	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 7

21.1.

FECHA viernes, 12 de julio de 2019

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
TIPO DE DOCUMENTO	Tesis
FACULTAD	Ingeniería
NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
PROGRAMA ACADÉMICO	Ingeniería Electrónica

El Autor(Es):


APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
GARCIA RAMOS	DUVAN STEVEN	1069755642
LEDESMA DELGADO	YERSON ARMANDO	1085660516

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
PALACIO YEPES	EDWIN
ROA GUERRERO	EDGAR EDUARDO

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 7

TÍTULO DEL DOCUMENTO

DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DEL PROCESO DE FOTOSÍNTESIS DE LAS PLANTAS

SUBTÍTULO
(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
INGENIERO ELECTRONICO


AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
04/07/2019	95

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1.ENERGIA ELÉCTRICA	ELECTRIC POWER
2.FOTOSÍNTESIS	PHOTOSYNTHESIS
3.PLANTAS	PLANTS
4.MICROORGANISMOS	MICROORGANISMS
5.ELECTRODOS	ELECTRODES
6.CELDAS	CELLS

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

La energía eléctrica es indispensable hoy en día, debido a que es la encargada de brindar lo necesario para el funcionamiento de la mayoría de dispositivos usados por el ser humano, pero desafortunadamente existen formas de obtención de energía que provocan un impacto negativo en el medio ambiente y que a su vez no logra llegar a zonas de difícil acceso, por tales motivos se a potencializado el uso, el estudio y la búsqueda de nuevas fuentes de energía renovables en todo el mundo.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 3 de 7

El objetivo del proyecto de investigación como parte de un proyecto macro de investigación es dar a conocer una fuente de energía amigable con el medio ambiente y proveniente de un proceso natural de las plantas como lo es la fotosíntesis, se desarrolló un prototipo y un estudio de obtención de energía eléctrica mediante conceptos de electrónica, física, química y agronomía. Además de los factores internos y externos que pueden influenciar en el proceso, por lo tanto, se evidencia el almacenamiento de información proveniente de consultas y practicas realizadas con sus respectivos análisis y la determinación de que tan eficiente podría llegar a ser esta fuente de energía.

La metodología de este proyecto, se basa en la investigación de que plantas resultan apropiadas para el prototipo, en la determinación de requerimientos y restricciones del sistema, en la elaboración del diseño del sistema, en la implementación del diseño y por último en la evaluación del rendimiento.

Electric power is indispensable today, because it is responsible for providing what is necessary for the operation of most devices used by humans, but unfortunately there are ways to obtain energy that cause a negative impact on the environment and that in turn fails to reach areas of difficult access, for these reasons the use, study and search of new renewable energy sources around the world has been enhanced.

The objective of the research project as part of a macro research project is to make known a source of energy friendly to the environment and coming from a natural process of plants such as photosynthesis, a prototype and a study of obtaining electrical energy through concepts of electronics, physics, chemistry and agronomy. In addition to the internal and external factors that can influence the process, therefore, the storage of information from consultations and practices carried out with their respective analyzes and the determination of how efficient this source of energy could be is evident.

The methodology of this project is based on the investigation of which plants are appropriate for the prototype, in the determination of requirements and restrictions of the system, in the elaboration of the system design, in the implementation of the design and finally in the evaluation of the performance.



AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN


Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:
Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 5 de 7

autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

SI ___ **NO** **X**.


En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 6 de 7

patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.


e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 7



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.




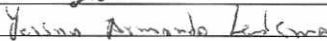
Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1.Desarrollo de un prototipo.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
García Ramos Duvan Steven	
Leónima Delgado Gerson Armando	

Desarrollo de un prototipo de sistema para la generación de energía eléctrica a partir del proceso de fotosíntesis de las plantas

Autores

**Duvan Steven Garcia Ramos
Yerson Armando Ledesma Delgado**

Universidad de Cundinamarca

Ingeniería electrónica
Facultad de ingeniería
Fusagasugá, Colombia
2019

Desarrollo de un prototipo de sistema para la generación de energía eléctrica a partir del proceso de fotosíntesis de las plantas

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de ingeniero electrónico

Autores

**Duvan Steven Garcia Ramos
Yerson Armando Ledesma Delgado**

Director:

Edwin Palacios Yepes

Co-director:

Edgar Eduardo Roa Guerrero

Línea de investigación:

Energías Renovables

Universidad de Cundinamarca

Ingeniería electrónica
Facultad de ingeniería
Fusagasugá, Colombia
2019

Agradecimientos

Steven García Ramos – Yerson Ledesma Delgado; autores de esta tesis queremos expresar nuestros agradecimientos a:

Primeramente, a Dios por cada momento regalado durante la realización de la tesis, por ser la base de nuestra moral, por cada día que nos permitió despertar no solo con vida si no también nos permitió continuar con salud, fuerzas y empeño para que cada avance y experiencia fuera un momento de aprendizaje y un momento en el cual crecimos como personas, gracias a él se logro culminar más una etapa de nuestras vidas y sabemos que siempre estará con nosotros guiándonos e iluminándonos.

A nuestros Docentes:

Nuestro Director de proyecto el Ingeniero Edwin palacios Yepes

Queremos agradecerle por cada momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda, por la dedicatoria y exactitud con la que nos guio en todo este proceso.

Nuestro Co Director del proyecto el Ingeniero Edgar Eduardo Roa Guerrero

Quien nos guió con su paciencia y rectitud como docente, por brindarnos sus acompañamientos en este proceso de formación lo cual fue de gran ayuda por sus consejos a la hora de tomar decisiones con respecto a nuestro proyecto.

A Nuestros Familiares:

A mis hermanas Esperanza Velázquez y Andrea Velázquez

Quienes han estado conmigo en cada uno de los procesos de mi vida y me han apoyado para salir adelante en cada espacio de mi vida y aún más en mi carrera, quiero agradecerles por su amor, comprensión, por haber creído en mí y por sus consejos y palabras de aliento Han hecho de mi cada día una mejor persona (Steven García)

A mis padres Amparo Delgado y Armando Ledesma

Por darme la vida, por su amor, paciencia y esfuerzo, me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y Valentía, por tenerme siempre en sus oraciones y por cada día depositar su voto de confianza en mí son mi mayor motor. También quiero agradecerles a mis hermanos James Ledezma, Jaqueline Ledesma, Mogola Ledesma, Ilibo Ledesma y Ciro Ledezma (quien fue el motivador para que lograra estudiar y así ser un profesional; descansa en paz padrino); por darme su apoyo en este proceso aportando a mi formación tanto profesional como ser humano. (Yerson Ledesma)

A la Universidad de Cundinamarca

Por habernos permitido formarnos en ella, gracias a cada docente que estuvo presente en nuestra formación como profesionales que aportaron un granito de arena ya sea directa o indirectamente que se verá reflejado en la culminación de nuestro paso por la universidad.

A nuestros compañeros y amigos

Que estuvieron presente durante la mayor parte de nuestra carrera, realización y desarrollo de esta tesis, gracias a aquellos que con respeto y decencia realizaron aportes.

Resumen

La energía eléctrica es indispensable hoy en día, debido a que es la encargada de brindar lo necesario para el funcionamiento de la mayoría de dispositivos usados por el ser humano, pero desafortunadamente existen formas de obtención de energía que provocan un impacto negativo en el medio ambiente y que a su vez no logra llegar a zonas de difícil acceso, por tales motivos se a potencializado el uso, el estudio y la búsqueda de nuevas fuentes de energía renovables en todo el mundo.

El objetivo del proyecto de investigación como parte de un proyecto macro de investigación es dar a conocer una fuente de energía amigable con el medio ambiente y proveniente de un proceso natural de las plantas como lo es la fotosíntesis, se desarrolló un prototipo y un estudio de obtención de energía eléctrica mediante conceptos de electrónica, física, química y agronomía. Además de los factores internos y externos que pueden influenciar en el proceso, por lo tanto, se evidencia el almacenamiento de información proveniente de consultas y practicas realizadas con sus respectivos análisis y la determinación de que tan eficiente podría llegar a ser esta fuente de energía.

La metodología de este proyecto, se basa en la investigación de que plantas resultan apropiadas para el prototipo, en la determinación de requerimientos y restricciones del sistema, en la elaboración del diseño del sistema, en la implementación del diseño y por último en la evaluación del rendimiento.

Finalmente, es importante mencionar que como resultado se logran tener altos niveles de voltaje, pero pocos valores de corriente por lo cual existe la compensación de corriente-voltaje evitando tener valores de potencia altos. Sin embargo, se ha tenido avances en la investigación acerca de cómo se puede tener un aumento de corriente.

Abstract

Electric power is indispensable today, because it is responsible for providing what is necessary for the operation of most devices used by humans, but unfortunately there are ways to obtain energy that cause a negative impact on the environment and that in turn fails to reach areas of difficult access, for these reasons the use, study and search of new renewable energy sources around the world has been enhanced.

The objective of the research project as part of a macro research project is to make known a source of energy friendly to the environment and coming from a natural process of plants such as photosynthesis, a prototype and a study of obtaining electrical energy through concepts of electronics, physics, chemistry and agronomy. In addition to the internal and external factors that can influence the process, therefore, the storage of information from consultations and practices carried out with their respective analyzes and the determination of how efficient this source of energy could be is evident.

The methodology of this project is based on the investigation of which plants are appropriate for the prototype, in the determination of requirements and restrictions of the system, in the elaboration of the system design, in the implementation of the design and finally in the evaluation of the performance.

Finally, it is important to mention that as a result, high voltage levels are achieved, but there are few current values for which the current-voltage compensation exists, avoiding having high power values. However, there has been progress in research about how we can have an increase in current.

Contenido

Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción	14
1. Capítulo 1: El Problema.....	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general	16
1.2.2. Objetivos específicos	16
1.3. Justificación.....	17
1.3.1. Beneficios tecnológicos	18
1.3.2. Beneficios institucionales	18
1.4. Alcances y limitaciones	19
1.4.1. Alcances.....	19
1.4.2. Limitaciones	19
2. Capítulo 2: Marco Referencial.....	20
2.1. Estado del arte.....	20
2.2. Fundamentos teóricos	32
2.2.1. Fuentes de energía.	32
2.2.2. Proceso de fotosíntesis.	34
2.2.3. Efecto invernadero.....	37
2.2.4. Celdas electroquímicas.....	39
2.2.5. Reacción redox.....	40
2.2.6. Baterías conectadas en serie.....	40
2.2.7. Baterías conectadas en paralelo	41
2.2.8. Términos básicos	42
3. Capítulo 3: Diseño Metodológico	43
3.1. Metodología	43
3.1.1. Identificación de plantas en la zona	44
3.1.2. Identificar requerimientos y restricciones	48
3.1.3. Diseño del sistema.....	54
3.1.4. Implementación del sistema	56
3.1.5. Evaluación del rendimiento del sistema	61

4. Capítulo 4: Análisis de resultados	63
5. Conclusiones y trabajos futuros	90
Bibliografía	91

Índice de imágenes

Imagen 1 Generador eólico flotando en el mar	20
Imagen 2 Turbina para la generación de energía mediante corrientes marítimas.....	21
Imagen 3 Parque eólico Jepirachi, la guajira.....	22
Imagen 4 Estructura de una MFC.....	23
Imagen 5 Díagrama del estudio realizado en Japón.....	24
Imagen 6 Reactor piloto para celdas de combustible microbiana.	25
Imagen 7 Plant-e pone electrodos en la raíz.	26
Imagen 8 Panel Bioo.....	26
Imagen 9 Bioo pass	27
Imagen 10 Maceta de Bioo.....	27
Imagen 11 Puerto USB.....	27
Imagen 12 Plantalámpara.	28
Imagen 13 Ramasamy y su colaborador Umasankar, logran obtener energía de las plantas.....	29
Imagen 14 Prototipo funcional	29
Imagen 15 Esquema representativo de una cubeta con agua, que en su interior tiene las dos placas conductoras, unidas por un hilo conductor que contiene una bombilla .	30
Imagen 16 Latro, lámpara colgante	31
Imagen 17 Prototipo que usa la energía de las plantas para generar energía eléctrica.	31
Imagen 18 Fuentes de energía no renovables.....	32
Imagen 19 Energías renovables	33
Imagen 20 Proceso de la fotosíntesis	35
Imagen 21 Descripción general del proceso de la fotosíntesis en la hoja	36
Imagen 22 Causas de efecto invernadero.	38
Imagen 23 Consecuencias del efecto invernadero.	38
Imagen 24 Celda electrolítica.....	39
Imagen 25 Celda galvánica	40
Imagen 26 Conexión en serie de 2 baterías de 12 V	41
Imagen 27 Conexión en paralelo de 2 batería de 12 V	41
Imagen 28 Díagrama de flujo del diseño metodológico.....	43
Imagen 29 Planta de hierbabuena tomada en el restaurante punto verde	45
Imagen 30 Planta de lechuga tomada en el restaurante punto verde	46
Imagen 31 Planta de anís tomada en el restaurante punto verde.....	47
Imagen 32 Oxidación de la lámina de zinc.	49
Imagen 33 Lamina de aluminio	49
Imagen 34 Sensor Im355 de temperatura.....	50
Imagen 35 Sensor FC-28 de humedad	50
Imagen 36 Modulo sensor de tensión	51
Imagen 37 Lector TF SPI/SDIO Micro SD	51
Imagen 38 Prueba para obtención de voltaje con sensores de humedad y temperatura.	52
Imagen 39 Celdas de tierra	53

