuales agregan microorganismos al sistema de generación de energía y a través del proceso de fotosíntesis propician una interacción benéfica para el sustrato, permitiendo conservar sus propiedades, necesarias para la generación de energía eléctrica. Para almacenar la energía generada por la P-MFC es necesario conocer el comportamiento del voltaje, para así desarrollar el método más eficiente de recolección de energía diseñando un dispositivo de menor tamaño, dando la posibilidad crear un prototipo menos invasivo para la planta.

Palabras clave – P-MFC, energía sustentable, Recolección de energía, circuitos electrónicos.

Abstract – With the pass of time, new alternatives for the production of energy have emerged, one of them is the microbial fuel cell, through which the residual energy of microorganisms is harvested. However, this method presents deficiencies in its application due to the rapid use of the substrate by microbes to generate electrical energy. This paper proposes the implementation of plant microbial fuel cells, which add microorganisms to the energy generation system, and through the photosynthesis process, promote a beneficial interaction for the substrate, allowing it to conserve its properties, necessary for the production of energy. To store the electricity harvested from the plant microbial fuel cell, it is necessary to know the behavior of the voltage produced, to develop the most efficient method of energy harvesting by designing a smaller, less intrusive device and giving the possibility for a less invasive prototype for the plant.

Keywords – P-MFC, Green energy, Energy harvesting, Electronic circuits.

CÓMO CITAR HOW TO CITE:

Lara-Castro, M., Lorenzana-Muñoz, S., Carmona-Villanueva, A. M., & Bonilla-Hernández, A. C. (2023). Sistema electrónico para recolección de energía de celdas de combustible microbianas de plantas. *Interconectando Saberes*, (15), 23-28.
<https://doi.org/10.25009/is.v0i15.2772>

Recibido: 29 de junio de 2022
Aceptado: 19 de enero de 2023
Publicado: 21 de marzo de 2023

^a Veratronics, México. E-mail: septmig@gmail.com

^b Veratronics, México. E-mail: slorenzanam@gmail.com

^c Veratronics, México. E-mail: acarmonavillanueva@gmail.com

^d Veratronics, México. E-mail: bonillahz.24@gmail.com



INTRODUCCIÓN

Actualmente, es necesario generar innovación en el mercado energético debido a la inminente escasez de los combustibles fósiles, el uso constante de estos ha contribuido al deterioro ambiental, y por ello, es necesario intensificar esfuerzos con el fin de desarrollar nuevas fuentes de energía renovables (Sebestyén, 2021). Existen ciertas aplicaciones en donde es requerido que una fuente de energía sea de baja producción y con generación constante, por lo tanto, es necesario el desarrollo de múltiples alternativas de generación para poder reemplazar fuentes no renovables de energía.

Las celdas de combustible microbianas (MFC, por sus siglas en inglés) se consideran tecnologías respetuosas con el medio ambiente para la producción de bioenergía (Timmers et al., 2010). Las MFC son dispositivos que convierten energía química en energía eléctrica a través de la acción de microorganismos con el uso del sustrato (Maddalwar et al., 2021), donde es común utilizar electrodos contruidos a partir de cobre y zinc. Sin embargo, el principal inconveniente de estas tecnologías es el rápido uso del sustrato por parte de los microbios para generar energía (Moqsud et al., 2015). Esta desventaja se resuelve en gran medida mediante la tecnología de celdas de combustible microbianas de plantas (PMFC, por sus siglas en inglés).

La mayoría de los MFC contienen una membrana para separar los compartimentos del ánodo, donde se produce la oxidación (Chiranjeevi et al., 2019) y el cátodo, donde se produce la reducción. Los electrones producidos durante la oxidación se transfieren directamente a un electrodo o a una especie mediadora redox y el flujo de electrones se desplaza hacia el cátodo. El equilibrio de carga del sistema se mantiene

mediante el movimiento iónico dentro de la célula, generalmente a través de una membrana iónica.

