

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

“Estudio de la energía generada por las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis, como alternativa sostenible”

Por:

Carmen Irene Rimachi Flores

Asesor:

Mg. Hugo Joel Fernández Rojas

Lima, diciembre de 2019

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Mg. Hugo Joel Fernández Rojas, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Estudio de la energía generada por las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis, como alternativa sostenible" constituye la memoria que presenta la estudiante Carmen Irene Rimachi Flores para aspirar al Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 02 días de Diciembre del año 2019.



Mg. Hugo Joel Fernández Rojas

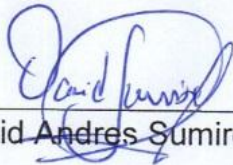
DNI: 06808645

“Estudio de la energía generada por las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis, como alternativa sostenible”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental

JURADO CALIFICADOR



Mg. David Andres Sumire Qqenta

Presidente



Ing. Orlando Alán Poma Porras

Secretario



Ing. Nancy Curasi Rafael

Vocal



Lic. Gina Marita Tito Tolentino

Vocal



Mg. Hugo Joel Fernández Rojas

Asesor

Lima, 02 de diciembre de 2019

Estudio de la energía generada por las plantas mediante el proceso de la fotosíntesis, como alternativa sostenible

STUDY OF THE ENERGY GENERATED BY PLANTS THROUGH THE PROCESS OF PHOTOSYNTHESIS, AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE

¹*RIMACHI FLORES, CARMEN IRENE

Recibido: 28 octubre de 2019 / Aceptado: 31 octubre de 2019

§EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

Resumen

Nuestro planeta requiere de una producción de energía eléctrica para lograr suplir las necesidades básicas del ser humano, pero para ello se han implementado procesos que generan contaminación en el medio ambiente, aportando así al cambio climático. De modo que se han propuesto nuevas alternativas, las cuales han logrado ser eficientes y renovables. Una de ellas es la fuente bioenergética in situ que lo encontramos en las plantas, ya que estas por medio de la rizodeposición liberan sustancias basadas en carbono y son captadas por las bacterias, liberando así electrones que pueden ser utilizados para generar electricidad verde. Este artículo tiene como objetivo principal mostrar, analizar y describir los complejos proteicos del Fotosistema 2 (PSII), ubicadas en las membranas de los organismos autótrofos que agrupan pigmentos fotosintéticos, como la clorofila; estos complejos son capaces de captar la energía solar y convertirla en energía útil por medio de la fotosíntesis. Por tanto, esta energía generada por las plantas, es una alternativa viable para reemplazar la energía eléctrica convencional, logrando así una reducción en la destrucción de bioenergías, y mejorando la calidad del suelo al implementarse en humedales y suelos pobres, convirtiéndolos en suministros de bioenergía y producción potencial de energía sostenible. En conclusión, el análisis documental de los artículos de revisión sugiere que tomemos en cuenta no solo los beneficios económicos que traen consigo, sino su aportación al medio ambiente, mediante la generación de oxígeno y espacios verdes que es sinónimo de vida.

Palabras clave: Plantas, energía, proceso de fotosíntesis, fotosistema, alternativa sostenible

Abstract

Our planet requires a production of electrical energy to achieve the basic needs of the human being, but for this, processes that have to do with pollution in the environment have been implemented, thus contributing to climate change. So new alternatives have been proposed, which have managed to be efficient and renewable. One of them is the bioenergetic source in situ that we find in plants, since these by means of rhizodeposition release carbon-based substances and are captured by bacteria, thus releasing electrons that can be used to generate green electricity. This article has as main objective to show, analyze and describe the protein complexes of Photosystem 2 (PSII), locate in the membranes of autotrophic organisms that group photosynthetic pigments, such as chlorophyll; These complexes are solar energy transformers and convert it into useful energy through photosynthesis. Therefore, this energy generated by plants is a viable alternative to replace conventional electric energy, thus achieving a reduction in the destruction of bioenergies, and improving soil quality by implementing in wetlands and poor soils, turning them into bioenergy supplies and potential sustainable energy production. In conclusion, the documentary analysis of the requested review articles that we take into account not only the economic benefits that we obtained, but their contribution to the environment, through the generation of oxygen and green spaces that is synonymous with life.

Key word: Plants, energy, photosynthesis process, photosystem, sustainable alternative.

*Correspondencia de autor: km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima. E-mail: carmenrimachi@upeu.edu.pe.