Imagen 40 proceso de incorporación de los desechos orgánicos.....	53
Imagen 41 Cobre y aluminio en la tierra	54
Imagen 42 Diseño de bandeja con 50 cubos conectados en serie	55
Imagen 43 Diseño de la maceta cuadrada.	55
Imagen 44 Malla de plástico en la parte inferior de la maceta.....	56
Imagen 45 Planta de hierbabuena.....	56
Imagen 46 Conjunto de cubos conectados en serie.....	57
Imagen 47 Macetas con su respectivo sistema.....	57
Imagen 48 Tierra con desechos orgánicos.....	58
Imagen 49 Tierra con humus	58
Imagen 50 Tierra con desechos orgánicos y humus	58
Imagen 51 Bombillo led encendido con un conjunto de cubos de tierra conectados en serie.....	59
Imagen 52 Medición de voltaje suministrado por las 4 bandejas conectadas en serie sin carga.....	59
Imagen 53 Medición de voltaje en la serie con un led conectado	60
Imagen 54 Medición de corriente en la serie con un led conectado.....	60
Imagen 55 Medición de voltaje suministrado por las 4 bandejas conectadas en paralelo sin carga.....	60
Imagen 56 Medición de voltaje en el paralelo con un led conectado	61
Imagen 57 Medición de corriente en el paralelo con un led conectado	61
Imagen 58 Potenciómetro utilizado para evaluar la conexiones en serie y paralelo ante diferentes valores de resistencia	61
Imagen 59 Limón cocinado para hacer el jugo.....	89
Imagen 60 Bandejas regadas con el jugo de limón	89
Imagen 61 Producto agrícola utilizado	89

Índice de graficas

Grafica 1 Voltajes primer día.....	63
Grafica 2 Voltajes segundo día.....	64
Grafica 3 Voltajes tercer día.....	64
Grafica 4 Voltaje VS Temperatura.....	65
Grafica 5 Voltaje de la planta de lechuga VS Humedad.....	66
Grafica 6 Voltaje de la planta de anís VS Humedad.....	66
Grafica 7 Voltaje de la planta de hierbabuena VS Humedad.....	67
Grafica 8 Voltaje en dos tipos de tierra diferentes sin carga.....	68
Grafica 9 Voltaje en dos tipos de tierra diferentes con carga.....	68
Grafica 10 Corriente en dos tipos de tierra diferentes con carga.....	69
Grafica 11 Corriente de 4 tipos de tierra diferentes VS Resistencia.....	71
Grafica 12 Potencia de 4 tipos de tierra diferentes VS Resistencia.....	72
Grafica 13 Corriente de 4 tipos de tierra diferentes con dos columnas más en serie VS Resistencia.....	74
Grafica 14 Potencia de 4 tipos de tierra diferentes con dos columnas más en serie VS Resistencia.....	74
Grafica 15 Corriente de 4 tipos de tierra diferentes con dos columnas más en paralelo VS Resistencia.....	76
Grafica 16 Potencia de 4 tipos de tierra diferentes con dos columnas más en paralelo VS Resistencia.....	77
Grafica 17 Potencia en 4 bandejas diferentes VS Resistencias bajas.....	79
Grafica 18 Potencia en 4 bandejas diferentes VS Resistencias medíanas.....	81
Grafica 19 Potencia en 4 bandejas diferentes VS Resistencias altas.....	83
Grafica 20 Potencia en serie y paralelos de 4 bandejas VS Resistencias bajas.....	85
Grafica 21 Potencia en serie y paralelos de 4 bandejas VS Resistencias medíanas.....	86
Grafica 22 Potencia en serie y paralelos de 4 bandejas VS Resistencias grandes.....	88

Índice de tablas

Tabla 1 Datos adquiridos en 10 cubos de tierra sin adiciones conectados en serie	70
Tabla 2 Datos adquiridos en 10 cubos de tierra con desechos orgánicos conectados en serie.....	70
Tabla 3 Datos adquiridos en 10 cubos de tierra con humus conectados en serie.....	70
Tabla 4 Datos adquiridos en 10 cubos de tierra con desechos orgánicos y humus conectados en serie	70
Tabla 5 Datos adquiridos en tres columnas en serie con tierra sin adiciones	72
Tabla 6 Datos adquiridos en tres columnas en serie con tierra y desechos orgánicos .	73
Tabla 7 Datos adquiridos en tres columnas en serie con tierra y humus.....	73
Tabla 8 Datos adquiridos en tres columnas en serie con tierra y desechos orgánicos e humus.....	73
Tabla 9 Datos adquiridos en tres columnas en paralelo con tierra sin adiciones.....	75
Tabla 10 Datos adquiridos en tres columnas en paralelo con tierra y desechos orgánicos.....	75
Tabla 11 Datos adquiridos en tres columnas en paralelo con tierra y humus	75
Tabla 12 Datos adquiridos en tres columnas en paralelo con tierra y desechos orgánicos e humus	76
Tabla 13 Datos adquiridos en la bandeja 1 con resistencias pequeñas	78
Tabla 14 Datos adquiridos en la bandeja 2 con resistencias pequeñas	78
Tabla 15 Datos adquiridos en la bandeja 3 con resistencias pequeñas	78
Tabla 16 Datos adquiridos en la bandeja 4 con resistencias pequeñas	79
Tabla 17 Datos adquiridos en la bandeja 1 con resistencias medianas	80
Tabla 18 Datos adquiridos en la bandeja 2 con resistencias medianas	80
Tabla 19 Datos adquiridos en la bandeja 3 con resistencias medianas	81
Tabla 20 Datos adquiridos en la bandeja 4 con resistencias medianas	81
Tabla 21 Datos adquiridos en la bandeja 1 con resistencias grandes	82
Tabla 22 Datos adquiridos en la bandeja 2 con resistencias grandes	82
Tabla 23 Datos adquiridos en la bandeja 3 con resistencias grandes	83
Tabla 24 Datos adquiridos en la bandeja 4 con resistencias grandes	83
Tabla 25 Datos adquiridos en las 4 bandejas en serie con resistencias pequeñas.....	84
Tabla 26 Datos adquiridos en las 4 bandejas en paralelo con resistencias pequeñas .	84
Tabla 27 Datos adquiridos en las 4 bandejas en serie con resistencias medianas.....	85
Tabla 28 Datos adquiridos en las 4 bandejas en paralelo con resistencias medianas .	86
Tabla 29 Datos adquiridos en las 4 bandejas en serie con resistencias grandes.....	87
Tabla 30 Datos adquiridos en las 4 bandejas en paralelo con resistencias grandes	87

Introducción

La energía eléctrica es la forma de energía que resulta de una diferencia de potencial entre dos puntos, quienes unidos a un conductor eléctrico, permiten la obtención de una corriente eléctrica y por ende el funcionamiento de la mayoría de los elementos tecnológicos usados por el ser humano, teniendo en cuenta, también, que esta energía es capaz de transformarse en otras formas de energía como: la energía térmica, la energía luminosa y energía mecánica, y que a su vez, es fácil de transportar [1].

Actualmente, existen varios métodos empleados para la generación de energía eléctrica, los cuales, dependiendo de su fuente de obtención, se pueden clasificar en energías renovables y en energías no renovables. Hasta el momento son más utilizados los métodos de obtención de energías no renovables, que son: la quema de combustibles fósiles como el carbón, gas y petróleo, (materiales agotables), y los realizados en plantas nucleares [2]. Sin embargo, existen varios problemas con la implementación de estos métodos. Por ejemplo, la combustión de los materiales fósiles emiten gases contaminantes que aceleran el efecto invernadero y además puede provocar un agotamiento de las reservas naturales por la búsqueda de dichos combustibles; por otro lado, en las centrales nucleares se almacenan a largo plazo diferentes residuos difíciles de eliminar contaminando así el medio ambiente, y existe la posibilidad de que se produzcan accidentes que acarreen la liberación de agentes radiactivos al entorno [3].

Debido a los problemas que presenta la obtención de energía por métodos no renovables, se ha empezado a estudiar e implementar métodos renovables, los cuales consisten en el aprovechamiento de recursos naturales inagotables, como el sol, el viento, el agua y los residuos orgánicos; asegurando, además, una generación de electricidad sostenible a largo plazo, reducción de la emisión de dióxido de carbono, ofrecimiento de nuevas oportunidades de empleo en zonas rurales y urbanas, promoción del desarrollo de tecnologías locales y dotación de energía eléctrica a zonas de difícil acceso que no poseen este servicio [4]. Algunos métodos de energías renovables son: la implementación de paneles solares, turbinas hidráulicas y eólicas y la descomposición de materiales orgánicos, entre otros.

Teniendo en cuenta el impacto que han tenido las energías renovables en los últimos años, gracias a sus beneficios, y que aún existen estudios en búsqueda de nuevos métodos, este trabajo da a conocer un proceso poco común de obtención de energía por medio de una acción muy cotidiana de las plantas como lo es la fotosíntesis, pretendiendo incentivar y promover el uso de energías renovables en el departamento de Cundinamarca además de brindar un beneficio al medio ambiente y a la comunidad de la región.

1. Capítulo 1: El Problema

1.1. Planteamiento del problema

Es innegable que con el paso del tiempo, la energía eléctrica se ha vuelto indispensable para el ser humano, sin embargo su uso desmedido ha causado que los métodos tradicionales de su obtención (quema de combustibles fósiles como el gas el petróleo y el carbón) traigan consigo efectos contraproducentes para el planeta, por ejemplo el 60% de la emisión de gases (dióxido de carbono entre otros) producidos por estos métodos se ha convertido en la causa principal del aumento de la temperatura [5]. Por esta razón, se han desarrollado diferentes metodologías para obtención de energía eléctrica que contribuyen a la disminución del efecto invernadero.

Hoy en día en Colombia se ha hecho hincapié en el uso de energías renovables, siendo la energía hidráulica la más utilizada con un 70% del total de ellas, la energía térmica con un 30% y un 0.6% producida por fuentes de energía renovables no convencionales, posicionándose así como uno de los sistemas eléctricos ambientales más sostenibles del mundo [5]. Sin embargo, en Cundinamarca aún no se ha evidenciado un avance significativo en esta área, y esto es debido a la poca iniciativa de la población en investigación y el bajo desarrollo tecnológico en cuanto a generación de energía eléctrica. Por esta razón es común observar en la mayor parte del departamento y el resto del país, que la energía es obtenida mediante la utilización de métodos no amigables con el medio ambiente como la adecuación de pantanos y represas y es transmitida por cables de alta tensión que pueden molestar y perjudicar a la gente.

Siendo de gran importancia los problemas expuestos anteriormente y teniendo en cuenta que el departamento de Cundinamarca cuenta con una universidad (UDEG) la cual tiene la posibilidad de investigar y promover el uso de energías renovables pero que aun así no se ha aprovechado al máximo, se formula la siguiente pregunta:

¿Cómo obtener energía eléctrica a partir del proceso de fotosíntesis?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Desarrollar un prototipo de sistema para la generación de energía eléctrica mediante el aprovechamiento de los residuos generados en el proceso de la fotosíntesis de las plantas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio comparativo de las plantas que presentan mayores niveles de reacción química entre residuos generados en su proceso de fotosíntesis y los microorganismos de la tierra.
- Establecer los requerimientos y restricciones del prototipo de acuerdo con la zona geográfica y a las plantas a utilizar.
- Diseñar cada uno de los módulos que componen el prototipo.
- Implementar el prototipo de sistema para la obtención de energía eléctrica mediante la integración de cada uno de los módulos.
- Analizar el rendimiento del prototipo en cuanto a la transformación de la energía eléctrica producida en una plantación con respecto a otros sistemas.

1.3. Justificación

Aunque el efecto invernadero es la problemática que más preocupa a nivel mundial, éste no es la única secuela del uso de las energías no renovables, pues los ecosistemas también se ven afectados de una manera más directa, debido a que en muchas ocasiones ocurren desastres como derramamientos de petróleo en los mares o explosiones en las centrales nucleares. El ejemplo más insigne de esto último es la explosión de Fukushima I en Japón, a causa del tsunami que azotó a este país en el 2011. Hoy, y durante unos 30 años más, se seguirán viendo los efectos de este evento, pues se han observado mutaciones en algunos cultivos, en la fisiología de determinadas mariposas y en el plumaje de ciertas aves, por no mencionar la liberación de material radiactivo al mar y al aire [6].

Como puede verse, no son pocas las razones por las cuales el uso de energías renovables se ha vuelto un tema de interés gubernamental para diferentes países, lo que ha dado lugar a acciones y creación de políticas en pro del medio ambiente.

