

Energía Biofotovoltaica como Generador Alternativo de Energía Eléctrica

Ashley Estevez Castillo¹; Christian Axel Calderón Briseño¹

¹Colegio Americano Victoria. Ciudad Victoria, Tamaulipas. Autor responsable: axel.calderon@hotmail.com

Área: Desarrollo Sustentable.

RESUMEN

El impulso al desarrollo de las energías renovables permitirá reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire, además de mantener los recursos naturales no renovables del planeta. Los organismos vegetales emplean una parte de la materia orgánica producida a través de la fotosíntesis para su crecimiento, y excretan el resto por las raíces; en su interacción con los microorganismos del ambiente liberan electrones, que son captados y almacenados para su posterior uso. La investigación denominada “Energía Biofotovoltaica como generador alternativo de Energía Eléctrica” fue realizada por miembros de la comunidad del Colegio Americano Victoria. Determinar la viabilidad de un sistema de energías biofotovoltaicas como fuente de energía renovable sostenible y eficiente para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. El tipo de investigación es cuantitativa y se desarrolla en dos fases (documental y experimental). Se diseña un instrumento de recolección de datos (Hoja de datos y seguimiento) con una muestra piloto por conveniencia de 3 variedades de plantas ornamentales (citronella, helecho y corazón de Jesús). Se toman las lecturas de voltaje y la corriente de las muestras con multímetro y a través de un convertidor se almacena en una celda fotovoltaica. Se evalúan dos factores: las plantas y la dimensión de las macetas, los parámetros que se miden son el voltaje y corriente. El suelo se caracteriza según las variables PH, CE y ST. Se elabora el 100% de la propuesta de un sistema fotovoltaico con plantas endémicas de la región y su impacto positivo al medio ambiente al no generar CO₂. Se determina la viabilidad del sistema biofotovoltaico en base a plantas ornamentales como una opción alternativa a la energía eléctrica tradicional y con ello mitigar el daño al medio ambiente que ocasionan las emisiones de CO₂.

PALABRAS CLAVE: fotosíntesis, energía biofotovoltaica, calentamiento global, GEI.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el crecimiento de la población y el crecimiento económico han elevado la demanda de energía eléctrica y las temporadas de calor son más intensas y más prolongadas, por lo que requerimos del aire acondicionado por más horas durante el día; provocando un mayor consumo de energía eléctrica. La quema de combustible fósil produce CO_2 , el cual cobra especial relevancia por su efecto sobre las condiciones climáticas del planeta debido a que es un gas de larga permanencia; del CO_2 emitido a la atmósfera, un 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años.

Antecedentes

La creciente demanda de energía en todo el mundo, combinada con la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y mitigar el cambio climático, lleva a buscar alternativas de energía renovable y sostenible; la mayoría de las fuentes de energía renovable, como la energía solar y eólica, tienen limitaciones en cuanto a su disponibilidad y eficiencia.

Caballero en 2023 informa que el vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), carbono negro (C) y ozono troposférico (O_3) son parte de la atmósfera, no solo contaminan nuestro planeta, sino que también atrapan la radiación solar, manteniendo el calor cerca de la superficie de la tierra, manteniendo nuestro planeta más cálido, estos gases son denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI). El Efecto Invernadero es un proceso atmosférico natural que aísla o protege a la Tierra del frío del espacio, sin este fenómeno, la temperatura de nuestro planeta sería -18°C , temperatura con la cual, no sería posible la vida en nuestro planeta.

La emisión de GEI han aumentado un 70% en las últimas 3 décadas, debido a que el crecimiento económico y de la población lleva a una mayor demanda en el sector energético; por lo que se ha ocasionado un desequilibrio en el Efecto Invernadero, lo que conduce al calentamiento global de la tierra y al cambio climático.

ACS Applied Materials & Interfaces en informa que un equipo de investigadores ha planteado la posibilidad de una “célula biosolar” viva basada en la fotosíntesis. Todas las células

vivas desplazan electrones como parte de sus procesos biológicos. En el caso de las plantas, la fotosíntesis produce un flujo de electrones que puede aprovecharse para alimentar un circuito externo. Utilizaron una planta suculenta que se conoce como Planta de Hielo. Como parte de su investigación, insertaron un ánodo de hierro y un cátodo de platino en una de sus hojas y

lograron generar una corriente de 0.28 voltios. Si bien se trata de un voltaje pequeño, inferior al de una pila alcalina, la corriente se mantuvo durante todo el día y, técnicamente, **podría incrementarse por medio de la utilización de una red de plantas.**