DISEÑO DE SISTEMA DE SENSADO DE LA RECOLECCIÓN DE ENERGÍA EN UNA P-MFC

Al diseñar un sistema de almacenamiento de energía, primero es necesario realizar un análisis de la generación eléctrica producida por una P-MFC, con la finalidad de conocer cuáles son las capacidades de este tipo de sistemas para la producción de energía. Por ello, se realizan pruebas iniciales con un sistema de P-MFC con el objetivo de evaluar su desempeño y determinar, posteriormente, su eficiencia de producción y recolección de energía.

Figura. I

Especies de plantas utilizadas. (1) *Fittonia*, (2) *Spathiphyllum*, (3) *Calathea* y (4) *Begonia*



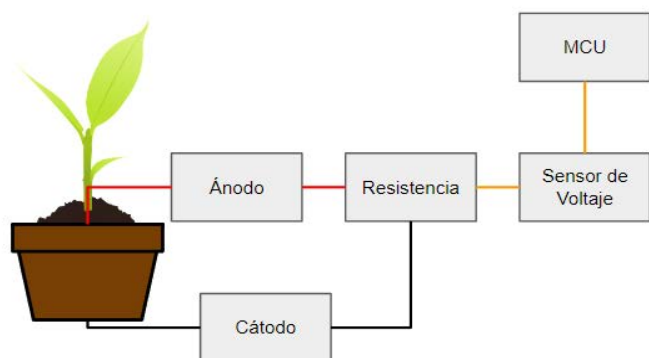
Para llevar a cabo el análisis se utilizaron ocho plantas: 2 *Begonia*s, 2 *Fittonia*s, 2 *Spathiphyllum* y 2 *Calathea*; estas especies de plantas son seleccionadas por su adaptación a suelos muy húmedos, característica

esencial para las reacciones químicas necesarias. También se utilizan electrodos de cobre para el ánodo y acero inoxidable para el cátodo. Asimismo, es indispensable monitorear el rendimiento de la planta durante un largo periodo de tiempo, por tal razón, se optó por diseñar un sistema de sensado para una P-MFC que permita sensar datos de voltaje.

Los datos se almacenan en un dispositivo de memoria micro SD, para posteriormente poder procesarlos. Para medir el voltaje generado, se utiliza una carga con una resistencia de 100 ohms, esta medición es realizada en intervalos de 10 segundos, obteniendo un total de 8640 mediciones al día.

Figura 2

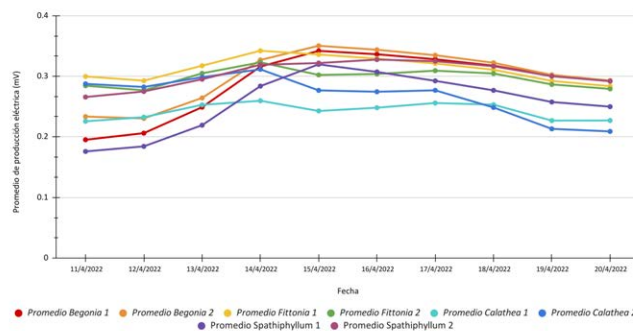
Propuesta de sistema electrónico de medición



Inicialmente, se realiza una prueba de producción de energía por una P-MFC, por un periodo de 10 días. A partir de los resultados, se obtiene la generación de energía de cada planta por día, permitiendo identificar la especie que mejor desempeño tuvo (ver Grafica 1).