Si bien la energía eléctrica es sustancial para la población, la prestación de este servicio público está plenamente reglamentada en el territorio colombiano, tal como lo dice la Ley Eléctrica (Ley 142 de 1994), la cual establece los criterios y la normatividad debida para su “generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización”. Así mismo, el capítulo X de dicha ley está dedicado a la conservación, protección y mitigación de posibles daños en el medio ambiente a causa de cualquier actividad relacionada con la manipulación de dicha energía [7].

En el año 2000, el entonces presidente Andrés Pastrana, firmó la adhesión de Colombia al Protocolo de Kyoto de la Convención Macro de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, acto que quedó constituido mediante la Ley 629 de 2000. Dicho protocolo tiene como fin hacer que los gobiernos de países desarrollados instituyan leyes y políticas en pro de la disminución y estabilización de emisiones de gases de efecto invernadero [8], [9].

Posteriormente, se instituyó la Ley 697 de 2001, la cual promueve de manera enfática el uso eficiente de la energía, su posible reutilización y, sobre todo, la investigación y creación de proyectos relacionados con el uso de fuentes de energía no convencionales; esto último es atizado mediante incentivos, estímulos, reconocimientos y ayuda financiera. De igual forma, el artículo 5 habla de la creación de PROURE, es decir, el Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, el cual es diseñado por el Ministerio de Minas y Energía, y cuyo fin es fomentar lo dicho anteriormente [10].

Finalmente, se crea la Ley 1715 de 2014, la cual reglamenta la inclusión de las energías renovables en el Sistema Energético Nacional. Aquí se describen las

políticas, los motivos, los incentivos y demás planteamientos referentes a dicho proceso [11], [12].

Por su ubicación geográfica, Colombia es una fuerte potencia en energías renovables, allí, es apto el aprovechamiento de la energía solar, de las corrientes de viento (por ejemplo, el parque eólico Jepirachi, ubicado en la Guajira), de la energía hidráulica y de la proveniente de los océanos, entre otras [13]. Sin embargo, energías como la solar o la eólica (que son aquellas que pueden integrarse en las zonas urbanas), tienen contras, como lo es la producción de ruido por parte de las turbinas eólicas o la costosa fabricación energética de un panel solar.

Dicho lo anterior, el propósito de este trabajo es investigar y evaluar una nueva forma de generar energía eléctrica, esto a partir del natural proceso de la fotosíntesis de las plantas, contribuyendo así no solo a los planes y propósitos del gobierno colombiano, sino también a la sociedad en general que hoy en día tiene más conciencia ambiental.

1.3.1. Beneficios tecnológicos

La obtención de energía a partir de la fotosíntesis es un proceso relativamente reciente, por lo que, aunque ya existan algunos pequeños dispositivos que muestran su utilidad, aún no ha sido investigado y profundizado en su totalidad. La realización de este proyecto y su posterior divulgación sentará una premisa sobre un nuevo campo a explorar y trabajar por parte de ingenieros y estudiantes.

1.3.2. Beneficios institucionales

La Universidad de Cundinamarca tendrá la posibilidad de incluir una línea o un grupo investigativo dedicado a estudiar y experimentar con este método, llegando así a ser pionera en el departamento de una nueva alternativa energética, incentivando también a otras instituciones (tanto de educación básica como superior), a trabajar en ello.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

Se pretende desarrollar un prototipo de sistema para la obtención de energía eléctrica a través de los residuos del proceso de la fotosíntesis de las plantas. Además, se analizará su eficiencia y comportamiento ante diferentes factores, con la finalidad de determinar una de sus posibles aplicaciones en el entorno en el cual será implementado.

1.4.2. Limitaciones

El proyecto está limitado por la capacidad y el estado en que se encuentren los diferentes elementos o dispositivos electrónicos a utilizar.

Por otro lado, en el departamento de Cundinamarca, puede que no existan plantas que resulten eficaces para el proceso de obtención de energía.

Se debe tener cuenta que factores climáticos, el estado de la tierra o el estado de la misma planta puede provocar un mal resultado en el proceso de obtención de energía.

2. Capítulo 2: Marco Referencial

2.1. Estado del arte

Hoy en día, a nivel mundial, y principalmente en Europa y Norte América, se ha observado un incremento en la utilización de métodos para el aprovechamiento y la generación de energías alternativas con la finalidad de contribuir en el mejoramiento y conservación de un buen medio ambiente, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero. Entre las fuentes de energía alternativa, se encuentran la energía eólica y fotovoltaica, las cuales, aprovechando los recursos disponibles de la radiación solar y velocidad del viento, provocan un menor impacto respecto a los sistemas tradicionales de generación de energía, en componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos. [14]

Sin embargo, el cambio de fuentes de energía conlleva a la obtención de nuevas problemáticas y por ende de nuevas soluciones, además, al desarrollo de nuevos algoritmos de control que permitan gestionar procesos de obtención, almacenamiento y distribución del recurso energético. [15] Esto, debido a que existen diferentes parámetros a tener en cuenta como la climatología, la zona de trabajo y la capacidad de los elementos empleados. Para intentar abordar estos problemas se ha propuesto la elaboración de microrredes, las cuales son un conjunto de cargas, generadores y baterías que pueden ser conectados de forma aislada o al resto de la red eléctrica. [16]

Por otro lado, la energía eólica es una de las energías más utilizadas, junto con la energía fotovoltaica, tanto así que en Europa existen varios parques eólicos terrestres y marinos, estos últimos son formados ubicando los generadores en el mar, flotando como se observa en la imagen 1, y así produciendo en el 2013 una potencia global de 7GW. Cabe agregar que los parques marítimos han reducido el inconveniente de impacto visual que tienen los generadores eólicos en la tierra. [17]



Imagen 1 Generador eólico flotando en el mar.

Dicho lo anterior, es importante mencionar que en las zonas marítimas existen otros tipos de generadores de energías renovables poco comunes, tales como:

- La generación de energía mediante turbinas de corrientes marinas, las cuales tienen el mismo principio de la obtención de energía eólica, pero en este caso se aprovecha la energía cinética del movimiento del agua para poner en funcionamiento turbinas, como la observada en la imagen 2. Se considera que este proceso podría generar 48TWh por año en Europa. [17]
- La energía undimotriz aprovecha las olas del mar para generar energía; se considera que este proceso genera por lo menos 2TW y alrededor de 2000TWh al año. [17]

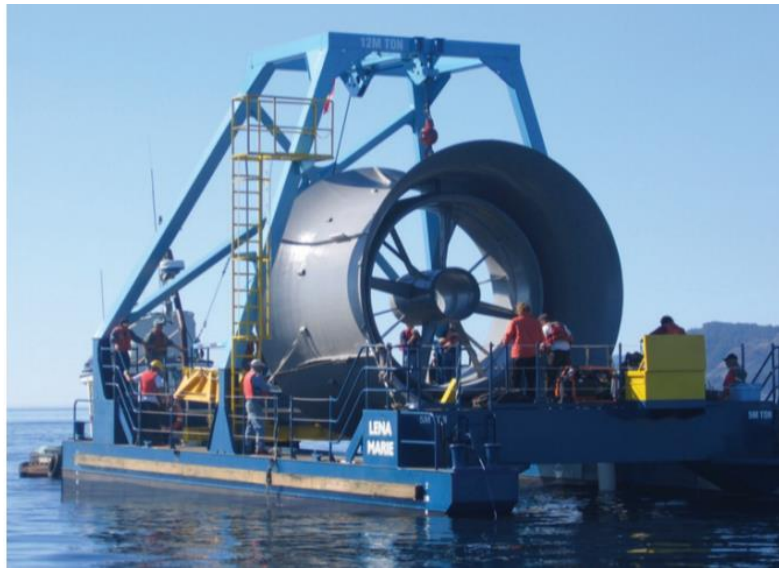


Imagen 2 Turbina para la generación de energía mediante corrientes marítimas.

Con la finalidad de promover e incentivar el uso de energías renovables en Colombia, se promulgó la ley 1715 de 2014, exponiendo como objeto en el artículo 1 lo siguiente: “la presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisión de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda”. [18]

Además, se debe tener en cuenta que en Colombia existe el decreto 2820 de 2010, proveniente del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, en donde se expone el debido procedimiento, la documentación necesaria, la autoridad ambiental competente y los determinados argumentos, para la obtención de licencias y elaboración de proyectos ambientales. [19]

Un ejemplo de la utilización de energías renovables en Colombia es el parque eólico Jepirachi (ver imagen 3), localizado en la región nororiental de la costa atlántica colombiana, en el municipio de Uribí departamento de la guajira. Siendo el primer parque para la generación de energía eólica construido en el país; el cual posee una capacidad instalada de 19,5 MW de potencia nominal, con 15 aerogeneradores de 1,3MW cada uno, estos aerogeneradores de aproximadamente 60 metros de diámetro y un generador de 60 metros de altura distribuidos sobre 2 filas de 7 y 8 generadores respectivamente. los cuales son sometidos a los vientos que soplan el mayor tiempo del año en esta zona de la península, viento que está en un promedio de 9,8 metros por segundo; la energía producida por estos aerogeneradores es conducida vía subterránea a un transformador el cual eleva la energía a 110 KVA, energía que es utilizada para abastecer el puerto exportador de carbón. Este parque empezó a funcionar el 19 de abril del 2004. [20]



Imagen 3 Parque eólico Jepirachi, la guajira.

Las energías limpias no solo están teniendo auge en cuanto a aprovechar mejor las ya existentes, sino también en encontrar nuevas alternativas. Una de éstas está relacionada directa o indirectamente con un proceso natural de las plantas: la fotosíntesis.

Es sabido que la fotosíntesis es la técnica mediante la cual las plantas captan la energía luminosa del sol y la convierten en energía química, transformando así el agua (H_2O) y el dióxido de carbono (CO_2) en ATP y NADPH, liberando oxígeno (O_2) en el proceso [21]. Esta dinámica de transmutar compuestos inorgánicos en orgánicos se ha vuelto para científicos e investigadores, en un modelo eficiente para la obtención y transformación de energía, por lo que ya se han desarrollado estudios y ciertos dispositivos basados en el referenciado proceso natural.

El hidrógeno (H_2) está presupuestado como el elemento que reemplazará a los combustibles fósiles en los medios de transporte, esto debido dos motivos: primero, que tiene mayor energía por unidad de masa; y segundo porque al combustionar sólo produce agua, evitando contaminación de este modo. Para su obtención, es necesaria la fotosíntesis, las algas verdes (específicamente la *Chlamydomonas reinhardtii*), son los únicos organismos que al ser privados de azufre, producen hidrógeno en lugar de oxígeno [22] [23].

Actualmente, muchos científicos tienen un gran interés en crear sistemas artificiales basados en la fotosíntesis de las plantas (denominado fotosíntesis artificial), para la obtención de oxígeno e hidrógeno a partir de la luz del sol [23].

Ya se ha dado por sentado que la fotosíntesis es importante, sin embargo, no es lo único que se requiere; los microorganismos presentes en el suelo también son primordiales en el proceso. Es por esto que se están llevando a cabo investigaciones y pruebas con el fin aprovechar la conversión de materia orgánica en energía eléctrica mediante la acción de las bacterias.

Una celda de combustible microbiana (MFC por sus siglas en inglés), es una alternativa prometedora, en la que se aprovecha la oxidación de compuestos orgánicos para obtener electrones. Una MFC está compuesta por dos electrodos: un ánodo y un cátodo. Cuando ocurre la oxidación de la biomasa (obtenida a partir de algas en foto-biorreactores o de manera natural), los electrones perdidos en la reacción son transmitidos hacia el ánodo de la celda, y los protones pasan a través de una membrana hacia el cátodo donde se combinan con oxígeno para formar agua; en la imagen 4 se observa esta estructura [24] [25]. Las MFC tienen posibles aplicaciones como el tratamiento de aguas residuales o modificarlas un poco para obtener hidrógeno [25].

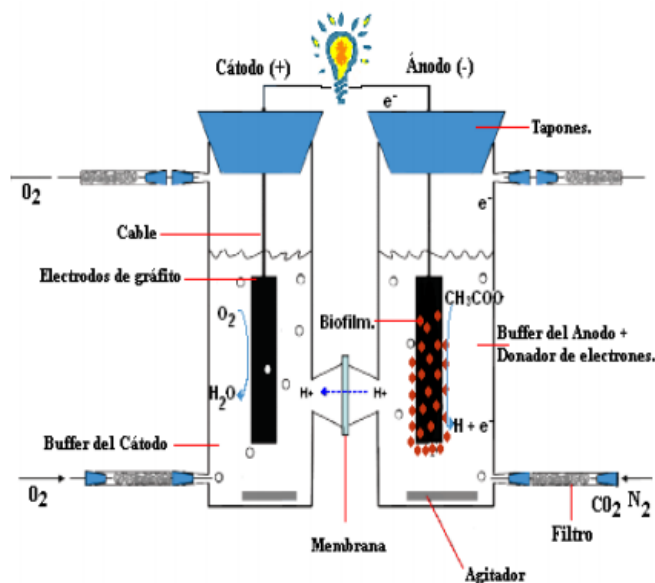


Imagen 4 Estructura de una MFC

Las pruebas piloto que se han realizado con este método han dado resultados positivos pero de baja eficacia en la conversión de energía, razón por la cual los científicos actualmente tienen el propósito de mejorar esta falencia investigando en variados aspectos, como lo son: las bacterias que electroquímicamente son más eficientes, modificaciones de los materiales de la celda y presencia de otros materiales en los electrodos (como acetato) que hagan la función de catalizadores [25].