INTRODUCCIÓN

Gracias al proceso de fotosíntesis de las plantas se logra contrarrestar el cambio climático, lo cual constituye una amenaza actual por la emisión de CO₂ de la combustión de combustibles fósiles, por ello surgió la necesidad de incrementar la producción de energía alternativa basada en fuentes renovables como la bioenergía contenida en la biomasa vegetal que tiene origen solar considerable en sistemas de producción de bioenergía o bioelectricidad. Strik, D. & Hamelers, H. (2008). El objetivo del presente artículo es mostrar, analizar y describir el proceso de fotosíntesis como una alternativa del Fotosistema (PSII) como una alternativa para un futuro sostenible. Esto promueve la conservación de la biodiversidad y el uso eficiente de los recursos naturales, disminuyendo el impacto ambiental y mitigando los daños provocados por la contaminación.

Según Cayón (1992) afirma que:

La captación de luz solar por medio de una superficie foliar está directamente influenciada por su tamaño, forma, edad, ángulo de inserción en el tallo, separación vertical y producción de cultivos porque de él depende la exposición de las hojas a los rayos solares y la distribución más uniforme a la luz a través del dosel vegetal, de manera que la actividad fotosintética sea más eficiente en los estratos medios y en los estratos inferiores de la planta (p. 10)

La fotosíntesis de las plantas, muestran grandes variaciones, conforme el desarrollo de las hojas y si los cloroplastos son organizados, la actividad fotosintética se incrementa aceleradamente hasta alcanzar una máxima tasa después de la expansión total de la lámina foliar, perdiendo relativamente su capacidad fotosintética en la senescencia". (Cayón, 2012 citado por INFOMUSA, p.12)

En resumen, se trata de reconocer que las plantas son eficientes en el desarrollo de nuevas tecnologías amigables y sustentables con el medioambiente, por lo que el aprovechamiento de las plantas se perfila como una alternativa factible para el uso de energía sostenible.

ENERGIA GENERADA POR LAS PLANTAS

Kalyanasundaram y Graetzel, (1982) citado por Collings y Critchley (2005) en términos de energía describe que "la luz solar está disponible en un tiempo limitado durante el día, ésta tiene que convertirse y almacenarse para ser utilizada. Las dos alternativas son la conversión fotoquímica y el almacenamiento de la energía solar" que consiste en la conversión directa de energía solar en electricidad, generando altas fuentes de combustible como el hidrógeno molecular del agua. Dentro de los elementos estructurales de la reacción de la fotosíntesis artificial "son utilizados sistemas más simples para lograr resultados de fotosíntesis natural, el objetivo es hacerlas mejor con sistemas artificiales" (Lewis, 2004 citado por Nozik y Archer, 2008). Estas investigaciones que están siendo explorados por químicos a nivel mundial y con resultados favorables.

Carbó & Rocha (2012) determina que "una celda solar y las respuestas eléctricas generadas en las mediciones de sus propiedades fotoelectroquímicas". Además, las celdas imitan a la fotosíntesis natural de las plantas verdes, en relación a su proceso de absorción de la luz y transferencia de electrones y donde ambos procesos se realizan separadamente. Meissner, (1999) citado por Lewis (2001) logran "alcanzar eficiencias de 15 a 17% en la

conversión fotovoltaica”. Sin embargo, la aplicación a gran escala de esta interfaz como alternativa energética no fue posible, porque los semiconductores para el aprovechamiento de la energía solar suelen degradarse rápidamente en contacto con los electrolitos. Los electrolitos no acuosos resultan más estables, pero disminuye la eficiencia de las celdas Carbó & Rocha (2012). “con alternativas para la generación de energía como el Fotosistema II (PSII) y el Fotosistema I” (PSI), se logró obtener un suministro del 15 al 20%, de fuentes de energía renovable a nivel mundial” (Arismendi, 2011), la diferencia entre “la eficiencia de las plantas, con la de una celda fotovoltaica oscila entre 14 y 18%, constituyéndose como el mejor sistema de captación de energía, Para la etapa de la Fotosíntesis tipo C3, la eficiencia de generación ha bajado, pero no deja de ser una generación de energía 100% limpia. (Mata Gonzales, Dimas Reséndiz et al., 2017) muestran una gran oportunidad para generar electricidad, a pequeña escala, mientras que Espinosa, A. (2012) desarrolló un modelo no invasivo de medición de fotosíntesis no sometiendo a estrés a la planta, logrado trabajar de forma ordinaria. Un método innovador para la automatización de los invernaderos y las investigaciones biológicas in situ.