Gráfica 1

Generación de energía promedio



Asimismo, se observa que la especie begonia es la planta con pico más alto de producción de energía a lo largo de la prueba, teniendo un desempeño de 350 mV al quinto día de haber iniciado el experimento. Sin embargo, las fitonias son las plantas con producción más estable de energía, teniendo un pico máximo de 342 mV, un pico mínimo de 276 mV y una variación de 65.4 mV en total; de igual forma, en promedio, las de mayor cantidad de producción. Y aunque las begonias producen el pico más alto de generación (350 mV), también presentan el pico más bajo (194 mV), por lo tanto, en su producción de electricidad presentan mucha variabilidad. De este modo, las fitonias son la especie de planta de las que se puede esperar mayor producción de voltaje estable, tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Generación promedio total por especie

Especie	Voltaje en mV
Begonia	229.1 mV
Fittonia	307.1 mV
Calathea	257.2 mV
Spathiphyllum	284.3 mV

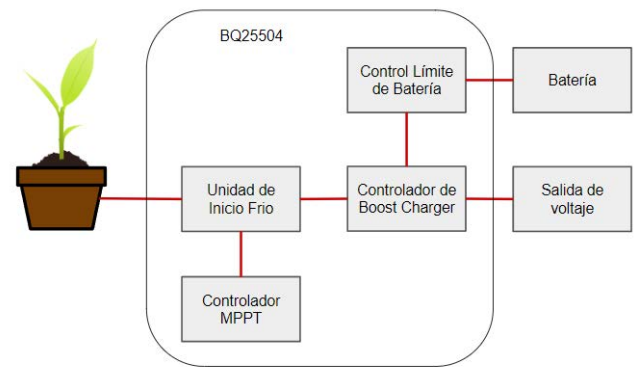
DISEÑO DE SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Los sistemas para almacenamiento de energía pueden ser diversos, sin embargo, deben cumplir ciertas características específicas, tales como: recolectar cantidades bajas de energía producida por los P-MFC, operar dentro del rango de voltaje disponible y flexibilidad para distintos tipos de almacenamiento (Herber et al., 2012). Para este proyecto, se implementa el BQ25504, de Texas Instruments, este cargador de batería y elevador de voltaje, permite optimizar sus características para obtener la mejor eficiencia de la carga de la batería con la fuente de voltaje disponible. A partir de este circuito integrado, se acondiciona un circuito electrónico el cual permite aprovechar la energía producida y almacenarla en una batería para su uso posterior.

En este caso, se utiliza una batería Li-Ion de 3000 mAh con un voltaje de 3.2 V. Considerando la producción promedio de las plantas se calcula que el tiempo necesario para completar la carga de la batería sería de aproximadamente 10.29 horas. Cabe señalar que este tiempo sería utilizando únicamente una sola planta, en el caso de utilizar begonias, la carga total se obtendría después de 9.76 horas. El tiempo de carga se podría optimizar al colocar varias plantas de la misma especie en serie, para obtener una mayor cantidad de corriente suministrada. El diagrama a bloques para el sistema de carga de esta batería se presenta en la figura 3.