En campos de arroz de la Universidad de Yamagata (Japón), se realizó un estudio sobre la obtención de energía en los mismos, valiéndose de la ubicación de un ánodo 5 cm por debajo del suelo (justo en la rizosfera) y un cátodo encima de ésta, conectados a través de un circuito externo que tenía una resistencia de carga de 100Ω , como se observa en la imagen 5. La salida de voltaje a través de la resistencia fue monitoreada durante varios días, evaluando factores como la presencia de sombra, la aplicación de herbicidas y el comportamiento en la noche.

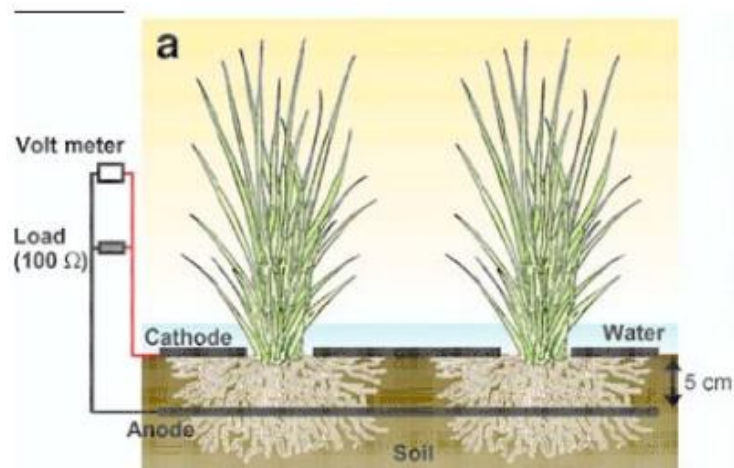


Imagen 5 Diagrama del estudio realizado en Japón.

Se concluyó que la salida eléctrica dependía de la luz del sol, puesto que la sombra sobre las raíces hizo que el voltaje disminuyera; así mismo ocurrió en las noches. Por otra parte, el suministro de herbicidas inhibió casi por completo la salida de voltaje, requiriendo una semana para recuperar el voltaje que se tenía. Este estudio es un claro ejemplo de que tanto la fotosíntesis como los microorganismos son importantes en el procedimiento [26].

Por otro lado, estudiantes de la universidad nacional autónoma de Querétaro México, evaluaron la influencia de la separación de los electrodos sobre la producción de electricidad y la eliminación de materia orgánica en celdas de combustible microbiana con el uso de aguas residuales (ver imagen 6). Los estudiantes construyeron 3 celdas de igual diámetro, pero con volúmenes distintos. Los cuales obtuvieron una eficiencia de eliminación de materia orgánica de 71%. La duración del ciclo fue de 0,97 días para la celda de 40 mililitros, 1,03 días para la celda de 80 mililitros y 5,93 días para la celda de 120 mililitros. El aumento de distancia entre los electrodos, no causó un efecto

negativo en la generación de electricidad. Pues en la mayor separación (celda de 120 mililitros) se alcanzó un voltaje máximo de 660 mv, mientras que para las celdas de 40 y 80 mililitros fue de 540 mv y 532mv. La mayor densidad de potencia se obtuvo con la celda de mayor volumen y separación entre electrodos [27].



Imagen 6 Reactor piloto para celdas de combustible microbiana.

Estos estudios son un claro ejemplo de que tanto la fotosíntesis como los microorganismos son importantes en el procedimiento.

Existe, también, un proyecto realizado en Holanda por un grupo de científicos organizados en un startup denominada Plant-e, donde utilizan plantas que crecen en un medio saturado de agua, como por ejemplo un pantano, un arrozal o un jardín, para generar energía de forma continua. Este proyecto utiliza el método de captura de electrones, provenientes de la interacción de microorganismos con la materia orgánica liberada de las plantas, a través de electrodos ubicados cerca a la raíz de las plantas, como se muestra en la imagen 7. Plant-e asegura que las plantas no sufren ningún daño y que el único inconveniente es que en condiciones de calor extremo o temperatura bajo cero el proceso de generación de energía se interrumpe por la evaporación o congelación del agua en el terreno. Esperan en un futuro cubrir hasta un 80% de las necesidades energéticas de una familia medía, holandesa, simplemente instalando la tecnología de plant-e en un jardín doméstico [28].



Imagen 7 Plant-e pone electrodos en la raíz.

Ahora bien. Ya habiendo mencionado algunos de los estudios que se han llevado a cabo y que siguen siendo profundizados, se procederá a hablar de varios dispositivos inventados cuyo funcionamiento es a base de la fotosíntesis (y los microorganismos, claro está).

Arkyne Technologies es una empresa de especialistas experimentados en las áreas de biotecnología, ingeniería mecánica e industrial; distintivos, creativos y emprendedores, han estudiado diversas posibilidades de generar energía con fuentes alternativas y renovables es por ello que esta empresa ha creado varios productos, los cuales generan energía a través de la fotosíntesis de las plantas.

- Bioo panel. Es un panel vegetal de un metro cuadrado que aprovecha la fotosíntesis, capaz de producir 28KWh a 280KWh al año de energía a partir de césped natural, como se puede ver en la imagen 8, tan solo empleándolo debajo de un parque, un jardín e incluso en espacios verdes por calles. La energía es producida en el panel durante el día y la noche, al mismo tiempo que se ahorra agua en su sistema interno.



Imagen 8 Panel Bioo

- Bioo pass. Es una maceta capaz de acceder a una red wifi externa sin necesidad de introducir contraseñas (imagen 9). Para que funcione primero se debe activar la opción NFC desde el celular o Tablet y luego, se lo acerca a la maceta. De este modo, la persona adquiere acceso directo e instantáneo

a la red wifi, la maceta es solo compatible con el sistema operativo Android. Además, para que B100 pass funciones debe tener tierra y una planta la cual debe ser regada periódicamente, esta funciona a partir de la fotosíntesis de la planta.



Imagen 9 Bioo pass

- Maceta de Bioo. Dicha maceta aprovecha la fotosíntesis para lograr la carga de batería de un celular, esto por medio de un puerto USB (imagen 10 y 11), al menos unas tres veces en el día (asumiendo un voltaje de 3.5 V y 0.5 A) [29].



Imagen 10 Maceta de Bioo

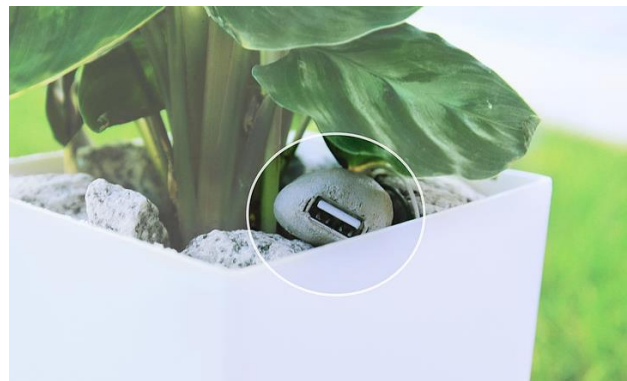


Imagen 11 Puerto USB.

El siguiente proyecto trata de una *Plantalámpara*. Es un invento de estudiantes de la Universidad de Ingeniería y Tecnología (Perú). Es un artilugio que aprovecha los electrones liberados cuando nutrientes de la planta y

microorganismos interactúan. Éstos son atrapados por un electrodo y crean un flujo de corriente, el cual permite la carga de una batería que se ocupa de encender una lámpara LED (imagen 12) [30].



Imagen 12 Plantalámpara.

Otro proyecto muy interesante se desarrolló en la universidad de Georgia (EEUU) el cual implica la separación de las estructuras presentes en las células vegetales apodadas “titacoides”, las cuales son las responsables de la captura y el almacenamiento de la energía suministrada por el sol. El proyecto consistió en manipular en concreto las proteínas contenidas en las titacoides, consiguiendo interrumpir el flujo de electrones; los titacoides los inmovilizaron con un soporte especialmente diseñado con nanotubos de carbono, las cuales son estructuras cilíndricas unas 50.000 veces más finas que un cabello humano. Estos nanotubos actúan como un conductor eléctrico, captando los electrones liberados por el material vegetal y conduciéndolos por un cable. En experimentos a pequeña escala, este método produjo niveles de corriente eléctrica un poco más alta que los reportados previamente por sistemas similares. Estos investigadores afirman que a corto plazo esta tecnología se podría utilizar con sensores remotos u otros equipos eléctricos que requieran poca energía para funcionar. El profesor Ramasamy, quien se puede observar en la imagen 13, líder del proyecto concluye que se ha descubierto un sistema muy comprometedor, que vale la pena seguir explorando, aunque la producción eléctrica conseguida hasta el momento sea muy modesta. [31]



Imagen 13 Ramasamy y su colaborador Umasankar, logran obtener energía de las plantas.

En la universidad tecnológica de Querétaro México, desarrollaron una maseta inteligente con el objetivo de generar electricidad a base de la fotosíntesis que permita cargar un dispositivo móvil (ver imagen 14), estos estudiantes realizaron pruebas con distintas variables; como distintos tipos de suelo y 4 distintos tipos de plantas. Esto con el fin de buscar el confort de la planta y el beneficio energético, añadieron un ánodo y un cátodo para captarlos electrones que libera la planta al hacer la rizo deposición. El proyecto consiste en experimentar con 4 plantas diferentes (sábila, lengua de tigre, citronela y gazania) tomaron mediciones a diferentes horas del día, para conocer su comportamiento. La energía captada la almacenaron en una batería de litio de 3,7 v a 1 A, mediante un sistema electrónico. Como resultado la gazania fue la planta que voto mayor voltaje, y el prototipo dio para una carga de un celular móvil, dando como valores máximo 9,56 V y 0,9 A [32]



Imagen 14 Prototipo funcional

El instituto de investigaciones fundamentales en agricultura tropical de la habana Cuba expone una metodología para simular el proceso de fotosíntesis de manera

artificial, expuesto en la imagen 15, este modelo pretende que permita establecer una comparación entre los mecanismos de fotosíntesis artificial y natural, el modelo artificial se basa en dos placas (una semiconductor y otra metálica) dentro de una cubeta con agua pura. Donde ambas placas están conectadas por medio de un alambre conductor que facilita el flujo de electrones desde la placa semiconductor hacia la placa metálica. Cuando la luz incide en la placa semiconductor, en la interface agua-semiconductor se crea un campo eléctrico donde los electrones abandonan el semiconductor dejando los huecos cargados positivamente los cuales atraen iones hidroxilo cargados negativamente en el agua. En la placa metálica ocurre el proceso contrario. [33]

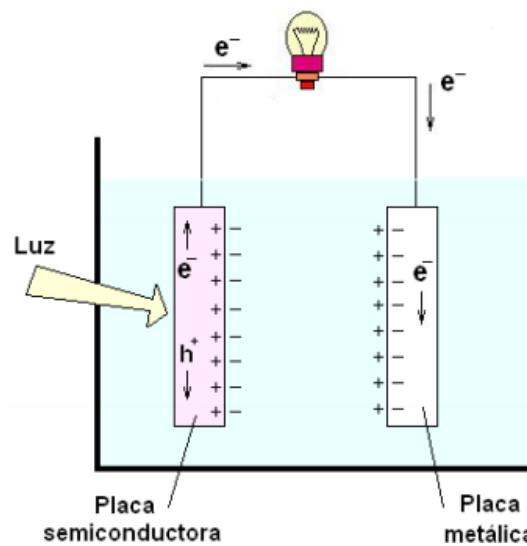


Imagen 15 Esquema representativo de una cubeta con agua, que en su interior tiene las dos placas conductoras, unidas por un hilo conductor que contiene una bombilla

Por último, el diseñador industrial Mike Thompson ha ideado una lámpara colgante (imagen 16) llamada Latro (ladrón en latín) la cual se alimenta con la energía generada por algas, que son introducidas en una pequeña cámara de vidrio situada en la parte superior de la propia lámpara; este sistema contiene una batería con la finalidad de almacenar dicha energía producida en día gracias a la luz solar, que junto con el dióxido de carbono y el agua son necesarias para que la planta sobreviva, y poder emplearla durante la noche para emitir luz [34].