En base a la revisión bibliografía las primeras investigaciones se realizaron en el 2001, por los alemanes, al obtener un cristal por medio de la difracción de rayos X con el objetivo de explicar su arreglo atómico. “Esta técnica cristalográfica permitió el mapeo de proteínas complejas con detalle atómico, pero con elucidación de PSII borrosa para demostrar el ordenamiento atómico en el núcleo” (Arismendi, 2011). La captación de luz solar por una superficie foliar según (Cayón, 1992) “está influenciada por su tamaño, forma, edad y producción de cultivos, de él depende la exposición de las hojas a los rayos solares y la distribución más uniforme a la luz a través del dosel vegetal, haciendo que la actividad fotosintética sea más eficiente en los estratos medios e inferiores de la planta” Mata, M., Dimas, A. et al. (2017), propone:

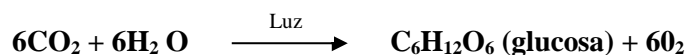
El prototipo de maceta inteligente, para generar electricidad a base de fotosíntesis que permita cargar dispositivo móvil o teléfono móvil. Se realizaron pruebas con diversas variables para tener una selección más amplia, se propusieron distintos tipos de suelos, pruebas a las plantas para buscar el confort de la planta y el beneficio energético, para lo cual añadieron un ánodo y cátodo para captar los electrones que libera la planta al hacer su rizo electrón.

Por ello nos preguntamos: ¿Es una alternativa sostenible la captación de electricidad de las plantas a través del proceso de fotosíntesis? es posible lograr una captación de energía solar con la aplicación de técnicas, fabricación de prototipos mediante el proceso de fotosíntesis.

FOTOSISTEMA II

Según Arismendi, G. (2011) en su artículo de investigación sobre el Fotosistema II (PSSI) explica que “es el primer complejo de proteínas responsables de la fotosíntesis en todos los organismos fotosintéticos que emplean oxígeno”. Asimismo, considera que “el PSII es la base de la vida, pues gracias a la fotosíntesis, las plantas fabrican su propio alimento y producen el oxígeno que respiramos”.

De acuerdo a nuestro conocimiento, el proceso de fotosíntesis es esencialmente la absorción de luz, agua y CO₂ el cual se realiza para generar alimento suficiente para el crecimiento y sobrevivencia de las plantas, según la reacción que a continuación se formula:



A través de esta reacción podemos convertir de energía solar a energía química. Para tal efecto, las plantas ocupan dos complejos proteínicos ubicados en las membranas tilacoides o sacos aplanados de las hojas: el Fotosistema II y Fotosistema I.

El primer paso se da en el PSII, en este complejo la energía solar separa dos moléculas de agua (H_2O) en cuatro iones hidronio (H^+), una molécula de oxígeno (O_2) y cuatro electrones. El oxígeno es eliminado como desecho, mientras que los protones y electrones son exportados al PSI, donde son aprovechados para la potencialización de la coenzima NADP^+ , que se convierte en NADPH y contribuye en el proceso metabólico de la producción de azúcares necesarios para las plantas.

El fundamento que se da en el primer paso que se da en el desarrollo de oxígeno en el PSII se halla en su núcleo, conformado por un clúster de átomos de manganeso, donde el complejo proteico comparte casi el mismo núcleo en todos los organismos fotosintéticos.

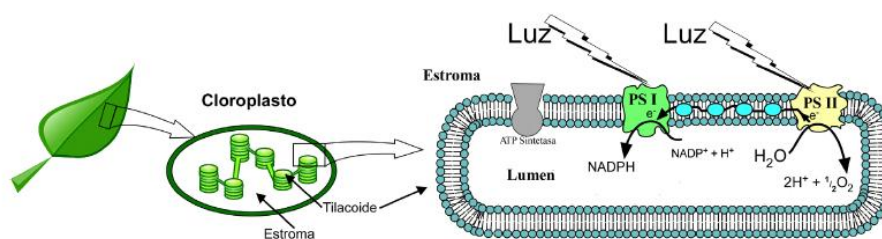


Figura 1. Representación del proceso de cambio energético producido en las hojas de las plantas. Se muestra las membranas tilacoides donde se hallan los complejos proteínicos de la Fotosíntesis I y II