El Equipo Transición Energética Factorenergía en 2023 explica que un diodo es un semiconductor de unión pn de dos terminales denominados ánodo (A) y cátodo (K). Se trata sin duda alguna del elemento más utilizado en la construcción de convertidores electrónicos de potencia. Desde un punto de vista funcional, el diodo es un elemento no controlado, ya que su conmutación del estado de bloqueo al de conducción o viceversa depende únicamente del signo de la intensidad que lo recorre y su tensión en bornes. **La función principal de los diodos en un panel solar es permitir el flujo de corriente desde la batería hacia el panel solar, y evitar el flujo en sentido contrario.** Esto significa que, cuando el panel solar absorbe la energía solar, los diodos permiten que la energía fluya desde el panel hacia la batería, pero evitan que la energía se desvíe del dispositivo. Esto es esencial para el buen funcionamiento de los paneles solares, ya que, sin los diodos, la energía se desperdiciaría y no se almacenaría adecuadamente en la batería.

Luis Oswaldo Betancourt et al. en 2023 informa que de un estudio llevado a cabo en Ecuador, se logra determinar la capacidad de producción de energía biofotovoltaica utilizando dulcamara, sábila y orégano colocadas en celdas biológicas a libre exposición solar y conectadas en serie alcanza 9 voltios, suficiente para encender una lámpara led.

Planteamiento del problema

Alto índice de quema de combustibles fósiles provoca el aumento de GEI y un desequilibrio en el Efecto invernadero con graves consecuencias como el calentamiento global y el cambio climático.

Hipótesis

H₁: Al averiguar cuáles son las propiedades químicas y biológicas de las plantas, se seleccionará aquellas que ayudan a generar energía biofotovoltaica.

H₂: Al contar con las plantas seleccionadas, se propondrá un sistema de energía biofotovoltaico.

H₃: Al proponer el sistema de energía biofotovoltaico, se evaluará su eficiencia y se determinará su costo.

Objetivo general

Determinar la viabilidad de un sistema de energías biofotovoltaicas como una fuente de energía renovable sostenible y eficiente para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.

Objetivos específicos

- Definir un proceso de generación de energía biofotovoltaica como alternativa a la energía eléctrica para mitigar la generación de gases de efecto invernadero por la quema de combustibles fósiles.
- Seleccionar los elementos del sistema generador de energía fotovoltaica a partir de la fotosíntesis de las plantas.
- Diseñar el prototipo del sistema generador de energía biofotovoltaica para llevar a cabo las pruebas de experimentación funcional.
- Determinar el costo del sistema de energía biofotovoltaica propuesto para evaluar su viabilidad de implementación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Laptop, memoria USB, impresora y hojas de control y seguimiento, dispositivo electrónico (convertidor), etiquetas, plantas, 1 foco, 1 multímetro, cable de cobre cal 16, tornillos chapados



en bronce de 1 ½", 1 amplificador, 1 celda fotovoltaica, 1 condensador de 10V, 1 diodo led y 1 supercapacitor

Variables y parámetros

- Variables independientes: variedad de la planta (citronella, helecho y corazón de Jesús), tamaño de la maceta (chico, mediano y grande) y características del suelo (pH, CE y ST).
- Variables dependientes: voltaje y corriente.
- Parámetros: $V > 0$ and $CE > 0$ and $pH \geq 6$ or $pH \leq 7$ and $CE < 0.8$

Muestra

- Tipo: muestra piloto por conveniencia
- Tamaño: 9
- Recolección: se recolectan tres plantas con mayor capacidad de fotosíntesis, seleccionando tres tamaños de cada variedad

Métodos

- Diseño factorial 3^2 considerando la variedad de la planta y el tamaño de la maceta
- Análisis de parámetros químicos, se utiliza un PH-metro digital para medir el pH, CE y ST
- Montaje de circuito para las mediciones con carga y sin carga con multímetro digital
- Factor de regularización de una fuente de voltaje para determinar cual tiene mejor capacidad de generación de energía
- Estadística descriptiva utilizando la varianza

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

- Rango de capacidad de voltaje por planta

Planta	Voltaje
Sábila	0.33v hasta 0.80v
Helechos	0.75v hasta 0.90v
Pitoma	0.79v hasta 0.81v
Sansevieria trifasciata	0.21v hasta 0.50v
Citronela	0.63v hasta 0.74v
Guzmania híbrida	0.83v hasta 0.96v
Maíz	0.78v hasta 0.81v
Geranio	0.75v hasta 0.78v
Corazón de Jesús	0.85v hasta 0.98v

- Características químicas del helecho en tres tiempos

	pH	CE	V
8:00 horas			
Chico	6.5	0.68	0.72
Mediano	6.5	0.68	0.75
Grande	6.5	0.68	0.80
12:00 horas			
Chico	6.3	0.75	0.75
Mediano	6.3	0.75	0.80
Grande	6.3	0.75	0.85
16:00 horas			
Chico	6.1	0.80	0.85
Mediano	6.1	0.80	0.87
Grande	6.1	0.80	0.92

Discusión

En relación a la **H₁**: Se seleccionan el helecho, el corazón de Jesús y la citronella por su mayor capacidad de fotosíntesis para generar energía biofotovoltaica. El análisis estadístico de los datos obtenidos indicó como mejor tratamiento, el helecho en tamaño grande, y sugiere que si hay mayor presencia de microorganismos disminuye la liberación de electrones captados por los electrodos.