Imagen 16 Latro, lámpara colgante

En cuanto a Colombia 2 estudiante de la universidad nacional, sede Manizales, han venido trabajando sobre un prototipo (ver imagen 17) el cual consistió en dividir la tierra dentro de pequeños tubos, por los cuales hay una especie de cable, un electrodo “un positivo y un negativo”, que capturan la energía. Llegando a obtener 30 voltios, una cantidad de energía suficiente para cargar hasta 6 celulares. El problema es que para que pueden empezar a utilizarla aun necesitan trabajarle a la corriente la cual para cargar un celular este necesita 1 amperio; por lo que la tierra les ha resultado muy resistente. En el camino para mejorar el prototipo, que a futuro buscan que funcione se han encontrado con bastantes curiosidades, como que, si al regar las plantas con lixiviados estas mejoran el voltaje, pero un exceso de agua vuelve a la tierra un superconductor por lo que dejaría de funcionar. Hasta el momento no han encontrado la forma de aumentar la corriente; pero manifiestan que siguen con la investigación y que una vez lo tengan resuelto, tienen el propósito de llevarlo a las terrazas y muros verdes para pensar en casas auto sostenibles [35].



Imagen 17 Prototipo que usa la energía de las plantas para generar energía eléctrica.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Fuentes de energía.

Las fuentes de energía son todos aquellos recursos presentes en la naturaleza y de los cuales se puede obtener energía para usar en las diversas actividades y procesos que deban desarrollarse. Es importante tener en claro que existen fuentes de energía que pueden agotarse y otras que son inagotables, por lo tanto, se pueden clasificar en fuentes de energías no renovables y fuentes de energías renovables. [36]

Fuentes de energías no renovables.

La energía no renovable es la que se obtiene de los recursos naturales limitados, es decir, que una vez consumidos en su totalidad no ofrecen posibilidades de ser sustituidos o se regeneran extremadamente lento. La imagen 18 da a conocer los diferentes métodos utilizados para la obtención de dichas energías. [37]



Imagen 18 Fuentes de energía no renovables

I. Tipos de combustibles

Existen dos tipos de combustibles dentro de las energías no renovables, los cuales son:

A. Los combustibles fósiles

Los combustibles fósiles son el carbono, el petróleo y el gas natural. Un combustible fósil está compuesto por los restos de organismos que vivieron hace millones de años; el carbono se forma a partir de plantas terrestres; el petróleo y el gas natural, a partir de microorganismos y animales, principalmente acuáticos. La energía se obtiene al quemar

estos productos, proceso en el que se forman grandes cantidades de dióxido de carbono y otros gases contaminantes que se emiten a la atmósfera. [37]

Así que los combustibles fósiles son:

- El petróleo. Está formado por hidrocarburos, que son compuestos de hidrógeno y carbono, junto con cantidades variables de derivados hidrocarbonados de azufre, oxígeno y nitrógeno. Luego de extraído debe ser separado del gas y del agua por medio del proceso conocido como refinado. [37] [38]
- El carbón. Es un mineral combustible de origen orgánico, de color negro. Su uso energético se realiza en las centrales térmicas o termoeléctricas para generar electricidad. [38]
- Gas natural. Es una mezcla de gases que se encuentra frecuentemente en yacimientos fósiles, solo o acompañado del petróleo o en los depósitos de carbón. [38]

B. La energía nuclear

La energía nuclear es la energía proveniente de reacciones nucleares o de la desintegración de los núcleos de algunos átomos. Procede de la liberación de la energía almacenada en dichos núcleos. [38]

Fuentes de energías renovables.

Son fuentes de energías limpias, inagotables y crecientemente competitivas, caracterizadas principalmente por no producir gases de efecto invernadero (causantes del cambio climático), ni emisiones contaminantes. [39]

I. Tipos de energías renovables



Imagen 19 Energías renovables

- **Energía eólica.** Se obtiene del viento. A través de molinos de viento se aprovechan las corrientes de aire y se transforman en electricidad (ver imagen 19).
- **Energía solar.** Se obtiene del sol. Este tipo de energía la proporciona el sol en forma de radiación electromagnética (imagen 19).
- **Energía hidráulica o hidroeléctrica.** Es producida por la caída del agua, la cual pasa por turbinas hidráulicas, que transmiten la energía a un alternador, el cual la convierte en energía eléctrica (ver imagen 19).
- **Biomasa o biogás.** Energía que se extrae de materia orgánica animal y vegetal o de residuos agroindustriales.
- **Energía geotérmica.** Energía calorífica contenida en el interior de la tierra en forma de calor. Está ligada a volcanes, aguas termales, entre otras.
- **Energía mareomotriz.** Se obtiene de las mareas. El movimiento de las mareas y las corrientes marinas, son capaces de generar energía eléctrica de una forma limpia. Otro tipo de energía que aprovecha la energía térmica del mar basado en la diferencia de temperaturas entre la superficie y las aguas profundas se conoce como maremotérmica.
- **Energía undimotriz u olamotriz.** Se obtiene de las olas.

II. Ventajas principales de las energías renovables.

- Las energías renovables no emiten gases de efecto invernadero en los procesos de generación de energía.
- Al contrario que las fuentes de energía tradicionales, las energías renovables son inagotables.
- Las principales tecnologías renovables, están reduciendo drásticamente sus costes, de forma que ya son plenamente competitivas con las convencionales.
- Favorecen el desarrollo tecnológico y la creación de empleo.
- Muchas de estas energías, como la energía solar, permiten el autoabastecimiento a través de las instalaciones de sencillas infraestructuras. [40]

2.2.2. Proceso de fotosíntesis.

Se denomina fotosíntesis al proceso mediante el cual los vegetales elaboran sus alimentos y obtienen energía necesaria para su existencia. Consiste en transformar la energía de la luz del sol en energía química y en la elaboración de azúcares a partir del CO₂, minerales y agua. Para realizar la fotosíntesis, las plantas disponen de un pigmento de color verde llamado clorofila que es el encargado de absorber la luz adecuada para realizar este proceso (observado en la imagen 20). Además de las plantas, la fotosíntesis también la realizan las algas verdes y ciertos tipos de bacterias. [41]

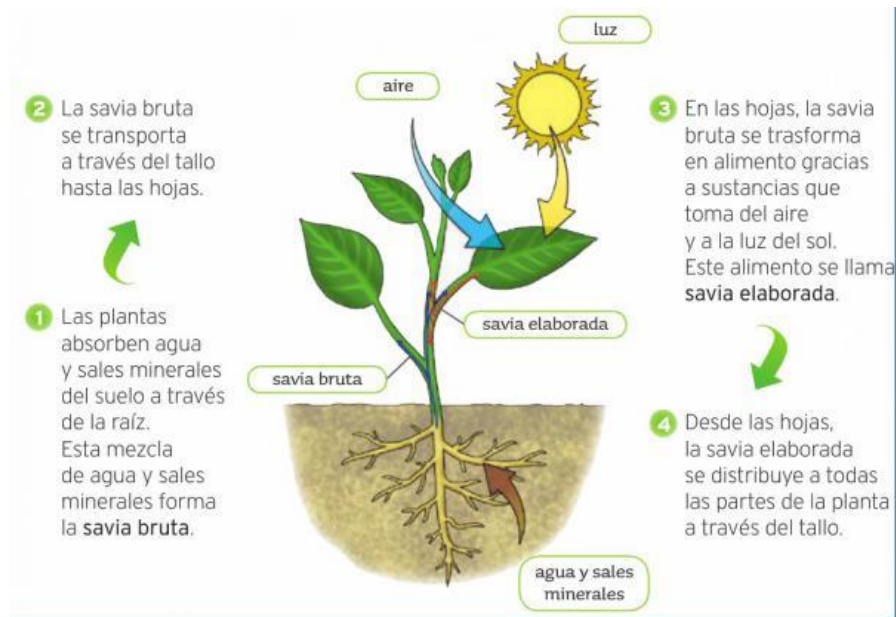


Imagen 20 Proceso de la fotosíntesis

Importancia ecológica de la fotosíntesis.

Los organismos fotosintéticos (plantas, algas y bacterias) son los que cumplen una función clave en el ecosistema, introduciendo la energía química y el carbono fijo en los ecosistemas, esto mediante el uso de la luz. Al producir sus propios alimentos a estos organismos se les denomina fotoautótrofos (es decir, "organismos que se alimentan a sí mismos al utilizar la luz").

¿Dónde ocurre la fotosíntesis?

Los rayos del sol impactan sobre las hojas donde ocurre la fotosíntesis y son absorbidos por el pigmento fotosensible de las plantas, la clorofila. Las células de una capa intermedia de tejido foliar mesófilo son el principal lugar donde se produce la fotosíntesis; la mayoría de las plantas poseen en sus hojas unos pequeños poros llamados estomas, los cuales permiten que el dióxido de carbono sea difundido hacia el mesófilo y el oxígeno hacia el exterior, ver imagen 21. [42]

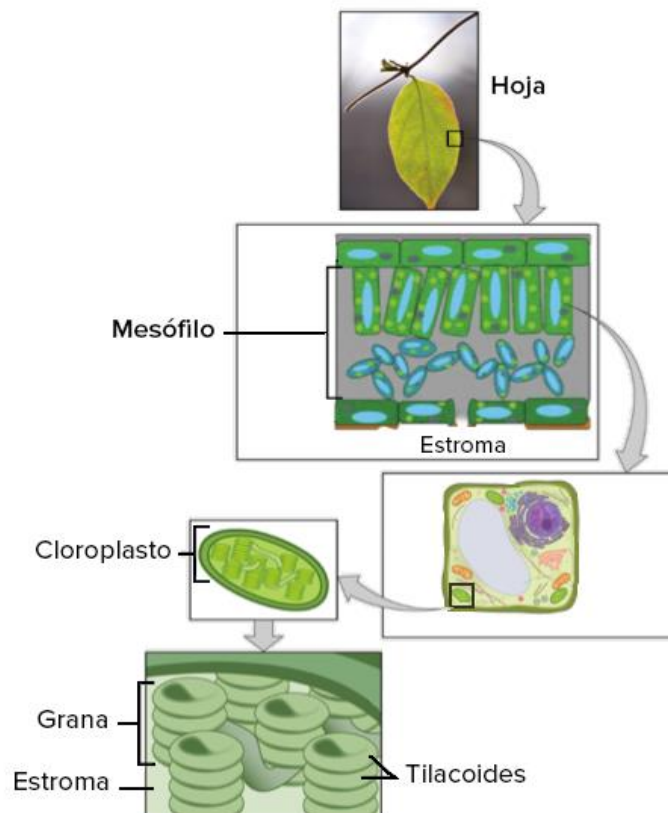


Imagen 21 Descripción general del proceso de la fotosíntesis en la hoja

Factores en el proceso de la fotosíntesis.

- **Energía luminosa:** impacta sobre las hojas y es absorbida por el pigmento fotosensible de las plantas, la clorofila.
- **El agua:** es elemental en la reacción química de la fotosíntesis y llega a las hojas a través de las raíces y tallos. Permite disolver los elementos químicos del suelo que la planta debe utilizar para construir sus tejidos.
- **El dióxido de carbono:** es absorbido por unos poros llamados estomas, ubicados en la parte inferior de la hoja. Constituye el material que, fijado con el agua, las plantas utilizan para sintetizar hidratos de carbono.
- **Los pigmentos:** son las sustancias que absorben la luz necesaria para producir la fotosíntesis. Entre ellos, el principal es la clorofila que da el color a las plantas.
- **La temperatura:** es necesaria una temperatura determinada para que pueda producirse la fotosíntesis. Se considera que la temperatura ideal es de 20 a 30°C, sin embargo, existen plantas que soportan una temperatura diferente dependiendo de sus características.
- **Oxígeno:** subproducto de la fotosíntesis. Sale de las hojas hacia el exterior a través de las estomas. [41] [43]

Fases de la fotosíntesis.

- **Fase fotoquímica o reacción de Hill:** (fase luminosa). En esta fase las plantas absorben la luz a través de pigmentos, como la clorofila. Los pigmentos deben su color a la luz que no son capaces de absorber, existen dos tipos de clorofila denominados: clorofila A, que tiene color verde azulado y la clorofila B, que presenta un color verde amarillento.
- **Fase de fijación de dióxido de carbono:** (ciclo de Calvin o fase oscura). Este ciclo se produce en los cloroplastos del estroma y convierte el CO₂ absorbido por las plantas en hidratos de carbono. [41]

2.2.3. Efecto invernadero.

Es el fenómeno que se produce cuando algunos gases retienen la energía que emite la tierra tras haber sido calentada por la radiación solar. Se llama efecto invernadero porque este efecto es muy parecido al que se produce en un invernadero cuando se eleva la temperatura.

Los gases que retienen la energía han ido creciendo debido al uso de combustibles fósiles, las deforestaciones, las industrias, entre otros, logrando aumentar la contaminación del aire, el aumento de la temperatura y grandes cambios climáticos [44].

Causas del efecto invernadero.

Las principales causas del efecto invernadero, como se puede ver en la imagen 22, son:

- El desarrollo industrial, debido a que las fabricas e industrias producen gases que contaminan el aire al ser soltados a la atmosfera.
- El uso de combustibles fósiles, utilizados para la generación de energía eléctrica.
- Instrumentos e infraestructuras creadas por el hombre como los medios de transporte.
- La deforestación, son los arboles los encargados de purificar el aire. [44]



Imagen 22 Causas de efecto invernadero.