Fuente: Arismendi, G. (2011)

Las primeras investigaciones realizaron los alemanes en el 2001, al obtener un cristal por medio de la difracción de rayos X con el objetivo de explicar su arreglo atómico. “Esta técnica cristalográfica permite el mapeo de proteínas complejas con fragmento atómico, pero no fue posible para la elucidación de PSII, por visualizar mapas muy borrosos” (Arismendi Romero, 2011), para demostrar el ordenamiento atómico en el núcleo. Sin embargo, los mapas han ido mejorando con los años, es así que, en el año 2011, investigadores japoneses han logrado explicar la textura cristalina de la proteína con amplio espectro, dando a conocer al mundo su núcleo conformado por átomos de manganeso, oxígeno y calcio, con una resolución de 1,9.

FOTOSÍNTESIS TIPO C3

Se denomina Fotosíntesis Tipo C-3, al bióxido de carbono, que al incorporarse en un carbono-3, permite que las estomas se mantengan abiertas durante el día, es por ello que la fotosíntesis se realiza a través de las hojas, logrando ser más eficaz que la fotosíntesis C4 y CAM en situaciones frías y con una luz normal, ya que requiere menos enzimas y no necesita que la anatomía de la planta sea especializada. Este tipo de fotosíntesis es efectuado por la mayoría de plantas.

Se realiza mediante dos etapas: la lumínica, en la que emplea la energía de luz para condensar ATP y NADPH, y la fijadora de carbono (C), que emplea los productos de la

primera etapa para la producción de sacarosa.

En este contexto, Mata, M., Dimas, A. et al. (2017), propone:

Una maceta inteligente, a fin de generar electricidad a base de fotosíntesis que permita cargar dispositivo móvil o teléfono móvil, para plantear el prototipo se realizaron pruebas con diversos parámetros para obtener una amplia selección, se propusieron varios tipos de suelos, pruebas a las plantas para encontrar el confort y el beneficio energético, por lo que se aplicó un ánodo y cátodo para captar los electrones que libera la planta al realizar su rizo electrón.

FACTIBILIDAD

Las plantas son indiscutiblemente pioneros de la energía solar y todas ellas utilizan los rayos del sol para generar su propio alimento, teniendo una eficiencia casi del 100%, lo que se interpreta que cada fotón de luz capturada se fabrica el mismo número de electrones.

Por tanto, si medimos la eficiencia de las plantas, con la de una celda solar fotovoltaica cuya eficiencia varía entre 14 y 18%, podemos concluir que las plantas poseen el sistema de mejor captación de energía, sin embargo, durante el proceso de la fotosíntesis las plantas utilizan esa energía libre para producir glucosa que estas aprovechan para acelerar su crecimiento. Estos electrones en forma de azúcares (glucosa o sacarosa) se depositan en rizo depósitos a raíz de la rizo deposición, ahí se almacenan como hidrocarburos que por descomposición orgánica o separación molecular libera energía que puede ser capturada. Para esta etapa, la eficiencia de generación se ha reducido, sin embargo, esta no deja de ser una generación de energía al 100% limpia.

Zamora, E. (2017), en su estudio sobre la “Comparación de la energía eléctrica generada mediante la fotosíntesis de las plantas Ipomea purpurea y Palma areca”, determina que:

Las especies Ipomea purpurea o Palma areca generaba mayor energía eléctrica a través del proceso de fotosíntesis. Aplicó la técnica de observación directa conformada por 36 plantas de la especie Ipomea purpurea y 36 plantas de la especie Palma areca. Resultando que la especie Palma areca produjo 23.375 Joules constituyendo un 9.3% de energía más que la especie Ipomea purpurea ya que produjo 21.2 Joules, concluyendo que el área foliar, temperatura y radiación solar influye en la generación de la energía eléctrica, con un PH promedio de 5.

A partir de estas investigaciones se busca que las personas conozcan y puedan aplicar este tipo de alternativas. Sin embargo, el problema principal es que gran parte de las fuentes alternativas son difíciles de almacenar a gran escala, por ello las nuevas investigaciones están direccionadas al almacenamiento de energía en forma de combustible. En este sentido, la acción fotosintética de las plantas resulta ser una fuente de inspiración extraordinaria.

PROTOTIPOS DE BIOCELDA

Las energías renovables muestran una gran oportunidad para generar electricidad, que a pequeña escala es lo más recomendable para zonas rurales y por ser económicas y considerarse una alternativa sustentable.