En relación a la **H₂**: Se propone un sistema generador de energía de energía biofotovoltaica con componentes de conductividad eléctrica. Se realizan conexiones en serie para amplificar el voltaje y la corriente.

En relación a la **H₃**: Se evalúa la eficiencia del sistema generador de energía fotovoltaica y se determina su costo en función de su aplicación.

DESARROLLO DEL TEMA

Justificación de la propuesta

- El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), carbono negro (C) y ozono troposférico (O₃) son parte de la atmósfera, no solo contaminan nuestro planeta, sino que también atrapan la radiación solar, manteniendo el calor cerca de la superficie de la tierra, manteniendo nuestro planeta más cálido, estos gases son denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- El Efecto Invernadero es un proceso atmosférico natural que aísla o protege a la Tierra del frío del espacio, sin este fenómeno, la temperatura de nuestro planeta sería -18°C.
- La emisión de GEI han aumentado un 70% en las últimas 3 décadas, debido a que el crecimiento económico y de la población lleva a una mayor demanda en el sector energético; por lo que se ha ocasionado un desequilibrio en el Efecto Invernadero, lo que conduce al calentamiento global de la tierra y al cambio climático.
- La quema de combustible produce CO₂, provoca un efecto sobre las condiciones climáticas del planeta debido a que es un gas de larga permanencia; del CO₂ emitido a la atmósfera, 50% tardará 30 años en desaparecer, 30% permanecerá varios siglos y 20% restante durará varios millares de años. México alberga de 10-12% de la biodiversidad del mundo.
- En México, por cada KWh se produce 0.458 kg de CO₂ por lo que una vivienda en promedio nacional emite 1.89 Tn/año por el uso de energía eléctrica, y en temporadas de invierno y

verano se incrementa 7% el consumo doméstico y comercial.

- La energía biofotovoltaica tiene un gran potencial para generar electricidad de manera

sostenible y eficiente, ya que utiliza la fotosíntesis de microorganismos para convertir la luz solar en energía eléctrica.

- La energía biofotovoltaica tiene ventajas sobre otras fuentes de energía renovable, como la energía solar y eólica, ya que puede generar electricidad durante el día y la noche, y no requiere de grandes superficies para su instalación.
- Aplicaciones prácticas: La energía biofotovoltaica tiene aplicaciones prácticas en varios campos, como la generación de electricidad para hogares y empresas, la iluminación pública, y la carga de dispositivos electrónicos.
- Impacto ambiental positivo: La energía biofotovoltaica tiene un impacto ambiental positivo, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero ni residuos tóxicos, y puede ayudar a reducir la contaminación del aire y del agua.
- Oportunidad para el desarrollo de nuevas tecnologías: El proyecto sobre energías biofotovoltaicas ofrece la oportunidad de desarrollar nuevas tecnologías y materiales que puedan mejorar la eficiencia y la viabilidad de esta fuente de energía renovable.
- Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de la ONU, se requiere disminuir el 18% del consumo del sector residencial para mitigar el cambio climático, que trae como consecuencia olas de calor mas prolongadas, tormentas destructivas, sequía, riesgos para la salud y desaparición de especies marinas y terrestres.

Prototipo

Sistema biofotovoltaico en serie utilizando plantas ornamentales como el helecho, corazón de Jesús y citronella como generador alterno de energía verde, considerando tres tamaños de maceta (chica, mediana y grande).

El sistema de interconexión se realiza de planta a planta en serie o en paralelo, a través de sus raíces.

Su capacidad de almacenamiento depende de su aplicación o necesidad de consumo eléctrico a sustituir.

Elementos

Año 1, No. 3, Mayo-Agosto 2025

Fecha de Recepción: 15/03/2025 Fecha de Aceptación: 16/04/2025

Página **74**

En la Tabla 1, se muestran los elementos y beneficios del sistema biofotovoltaico como generador alternativo de energía eléctrica, utilizando plantas ornamentales.