Consecuencias del efecto invernadero.

- El calentamiento global está provocando cambios climáticos que terminan en procesos como el derretimiento del hielo en los polos, provocando inundación por el aumento del nivel del mar y afectando varias especies de animales como pingüinos u osos polares (ver imagen 23).
- El aumento de temperatura agudiza las sequias empeorando también la calidad del agua y perjudicando a todo ser vivo.
- El efecto invernadero, no permite que la tierra pueda contener los rayos ultravioletas que vienen hacia el planeta, dando lugar al aumento de la radiación solar que puede producir afecciones como cáncer de piel.
- Algunos incendios también son producidos por el efecto invernadero al igual que las tormentas tropicales. [44]



Imagen 23 Consecuencias del efecto invernadero.

2.2.4. Celdas electroquímicas

Una celda electroquímica es un dispositivo que obtiene energía eléctrica a partir de reacciones químicas o por el contrario produce reacciones químicas a través de la energía eléctrica. Este dispositivo consta de dos electrodos (elementos preferiblemente conductores), los cuales permiten un flujo de electrones mediante el principio de las reacciones de óxido-reducción (redox), y dependiendo de los procesos que se lleven a cabo en cada uno de ellos, estos pueden actuar como ánodo o cátodo [45].

Las celdas electroquímicas se dividen en dos tipos dependiendo del proceso que lleva a cabo en su interior:

- **Celda electrolítica:** (imagen 24) este tipo de celda permite que una fuente de energía externa funcione como el generador de electrones produciendo las reacciones químicas al interior de la celda, después dichos electrones pasan a través del cátodo en el proceso de reducción para luego ser transferidos al ánodo donde se lleva a cabo el proceso de oxidación. Los electrodos se encuentran en una solución denominada electrolito, cuya función es permitir el transporte de electrones de manera efectiva y evitar el uso de puente salino [45].

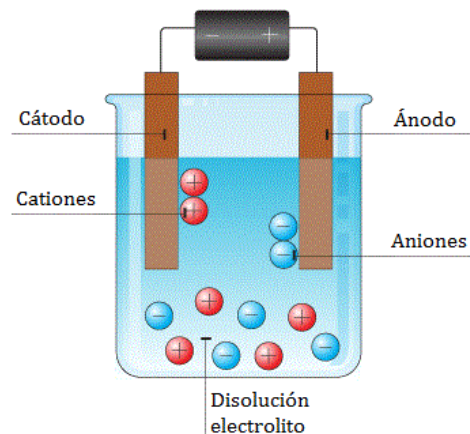
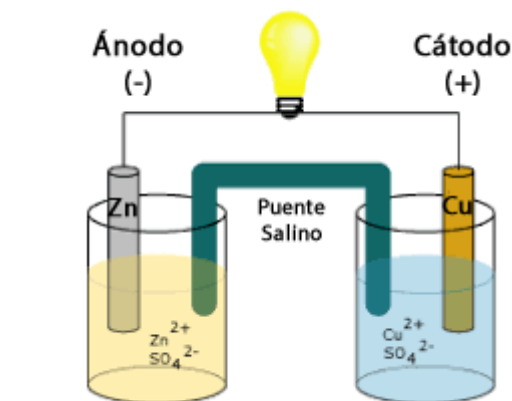


Imagen 24 Celda electrolítica

- **Celda galvánica:** (imagen 25) a diferencia de la celda electrolítica este tipo de celda no necesita una fuente de energía externa para generar electrones debido a que sus reacciones son de tipo espontáneo. Esta celda también usa el principio de la oxidación-reducción para la transferencia de electrones, y en este caso la oxidación se lleva a cabo en el ánodo mientras que en el cátodo se lleva a cabo la reducción, además existe un circuito externo donde se transfieren los electrones [45].



cel

Imagen 25 Celda galvánica

2.2.5. Reacción redox

Una reacción redox u oxido-reducción consiste en la transferencia de electrones entre especies químicas, esto quiere decir, que es la interacción entre dos elementos en donde uno de ellos, denominado agente reductor, pierde electrones aumentando su número de oxidación, y el otro elemento, llamado agente oxidante, capta los electrones y disminuye su número de oxidación [46]. Se conoce como número de oxidación a la cantidad de electrones que, a la hora de la formación de un enlace, un átomo gana o pierde. En la reacción de reducción, el número de oxidación cae (el elemento suma electrones), mientras que en la reacción de oxidación se incrementa (el elemento cede electrones) [47].

Es importante destacar que ambos procesos se desarrollan simultáneamente.

2.2.6. Baterías conectadas en serie

Si se necesita aumentar el voltaje de las baterías, se debe conectar dos o más baterías juntas, hay que tener en cuenta que al conectarlas es necesario que queden en serie es decir hay q unir que el positivo (+) de una batería y el negativo (-) de la otra (ver imagen 26). Lo que duplicara el voltaje en el caso de dos baterías y triplicara si son 3, y así sucesivamente de acuerdo al número de baterías conectadas, pero la corriente siempre será la de una sola batería.

Conexión en serie

= 24V 200Ah

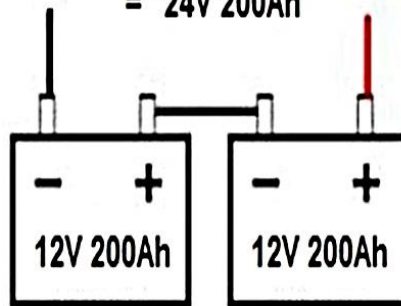


Imagen 26 Conexión en serie de 2 baterías de 12 V

2.2.7. Baterías conectadas en paralelo

Cuando se quiere aumentar la corriente de las baterías se debe conectar en paralelo, es decir conectar el positivo (+) con el positivo de la otra batería, y el negativo (-) con el negativo (ver imagen 27). Esto duplicara la corriente en el caso de dos baterías y triplicara si son 3, y así sucesivamente de acuerdo al número de baterías conectadas, pero el voltaje siempre será el de una sola batería [48]

Conexión en paralelo

= 12V 400Ah

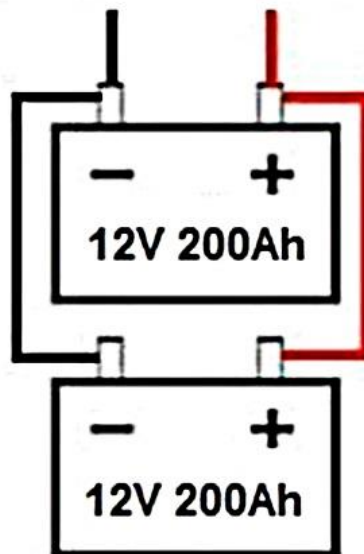


Imagen 27 Conexión en paralelo de 2 batería de 12 V

2.2.8. Términos básicos

Oxidación Reacción en la que una sustancia pierde electrones y aumenta su número de oxidación [49].

Reducción Reacción en la que una sustancia gana electrones y disminuye su número de oxidación [49].

Ánodo Es el electrodo donde tiene lugar la oxidación, liberando electrones que fluirán a través de un material conductor, hacia el cátodo. La oxidación del material provoca la liberación de electrones y por tanto los átomos del material del ánodo quedan cargados positivamente [50].

Cátodo Es el electrodo en el que ocurre la reducción, aceptando electrones provenientes del ánodo. Los electrones cargan negativamente el cátodo, que atrae los cationes del material del cátodo que hay en la disolución que baña el electrodo [50].

Reacción electroquímica La electroquímica estudia los cambios químicos que producen una corriente eléctrica y la generación de electricidad mediante reacciones químicas [51].

Humus de lombriz Este es un abono ecológico de gran calidad, es generado con excrementos de las lombrices, es natural y muy rico en nutrientes para usar en el cultivo de huertos o jardines. Posee una flora microbiana con nitrógeno, potasio y fósforo [52]

Abono orgánico El abono orgánico es una sustancia la cual está constituida por desechos de origen animal, vegetal o mixto los cuales se añaden al suelo con el propósito de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Se pueden fabricar con residuos de cultivos abandonados después de la cosecha, leguminosas, restos orgánicos de la explotación agropecuaria, desechos domésticos, entre otros. Esta clase de abono aporta materiales nutritivos e influye favorablemente en la estructura del suelo. De igual forma aportan nutrientes y modifican la población de nutrientes en general [53].

3. Capítulo 3: Diseño Metodológico

3.1. Metodología

Para la realización de este proyecto se propuso e implemento un diagrama representado en la imagen 28, exponiendo allí cada una de los estudios y actividades que fueron considerados necesario para el buen desarrollo del proyecto.

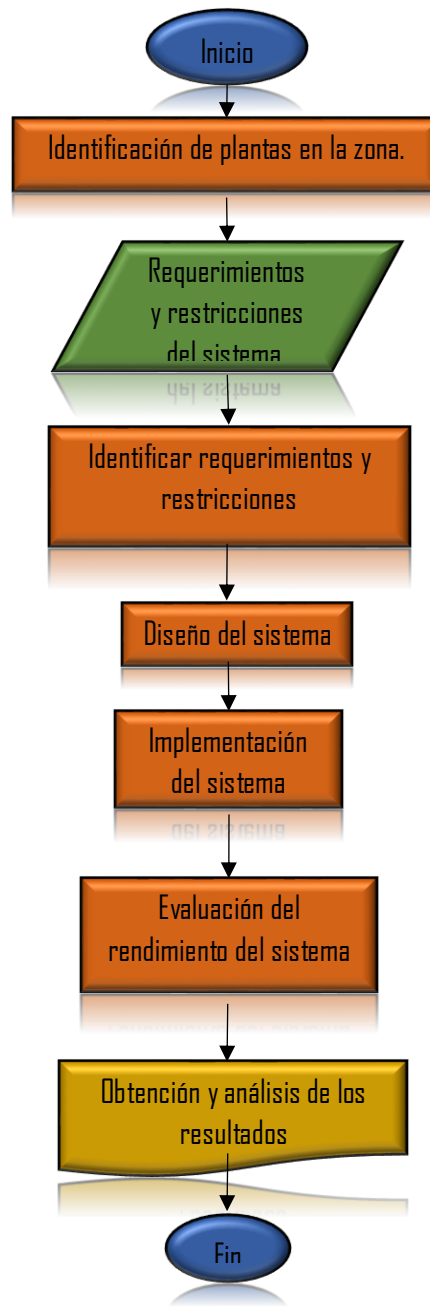


Imagen 28 Diagrama de flujo del diseño metodológico

3.1.1. Identificación de plantas en la zona

- **Estudio de las plantas.**

Las plantas son indispensables para el ser humano debido a que son las que proporcionan los alimentos, medicinas, madera, combustibles y fibras, en muchos casos se alimentan de plantas y les brindan cobijo. Desde la aparición de los seres humanos en la tierra, se calcula que aproximadamente existan 8,7 millones de plantas de las cuales 6,5 millones son terrestres y 2,2 millones acuáticas. 7000 especies de plantas han sido usadas como alimento, aunque solo 200 están domesticadas siendo 12 de ellas imprescindibles para la humanidad (arroz, batata, caña de azúcar, haba, maíz, mijo, plátano, plátano bananero, sorgo, trigo y la yuca) alimentan el 75 % de humanos en el planeta. Por otro lado, las plantas son las que producen el oxígeno que los seres vivos respiran, mantienen el suelo, regulan la humedad y contribuyen a la estabilidad del clima; pueblan toda la tierra, y son los únicos seres vivos capaces de captar la energía del sol para fabricar materia orgánica y liberar oxígeno. Por esta razón son un factor indispensable para la vida de otros organismos. Forman parte de todos los ecosistemas adaptándose a diversos climas y condiciones del suelo, tanto así que algunas pueden vivir en sitios muy secos y otras necesitan agua en abundancia [54]

Las plantas verdes son los únicos seres vivos capaces de formar materia orgánica a partir de la materia mineral. Este proceso llamado fotosíntesis, las distingue de los animales y de otros vegetales que carecen de clorofila. La fotosíntesis del carbono se realiza a partir del agua y el dióxido de carbono presente en el aire. Se obtiene almidón, azúcar y otras sustancias orgánicas desprendiendo así oxígeno.

Colombia es un país del trópico el cual posee una gran representación de fauna y flora típica del área, a la cual se suman faunas de distintas partes del mundo debido a la variedad del ecosistema nacional. Existe gran variedad de plantas en Colombia como vegetación herbácea, arbustiva de cerros amazónicos, bosques bajos y desiertos, bosques aluviales, bosques húmedos tropicales, bosques de manglar, bosques y vegetación de pantano, las sabanas del caribe, bosques andinos, y bosques secos. El país posee entre 40,000 y 45,000 especies de plantas, lo que equivale a un 10 0 20 % de la fauna a nivel mundial. Entre las cuales se encuentran: orquídeas, magnolias, palmas, frailejones, cactus, bromelias, pinos, arboles, helechos, arbustos, manglares e incluso plantas carnívoras [55].