Rojas, Aburto, Espilco et al. (2018) en su investigación sobre la energía lograda través de la fotosíntesis de las plantas logró obtener 6.76 voltios promedio, colocando 8 celdas biológicas de cuatro especies diferentes de plantas. Para el diseño de las celdas biológicas utilizó electrodos de zinc y cobre, como ánodo y cátodo, en serie para lograr un mayor voltaje. Las medidas del voltaje se tomaron en tres etapas del día durante un mes, obteniendo una energía renovable sostenible con el medio ambiente y de fácil utilización en ciudades alejadas.

En la misma línea de investigación se considera como uno de los mejores conductores de la electricidad a la cáscara de papa, por tratarse de un vegetal sólido y rico en agua, ya que posee alrededor del 80% de su composición, en almidón y en potasio, permitiéndole mover la corriente generada a través de ella satisfactoriamente.

Por ello, en contraste con la construcción de prototipos de biocelda, Carrasco & Benites (2017) proponen:

El prototipo de biocelda, consiste en dos cámaras de acrílico; una anódica y otra catódica, estas tienen una forma rectangular que están enlazadas por una membrana de intercambio catiónico. La cámara anódica es de 357.36 ml, con tubo de suspensión de bacterias, el electrolito y el agua residual, mientras que la cámara catódica de 265.92 ml, contenía una solución de NaCl AL 2% y pH 7 y la distancia entre los electrodos fue de 3 cm. Para el enlace entre ambas cámaras y las reacciones electroquímicas, se empleó una membrana de intercambio catiónico, que se obtuvo entre los acrílicos de la biocelda por medio de la presión que produce la unión de pernos, con las celdas aeróbicas y anaeróbicas. El diseño, es el mismo en los cuatro tratamientos, a diferencia de la variación de cantidad de sustrato o cáscara de papa en cada una.

En relación a su funcionamiento, la reacción electroquímica presentada en el interior de la biocelda se desarrolla de la siguiente manera:

El sustrato en el agua residual es oxidado anaeróbicamente por los microorganismos presentes en el ánodo, produciendo CO_2 , electrones y protones, los cuales se dirigen por diferentes vías hacia el cátodo. El hidrógeno o protón (H^+) se dirigirá hacia el cátodo y lo hará a través del electrolito de (agua residual + cáscara de papa) y por medio de la membrana de intercambio de protones (MIP), a diferencia de los electrones del ánodo, que lo realizan a través del electrodo (grafito) y del circuito externo. En el cátodo, un oxidante O_2 presente en el agua es disminuido para formar H_2O

Es a partir de este proceso, determinar la cantidad de voltaje generada en cada repetición, para ello se utilizó un multímetro y el período de toma de datos fue de cada hora.

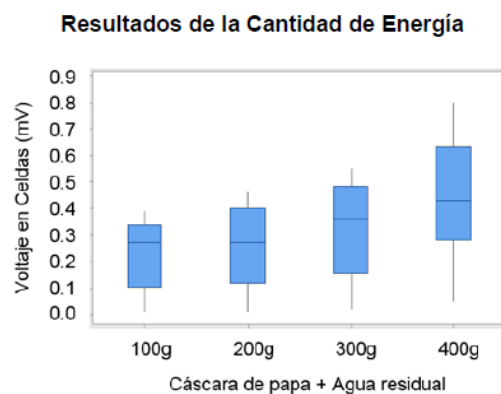


Figura 2. Comportamiento del voltaje en las bioceldas en relación a la cantidad de cáscara de papa y agua residual.
Fuente: Carrasco Vergara & Benites Alfaro. (2017)

En el tratamiento N° 1 se utilizó 100.21g es decir 30 ml del líquido separado y 250 ml de agua residual, el máximo voltaje fue de 0.39 V, la intensidad de corriente fue de 0.058A, generando así una potencia máxima de 0.019W, durante la primera semana de experimentación.