Figura 3

Diagrama a bloques de funcionamiento del sistema de almacenamiento de energía

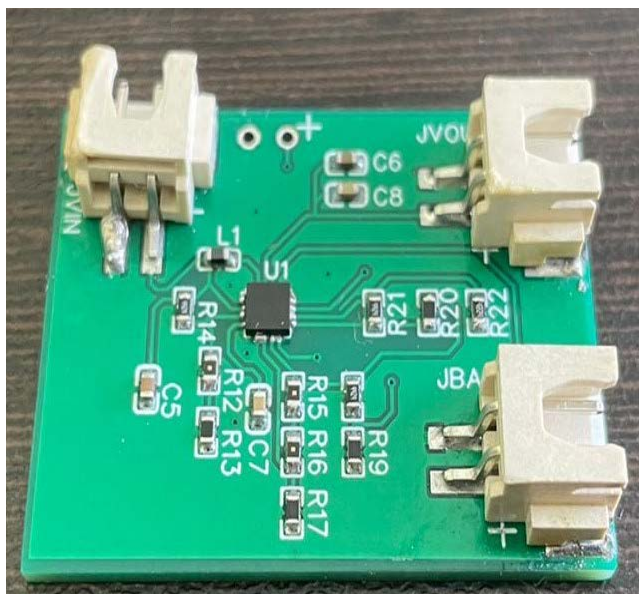


Tras el diseño del circuito electrónico, se construye su correspondiente tarjeta de circuito impreso, debido a que el IC BQ25504 cuenta con un empaquetado tipo VQFN (Very-thin Quad Flat None Leaded Package), el cual tiene dimensiones de 3 mm x 3mm, y esto restringe su manipulación e interconexión al resto del sistema. Debido al tamaño y complejidad del circuito integrado, se construye una placa de componentes de soldadura superficial, y finalmente, se ensamblan los componentes periféricos para acondicionar todo sistema de recolección de energía.

Al generar un diseño de menor tamaño, se da la posibilidad de ocupar un menor espacio en un prototipo para el aprovechamiento de este experimento y un sistema menos invasivo al sistema P-MFC.

Figura 4

Tarjeta de circuito impreso para el sistema recolector de energía



CONCLUSIONES

En este proyecto se muestran pruebas iniciales de sensado y la construcción de un sistema recolector de energía para generadores de tipo P-FMC. En el diseño experimental de sensado, se concluye que la planta de la especie *Fitonia*, fue la planta que presentó mejores características para ser una fuente de alimentación fidedigna, es decir, en promedio muestra la mayor producción de electricidad en el total de la prueba, así como la planta con menor variación de producción en el total.

Respecto al sistema electrónico de recolección de energía, el diseño que se presenta se considera idóneo para el aprovechamiento de la energía producida por las plantas conforme a los resultados obtenidos de la parte experimental.

Es preciso mencionar que las pruebas iniciales presentadas muestran resultados favorables para continuar con los estudios de recolección de energía sustentable basadas en P-FMC.

Se sugiere agregar un sistema de control centralizado para el monitoreo de variables ambientales en cada una de las celdas del sistema, y de este modo registrar las condiciones en las que se encuentra cada planta. Asimismo, optimizar las condiciones necesarias para las plantas como, por ejemplo, saber cuál es el rango de temperatura en el cual la planta genera más electricidad o si esto afecta a su producción, los cambios en la humedad del suelo y la eficiencia fotosintética de planta, principalmente. Con esto, se puede obtener un rango de características con las cuales se pueden encontrar las aplicaciones para las cuales haya esta necesidad energética.

Adicionalmente, es necesario continuar con etapas de sensado en periodos de tiempo más extensos y determinar, en conjunto, la eficiencia de generación y almacenamiento de energía.

REFERENCIAS

- Chiranjeevi, P., Yeruva, D. K., Kumar, A. K., Mohan, S. V., & Varjani, S. (2019). Plant-microbial fuel cell technology. In *Microbial Electrochemical Technology*, pp. 549–564. Elsevier.
- Herber, A., Harnisch, A., Gnoerrlich, T., Laqua, D., & Husar, P. (2012). Design of power management in Energy Harvesting Devices. *Biomedizinische Technik. Biomedical Engineering*, 57 (SI-I Track-S).
- Maddalwar, S., Kumar Nayak, K., Kumar, M., & Singh, L. (2021). Plant microbial fuel cell: Opportunities, challenges, and prospects. *Bioresource Technology*, 341, 125772.
- Moqsud, M. A., Yoshitake, J., Bushra, Q. S., Hyodo, M., Omine, K., & Strik, D. (2015). Compost in plant microbial fuel cell for bioelectricity generation. *Waste Management*, 36, 63–69.

- Sebestyén, V. (2021). Renewable and Sustainable Energy Reviews: Environmental impact networks of renewable energy power plants. *Renewable & Sustainable Energy Rev.*, 151(111626), 111626.
- Timmers, R. A., Strik, D. P. B. T. B., Hamelers, H. V. M., & Buisman, C. J. N. (2010). Long-term performance of a plant microbial fuel cell with *Spartina anglica*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 86(3), 973–981.