Fusagasugá es un municipio del departamento de Cundinamarca, que cuenta con un clima templado que varía entre 13°C y 25°C, permitiendo así conseguir una gran variedad de plantas y flores tanto ornamentales como medicinales. Esta zona del país es privilegiada para el cultivo y producción de plantas ornamentales, esto debido a la presencia de tres pisos térmicos que ayudan a la producción de diferentes tipos de plantas. En la Aguadita el clima es un poco más frío y allí se producen variedad de plantas las cuales se pueden usar para

exteriores; en la región ya de Fusagasugá y silvania el clima es más templado donde se producen otra clase de matas como ornamentales y medicinales, en chinata el clima es un poco más cálido por lo que aumenta la diversidad de variedades de plantas predominando las frutales.

Luego de saber la gran variedad de plantas que son cultivadas a lo largo de la región de Fusagasugá y con el objetivo de identificar las más idóneas para el proyecto, se acudio al restaurante agroecológico punto verde, situado al límite de Fusagasugá con Silvania, con el propósito de recibir asesoría por parte del ingeniero agrónomo encargado, y así poder identificar 3 tipos diferentes de plantas las cuales deberían ser con hojas un poco grandes para así de este modo facilitar que los rayos del sol den sobre las hojas y se produzca el efecto de la fotosíntesis de una manera más rápida. Las plantas que más se asemejaban a estas características y que fueron sugeridas por el ingeniero, fueron la hierbabuena, la lechuga y el anís. Estas Plantas se encuentran en la mayoría de los viveros demostrando así que son comunes en la zona, tienen un rápido crecimiento y tienen varias propiedades nutritivas, permitiendo así un óptimo proceso de fotosíntesis.

- **Hierbabuena:** (imagen 29) Esta es una planta medicinal la cual se adapta a distintos tipos de suelo, principalmente se cultiva en clima templado, se consigue desde hace mucho tiempo atrás, además es una planta muy sencilla de cultivar debido a su facilidad de adaptación al medio donde sea sembrada. posee en su base un rizoma del que salen varios tallos subterráneos de color violeta oscuro, que crecen en todas las direcciones. Una de sus principales características es su olor fresco e intenso que desprende, y es apta para este proyecto puesto a que su tamaño alcanza entre 30 y 90 centímetros de altura lo que la hace una planta fácil de manejo [56].



Imagen 29 Planta de hierbabuena tomada en el restaurante punto verde

- **Lechuga:** (imagen 30) es una hortaliza sencilla de cultivar y tiene una gran cantidad de aplicaciones en la cocina por lo tanto hoy en día es muy cultivada en huertos urbanos. Su nombre científico es *Lactuca sativa* y pertenece a la familia Compositae. Posee una raíz pivotante y profunda con respecto al

tamaño de la planta, en cuanto a su tamaño depende del tiempo cultivado y la variedad y sus hojas son de gran potencial gastronómico y las hay de diferentes formas, colores y consistencias, esta planta requiere una temperatura que oscile entre los 18°C y los 20°C [57] temperatura la cual es muy común en Fusagasugá.



Imagen 30 Planta de lechuga tomada en el restaurante punto verde

- **Anís:** (imagen 31) El anís es una planta con propiedades medicinales que se cultiva en regiones templadas, es herbácea y aromática de raíz fusiforme, tallo erecto, cilíndrico, con muchas ramas de color verde claro. Es muy manejable para este proyecto debido a que alcanza una altura de entre 5 a 50 centímetros según las condiciones de del suelo, volviéndose fácil de manejar en contenedores pequeños. Posee flores de 3 mm de color blancas, genera un fruto con un fuerte gusto aromático. [58]



Imagen 31 Planta de anís tomada en el restaurante punto verde

- **Estudio del suelo.**

Es importante conocer la fertilidad de los suelos en Colombia para así saber que le hace falta y que necesitan para tener una producción limpia y con mayores resultados. Una tecnología fundamental para conocer el terreno antes de establecer un sistema productivo es el análisis de los suelos. Es allí donde a través de esta actividad es posible determinar cuáles son los posibles limitantes de la producción y de este modo lograr definir que nutrientes se debe aplicar y de acuerdo a estos identificar qué tipo de cultivo sembrar, para así lograr los mejores aprovechamientos del suelo [59].

El suelo fusagasugueño según hipótesis dicen que hace 20,000 años atrás fue una laguna que colapso y recibió ceniza volcánica, formando una capa muy fértil. El suelo se ha formado en ambientes distintos al actual, de tal manera que si la superficie es muy fértil a escasos 40 centímetros de profundidad el suelo es totalmente estéril.

Para que las plantas crezcan necesitan de agua y determinados minerales, los cuales son absorbidos del suelo por medio de sus raíces, es por ello que para que las plantas crezcan en perfecto estado el suelo debe tener los nutrientes necesarios. Las plantas consiguen del aire y del agua algunos elementos que necesitan, como el carbono, el hidrogeno y el oxígeno. Pero otros nutrientes esenciales están en el suelo; y son aquellos que los vegetales requieren en grandes cantidades denominados nutrientes principales (nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y el magnesio). Estos proceden de las rocas y de la materia orgánica descompuesta por los microorganismos.

Es por ello que la tierra escogida para el proyecto es una tierra rica en nutrientes, la cual debía ser consistente y permitir un buen desarrollo de las raíces de las plantas de objeto de estudio. Además, tenía que ser capaz de absorber y retener el agua de tal manera que la conservara para que las mismas plantas la utilizaran. La tierra escogida para las pruebas del proyecto fue: la tierra con cascarilla de arroz. Esta composición ayuda a retener la humedad, y es usado como sustrato hidropónico, el cual posee cualidades de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal función es que mejora las características físicas del suelo beneficiando el incremento de la actividad microbiológica de la tierra [60]

3.1.2. Identificar requerimientos y restricciones

Para la identificación de requerimientos y restricciones que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar el sistema que va a emplear en el proyecto, se realizaron una serie de pruebas que se centran en la evaluación de materiales utilizados en el ánodo y el cátodo, el voltaje obtenido en cada una de las 3 plantas y el comportamiento de la planta en función del voltaje ante cambios climáticos y de humedad.

Para la obtención de energía a través de la fotosíntesis de la plantas se acude al principio de las celdas electroquímicas en donde por medio de la interacción de dos elementos conductores, denominados ánodo y cátodo, se tiene un flujo de electrones y por ende una corriente eléctrica, como se mencionó anteriormente las celdas electroquímicas se basan en la reacción de óxido-reducción, en este caso para obtener dichas reacciones se insertan directamente en el tierra donde se encuentra la plantación, los electrodos (ánodo y cátodo), es importante aclarar que debe existir una separación entre ellos. Inicialmente se emplearon como electrodos un trozo de cobre y una lámina de zinc, actuando el cobre como cátodo (ganador de electrones) y el zinc como ánodo (perdedor de electrones), y empleando un voltímetro, situando la terminal negativa en el zinc y la punta positiva en el cobre, se logró determinar que existía un voltaje que variaba entre 0.3V y 0.7V en cada una de las tres plantas.

Durante el desarrollo de la práctica se evidencio que con el transcurrir de los días, la lámina de zinc se oxida rápidamente, como se observa en la imagen 32, perjudicando el voltaje obtenido; así que fue necesario remplazarlo por una lámina de aluminio la cual resulto ser más resistente a la corrosión (imagen 33).



Imagen 32 Oxidación de la lámina de zinc.



Imagen 33 Lamina de aluminio

Por otro lado, debido a que el voltaje era variable se supuso que existen factores que influyen en el resultado, por lo tanto, en cada una de las tres diferentes plantas (lechuga, anís y hierbabuena) se realizaron pruebas de obtención de voltaje teniendo en cuenta variables como la humedad y la temperatura (ver imagen 38). Para realizar este ensayo se recurrió a el sensor Im355 para medir la temperatura del ambiente, de igual forma se utilizó el sensor FC-28 para determinar la humedad de la tierra y se empleó el módulo sensor de tensión para la captura del voltaje obtenido, estos datos fueron guardados en una memoria MICRO SD de 4GB durante tres días y cada 32 minutos, para el almacenamiento de la información se usó un Arduino MEGA y el Lector TF SPI/SDIO Micro SD.

- **Sensor Im355.** El sensor Im 355 es un sensor de temperatura análogo, expuesto en la imagen 34, el cual trabaja de una forma similar a un diodo zener, cuyo voltaje de ruptura es directamente proporcional a la temperatura. Esta calibrado en grados Kelvin trabajando en un rango que va desde 233,15 °K a 373,15 °K, cuyo equivalente en centígrados seria de -40 °C a 100 °C. [61]

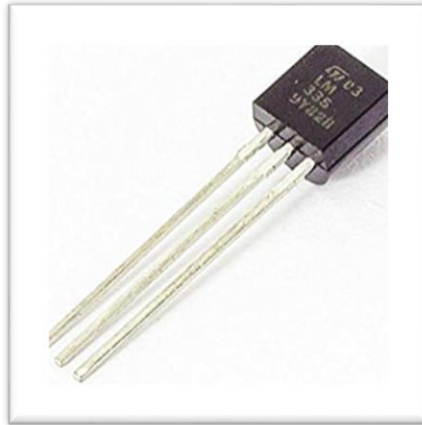


Imagen 34 Sensor Im355 de temperatura.

- **Sensor Fc-28.** (ver imagen 35) Es un sensor que mide la humedad del suelo por las variaciones de su conductividad, el FC-28 se distribuye con una placa de medicion estandar que permite obtener la medicion como un valor analogo o como una salida digital, el cual se activa cuando la humedad supera un cierto humbral. Los valores que se pueden obtener con este sensor van desde 0 sumergido en agua, a 1023 en el aire o en suego demasiado seco [62]

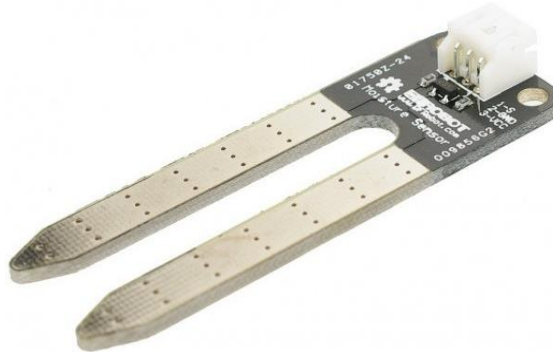


Imagen 35 Sensor FC-28 de humedad

- **Modulo sensor de tension.** (imagen 36) Este modulo puede detectar voltaje de 5V. el valor de tension de entrada es de cracter analogico de 5V, el voltaje de etrada del modulo de tension es de no mas de 25V (si el voltaje de entrada es de 3,3V utiliza sistemas de voltaje de entrada no mas de 16,5V). este modulo utiliza tecnologia AVR de microchip de 10 Bits AD, por lo que la resolucion de este modulo es de aproximadameinte 0,00489V (5V/1023) por lo que el minimo valor de tension a detectar es de 0,02445V. el mudulo es comptible con arduino, por lo que la tension se puede detectar mas facilmente [63]



Imagen 36 Modulo sensor de tensión

- **Lector TF SPI/SDIO Micro SD.** (imagen 37) Este módulo permite leer y escribir tarjetas de memoria Micro SD estándar y SDHC (alta velocidad) por medio de una interfaz SPI, es perfecto para almacenar datos un microcontrolador. Soporta niveles lógicos de 5V y 3,3V, ya qe tiene un conversor de nivel de voltaje y regulador de 3,3V. su voltaje de alimentación está en los rangos de 4,5 a 5V [64]