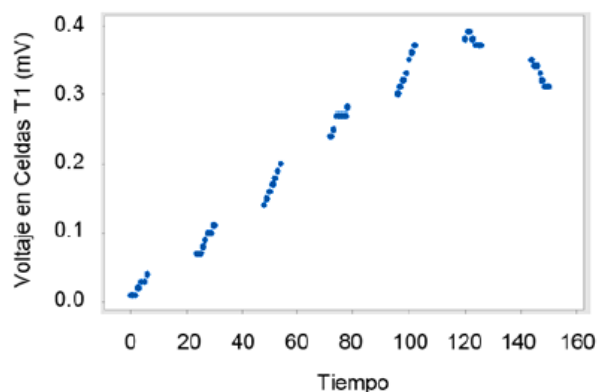


Figura 3. Comportamiento del voltaje en la biocelda T1 con respecto al tiempo.
Fuente: Carrasco Vergara & Benites Alfaro. (2017)

Por tanto, el reaprovechamiento de la cáscara de papa y agua residual si genera energía eléctrica, sin embargo, la potencia obtenida para una biocelda es baja en comparación de energía requerida para el funcionamiento de un sistema eléctrico de bajo consumo. A mayor cantidad de biomasa residual usada, mayor será la potencia. Esto debido a que las bacterias tienen como alimento los nutrientes presentes en el electrolito, y al agotarse este, la energía producida desciende.

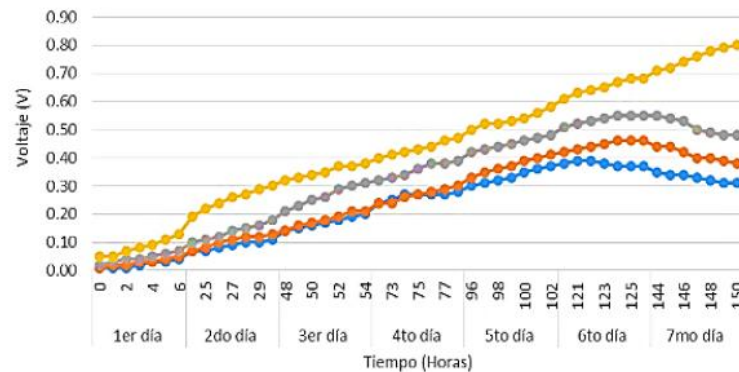


Figura 4. Tratamiento en bioceldas (Voltaje vs tiempo)
Fuente: Carrasco Vergara & Benites Alfaro. (2017)

En consecuencia, la aplicación primaria de bioceldas es utilizada en la producción de bioenergía sostenible, la cual puede utilizar residuos orgánicos para la generación de electricidad sostenible, en lugares donde no cuentan con energía convencional.

Con este estudio Baltazar, E. (2013), obtuvo como resultados de 0.50 y 0.70 voltios en celdas con dimensiones de 157 ml, y 1.0 volts en celdas de 8.5 litros, lo que determina que “las dimensiones utilizadas en la investigación de 370 ml para la celda anódica y 270 ml para la celda catódica, obteniéndose mejores resultados en el tratamiento N° 4, por contener mayor cantidad de biomasa residual”. Desde otra perspectiva, Gavidia, A (2007) sustenta que “el voltaje disminuye relativamente a medida que le tiempo avanza, esto debido a que la materia orgánica que contiene el electrolito es consumida con el pasar de los días por los microorganismos electrogénicos, que se encuentran en el medio”.

CONCLUSIONES

La búsqueda de nuevas tecnologías ha permitido la utilización de biomasa residual para la generación de energía eléctrica de manera sostenible, para ello requiere del diseño de bioceldas, el cual ayuden a demostrar que el uso de residuos orgánicos, pueden ser utilizados como carburantes para alimentar las celdas y promover el potencial recuperable y económico de la biomasa.

El estudio de la energía de las plantas mediante el proceso de fotosíntesis de plantas *Ipomea purpurea* y *Palma areca* resulta una alternativa sostenible, que contribuye a disminuir los problemas y afronta la sociedad actual como es el incremento de residuos sólidos y la crisis energética.

Por tanto, las plantas constituyen un papel fundamental en el desarrollo de prototipos diseñados para generar energías sostenibles. Sin embargo, la evaluación de la eficiencia debe ser más profunda y con mayores aportaciones en el desarrollo de prototipos mejorados.

Así, de ese modo aportar en este proyecto de ingeniería, que puede realizar grandes cambios en el ambiente, reemplazando el uso de generación de energía convencional.