Tabla 1

Matriz integradora elemento-beneficio

Elemento	Beneficios
Plantas 	A través de su capacidad de fotosíntesis permite crear energía renovable
Convertidor 	- Capta los electrodos y los convierte en glucógeno - Almacena el glucógeno en una celda solar - Mantiene la comunicación con el amplificador
Celda solar 	Capacidad de almacenar energía limpia y renovable
Amplificador 	- Proporciona ganancia de potencia y ganancia de voltaje - Baja impedancia de salida - Evita efectos de carga - Aumenta el voltaje de una señal de entrada
Supercapacitor 	- Mayor densidad de poder, puede recibir y liberar energía más rápido - Almacena y entrega grandes cantidades de energía en

tiempo récord

Fuente: Los autores

Procedimiento

- Determinar el total de voltaje a utilizar en la generación de energía para un foco led.
- Recolección de las plantas de acuerdo a la cantidad de energía que se va a producir.
- Instalación del tornillo chapado en bronce por planta y conexión del alambrado de cobre en serie, se va agregando una planta al sistema biofotovoltaico hasta completar el voltaje requerido.
- La selección de microorganismos se exponen a la luz solar y hacen fotosíntesis.
- Tomar el voltaje que proporciona cada planta en tres tiempos (8:00, 12:00 y 16:00 horas).
- Ajustar el volumen de plantas para lograr +50V del deseado.
- Desarrollar opciones de dispositivos que convierte la energía en glucógeno.
- Luego se amplifica la señal de energía mediante circuitos electrónicos para aumentar la intensidad y hacerla más estable.
- La energía es almacenada en una celda solar o supercapacitores, y de ahí se toma para ser utilizada
- El sistema biofotovoltaico se ajusta a prueba y error.
- Las matrices estadísticas son alimentadas con las lecturas de las variables y se considera la varianza para su análisis.

Beneficios

- Generar energía a partir de la fotosíntesis de las plantas.
- Disminuir la demanda energía eléctrica.
- Mitigar la generación de gases de efecto invernadero (CO₂).
- Contribuir con la disminución del calentamiento global.

Modelo de Funcionalidad

La celda biofotovoltaica se basa en el proceso natural de la fotosíntesis de las plantas para recolectar energía solar y la actividad metabólica de los microorganismos heterotróficos de sus

raíces para generar energía eléctrica, el proceso consiste en la liberación de materia orgánica de las plantas a

través de sus raíces, la cual es oxidada por los microorganismos que habitan el suelo como las bacterias que viven en y alrededor de las raíces, liberando CO₂, protones y electrones. Los electrones generados de la oxidación son captados por el ánodo (tornillo de cobre) y se consumen en el cátodo (papel de zinc) por la reducción del oxígeno a agua. El ánodo está acoplado a un cátodo de forma externa a la celda por medio del circuito eléctrico. Las celdas biofotovoltaicas operan eficientemente a temperatura ambiente e incluso a bajas temperaturas.

Relevancia

El sistema biofotovoltaico permite reducir la contaminación y a la vez, mejorar la calidad del aire y reducir el uso de los recursos no renovables de nuestro planeta.

CONCLUSIONES

Se determina la viabilidad del sistema biofotovoltaico en base a plantas ornamentales como una opción alternativa a la energía eléctrica tradicional y con ello mitigar el daño al medio ambiente que ocasionan las emisiones de CO₂.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Betancourt, L.O.; Aguilar, G.G.; Vega, M.M. & Solórzano, J.E. (2023). Energía Biofotovoltaica; Las plantas como fuente alternativa de energía renovable en Portoviejo. Provincia de Manabí. SINAPSIS. 1(22). ISSN: 1390-9770. <https://doi.org/10.37117/s.v1i22.723>
- Caballero, A. (13 de julio de 2023). Efecto invernadero: causas y consecuencias en el clima. Climate Consulting. <https://climate.selectra.com/es/que-es/efecto-invernadero>
- Equipo Transición Energética Factorenergía. (15 de marzo de 2023). ¿Cuál es la función de los diodos en un panel solar?. Factorenergía. <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo-electrico/cual-es-la-funcion-de-los-diodos-en-un-panel-solar/>
- Saha, L. (22 de febrero de 2023). Plantas al servicio de unos paneles solares más eficientes. SciTechDailu. 67°. Encuentro Anual de la Sociedad Biofísica. San Diego, California.



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



<https://scitechdaily.com/harnessing-plant-molecules-to-improve-the-efficiency-of-solar-panels/>

Salgado, M.C.; Zepeda, J.A.; Del Prado, M.C.; Luna, J. & Cruz, R.I. (2 de octubre de 2019). Celda biofotovoltaica para la generación de energía eléctrica a través de plantas vivas. Investigación en la Educación Superior. Academia Journals. https://www.researchgate.net/publication/342014987_Celda_biofotovoltaica_para_la_generacion_de_energia_electrica_a_traves_de_plantas_vivas