Referencias

- Arismendi, G. (2011). Fotosistema II y fotosíntesis artificial: buscando una nueva alternativa energética. *Revista de química PUCP*. Vol. 25 N° 1-2
- Rojas, Aburto, Espilco et al. (2018). Electricidad a partir de las plantas vivas. Perú: Universidad César Vallejo. P. 37
- Carrasco, A. y Benites, B. (2017). Generación de energía eléctrica mediante el reaprovechamiento de biomasa (cáscara de papa y aguas residuales) por medio de bioceldas. 2016. Perú: *Revista ECI Perú* Vol. 14 N° 2
- INFOMUSA-INIBAP (s.f). Evolución de la fotosíntesis, transpiración y clorofila durante el desarrollo del plátano. Francia: Vol. 10 N° 1, p. 12
- Recuperado de: books.google.es/books?hl=es&lr=&id=JRYnyVYn1GUC&oi=fnd&pg=PA12&dq=tesis+energia+generada+por+las+plantas+proceso+de+fotosintesis&ots=LLHMaAfCSv&sig=4oT5U2nz_HqVxONitg1tt2aBraU#v=onepage&q&f=false
- Strik, D. y Hamelers, H. (2008). Green electricity production with living plants and bacteria in a fuel cell. *International Journal of Energy Research*.
- Mata, M., Dimas, A. et al. (2017). Generación de electricidad a base de fotosíntesis. Universidad Tecnológica de Querétaro. *Revista de ciencias naturales y agropecuarias*. Vol.4 N° 12 5-11
- Zamora, E. (2017). Comparación de la energía generada mediante la fotosíntesis de las especies *Ipomea purpurea* y *Palma areca*, San Martín de Porres, 2017. Perú [Tesis de grado]. Universidad César Vallejo.
- Socorro, A. y Cristóbal, R. (2013). Fotosíntesis artificial. Comparacion con el mecanismo natural. *Rev. Cub.* 30.9
- Carbó, P., y Rocha, E. (2012). Proceso electroquímico en celdas solares sensibilizadas con un colorante natural. México: Universidad Autónoma de Aguascalientes. *Revista de investigación y ciencia*. Vol. 20 N° 56
- Espinoza, A. (2012). Desarrollo de un sistema no invasivo de medición de fotosíntesis en *Capsicum annum L.* México: Universidad Autónoma de Queretaro.
- AIE. (2018). Agencia Internacional de Energia. Obtenido de Energias: <https://www.iea.org/>
- De Lucas Herguedas, A., Rodríguez García, E., & Prieto Paniagua, P. (2012). Biomasa, biocombustible y Sostenibilidad. Palencia: Centro tecnológico Agrario y Agroalimentario.
- EDU.XUNTA. (2013). Generacion y fuentes de Energia. xunta.gal/centros.
- Energía Solar. (2008). Tecnología de la Información. Obtenido de https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_solar.pdf
- Energías Renovables: Energía eólica. (2008). Tecnología de la información. Obtenido de https://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/publicaciones/libro_energia_eolica.pdf
- González González, A. (s.f.). La energía. Departamento de Tecnología . Recuperado el 02 de Mayo de 2019, de <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/11/apuntes-energ3ada.pdf>
- Guía de la Energía Solar. (2006). Madrid: Dirección General de Industria, Energía y Minas.
- HECHT, A. C. (2017). Modelacion con LiDar en un bosque en Yucatan. Centro de Investigacion Cinetifica de Yucatan, 95.
- OEI. (2018). Organizacion de estados Iberoamericanos. Obtenido de Programa de accion global: <https://www.oei.es/historico/decada/index.php>

- ONG, & R. (2011). Manipulación de la fotosíntesis para la conversión de energía. tesis.
- PUENTE, W. (2011). Técnicas de Investigación. Portal de Relaciones Públicas.
- Redondo Quintela, F., & Redondo Melchor, R. (2012). Corriente Eléctrica. Salamanca: Universidad de Salamanca. Recuperado el 13 de Abril de 2019, de http://electricidad.usal.es/Principal/Fenomenos/Publicaciones/Descargas/03_Corriente_electrica.pdf
- TWENERGY. (2015). TWENERGY. Obtenido de energías: <https://twenergy.com/energia>
- VARGAS, P. N. (2016). UNIVERSIDAD AGRARIA. Obtenido de Facultad de Agronomía: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1979/F04-N864-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vitores González, Á. (2010). Corriente Eléctrica. Madrid. Recuperado el 17 de Abril de 2019, de http://ocw.upm.es/apoyo-para-la-preparacion-de-los-estudios-de-ingenieria-y-arquitectura/fisica-preparacion-para-la-universidad/contenidos/electromagnetismo/unidad_19_corriente_electrica.pdf