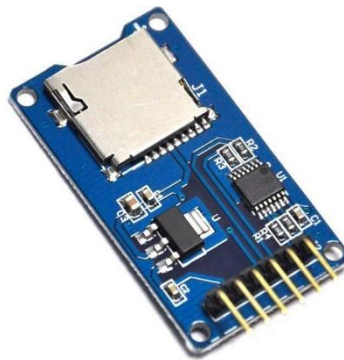


Imagen 37 Lector TF SPI/SDIO Micro SD

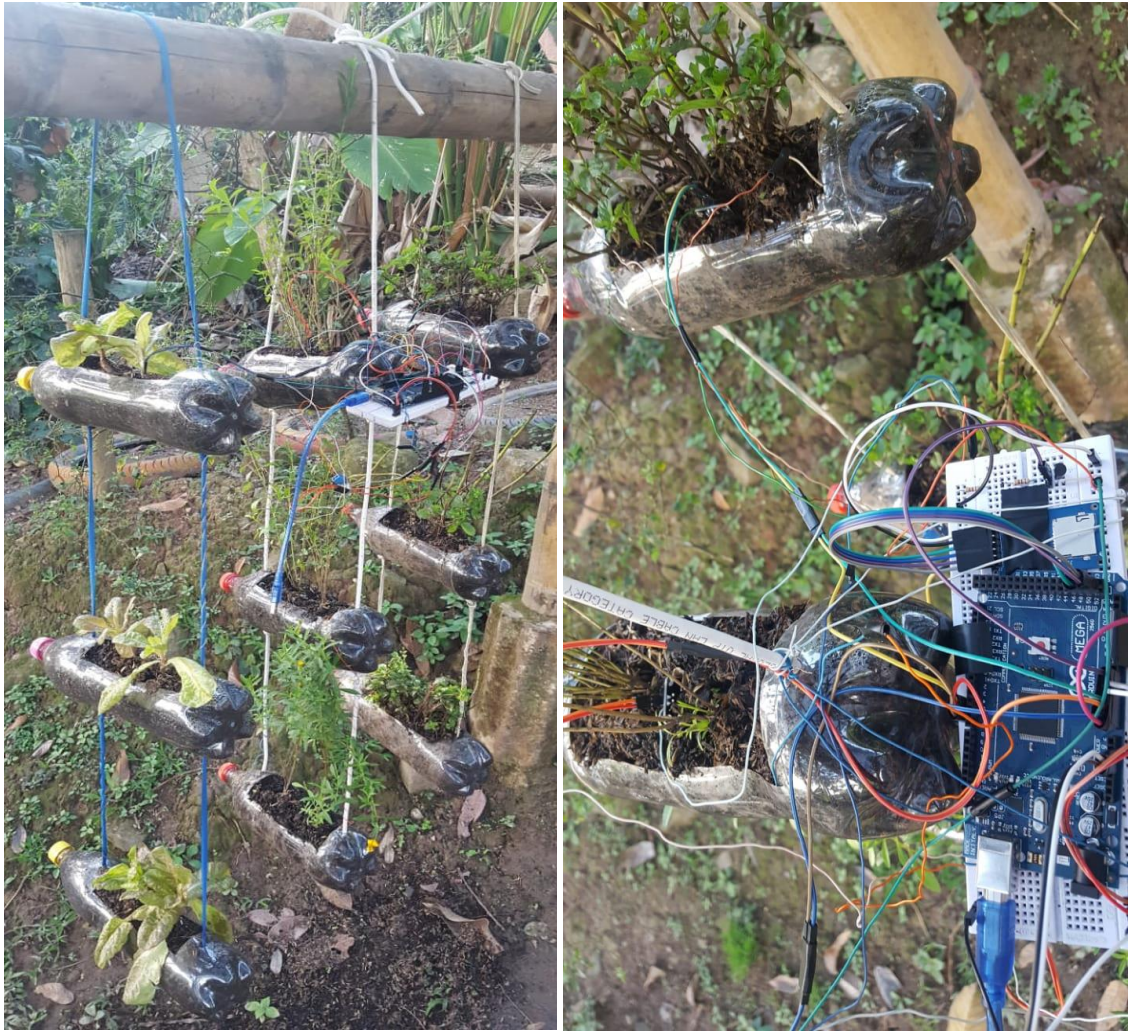


Imagen 38 Prueba para obtención de voltaje con sensores de humedad y temperatura.

Es importante tener en claro que para obtener un mejor resultado en la adquisición de voltaje suministrado por parte de la planta se sugiere mantener la tierra con una constante humedad, pero sin excederse en ella.

Al estudiar el comportamiento del voltaje obtenido por medio de las plantas, alimentando una carga, la tensión de una sola planta es baja, por lo tanto no lograría hacer funcionar como mínimo un bombillo led, así que se requiere buscar la conexión de celdas edecuadas (en serie o en paralelo) para tener un aumento en la tensión y en la potencia. Para conseguir varias celdas se debe hacer una separación de tierras, es decir tener varios recipientes con tierra sin que entre ellas haya contacto, y cada una con un ánodo y un cátodo por separado, como se observa en la imagen 39, cada celda puede estar acompañada por una planta.



Imagen 39 Celdas de tierra

En la imagen 39, también se puede observar que, al emplear un cable delgado para hacer las conexiones entre celdas, no es apropiado porque tiende a oxidarse y por ende a romperse debido a la humedad, por lo tanto, se requiere el uso de del material (cobre) más grueso para hacer la conexión entre electrodos.

Otro de los inconvenientes encontrados al conectar una carga a la fuente es que su corriente es demasiado baja (del orden de los microamperios), y debido a esto el voltaje disminuye presentando así la compensación de corriente. y en ocasiones evitando el buen funcionamiento de la carga, por lo tanto, se investigaron formas de incrementar la corriente y se resolvió agregar a la tierra utilizada desechos orgánicos como se muestran en la imagen 40.



Imagen 40 proceso de incorporación de los desechos orgánicos.

3.1.3. Diseño del sistema

Para el diseño del sistema, fue necesario tener en cuenta el principio de las celdas electroquímicas, por lo tanto, se emplearon dos materiales conductores como los son el cobre y el aluminio, para ser insertados en la tierra (ver imagen 41) y allí provocar reacciones químicas que nos permitan la generación de una energía eléctrica.



Imagen 41 Cobre y aluminio en la tierra

Debido a que el voltaje de una sola planta es bajo, se pensó en poner varias plantaciones con sus respectivos electrodos insertados, en una conexión en serie, es decir que el ánodo de una planta se conectaría al cátodo de otra y así sucesivamente hasta lograr un voltaje considerable. Pero debido a que el espacio ocupado por todas las plantas sería grande, se vio conveniente estudiar una opción para la reducción de espacio, por lo tanto y teniendo en cuenta que las raíces de la planta arrojan lixiviados, que son transportados por el agua hacia la parte inferior de la tierra, y que estos lixiviados son los encargados de producir reacciones químicas en la celda, se determinó colocar varios cubos pequeños de tierra (imagen 42), con sus respectivos electrodos, conectados en serie debajo de la plantación. Es importante mencionar que entre el conjunto de cubos y la planta debe existir un pequeño espacio, porque de lo contrario al juntarse las tierras se obtendría el voltaje mínimo de la planta.

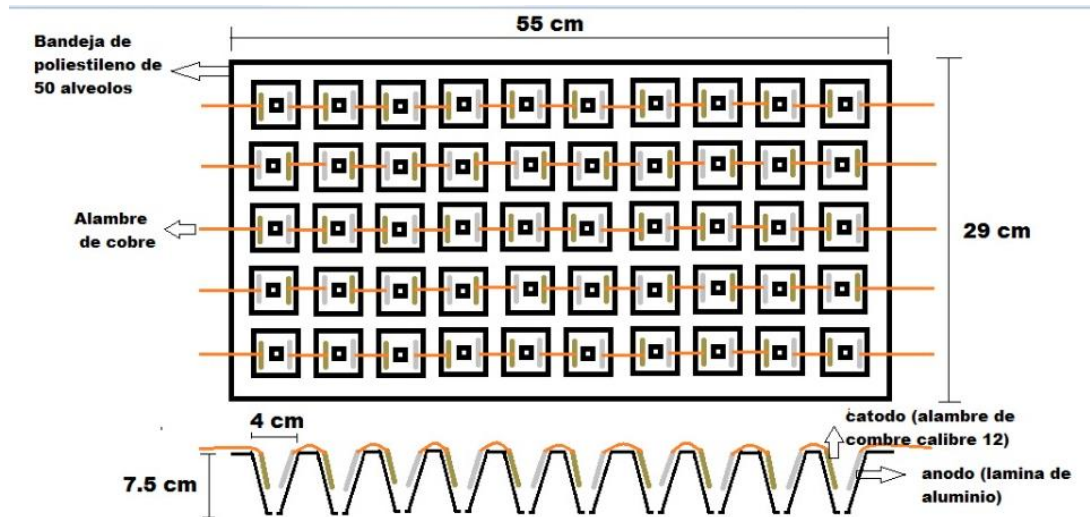


Imagen 42 Diseño de bandeja con 50 cubos conectados en serie

Con la finalidad de garantizar que los desechos arrojados por la raíz de la planta y transportados por el agua, lleguen a cada uno de los cubos de tierra, se diseñó un maceta cuadrada (imagen 43), la cual, en su parte inferior en vez de tener una superficie rígida y cerrada, tiene una malla de plástico con varios agujeros por donde habría un goteo de agua concentrada (imagen 44).

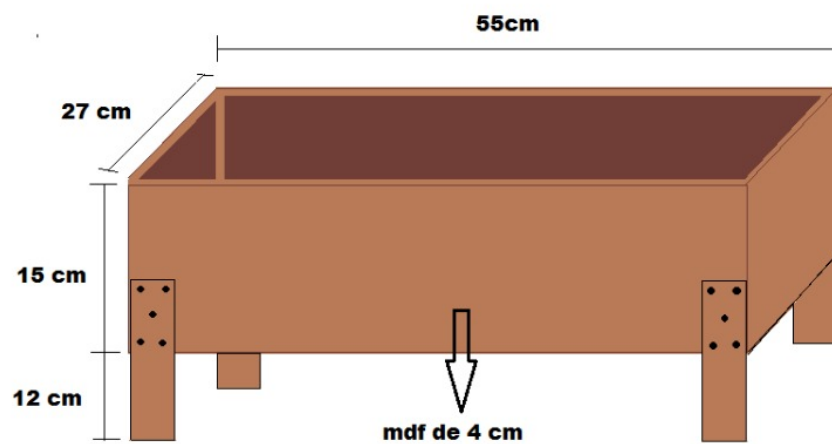


Imagen 43 Diseño de la maceta cuadrada.

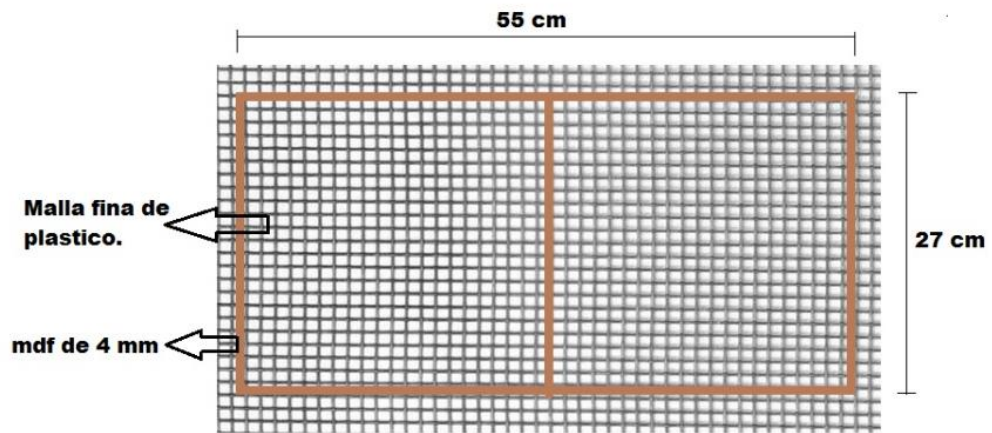


Imagen 44 Malla de plástico en la parte inferior de la maceta.

En una sola planta el voltaje no es lo único que resulta ser bajo, la corriente al momento de conectar una carga también es mínima, por lo tanto, se propone realizar varias macetas como las mencionadas anteriormente, con cubos en serie en su parte inferior, y después cada una de ellas conectarse en paralelo, es decir todos los cátodos iniciales de las series conectados unos con otros y los ánodos finales de las series conectados entre sí formando un solo nodo. Existe la posibilidad que la conexión en paralelo no tenga un mejor resultado que la conexión en serie por lo tanto se pretende estudiar las dos conexiones.

3.1.4. Implementación del sistema

Para la implementación del sistema se utilizó la planta de hierbabuena (imagen 45) debido a que presenta un gran número de raíces y resulta tener un buen comportamiento a la hora de suministrar energía.



Imagen 45 Planta de hierbabuena.

Para la elaboración del conjunto de cubos que estarían conectados en serie debajo de la maceta, se utilizaron bandejas para semilleros con 50 alveolos,

donde cada uno tendría una lámina de aluminio y un trozo de cobre como electrodos (ver imagen 46).



Imagen 46 Conjunto de cubos conectados en serie.

Y se realizaron cuatro macetas con su respectivo sistema (imagen 47).



Imagen 47 Macetas con su respectivo sistema.

Con la finalidad de identificar que aditivo en la tierra podría ayudar a aumentar la corriente del sistema, se utilizaron 9 hileras de las bandejas para semilleros de las cuales 3 fueron llenadas con tierra revuelta con diseños orgánicos (imagen 48), otras 3 con tierra mezclada con humus (imagen 49), y las últimas 3 contenían tierra con los dos aditivos combinados (imagen 50). Las columnas fueron expuestas a las mismas condiciones dejándolas 2 días seguidos debajo de las plantas para después realizar su respectiva toma de datos y su análisis.



Imagen 48 Tierra con desechos orgánicos



Imagen 49 Tierra con humus



Imagen 50 Tierra con desechos orgánicos y humus

Después de haber observado que hay un mejor comportamiento de voltaje y corriente cuando se emplea la tierra revuelta con desechos orgánicos, se empleó esta mezcla para rellenar las cuatro bandejas que se están utilizando y después de dejarlas varios días debajo de las plantas, con el objetivo de que les caigan lixiviados, se extrae una de ellas para probar un bombillo led, como se observa en la imagen 51.

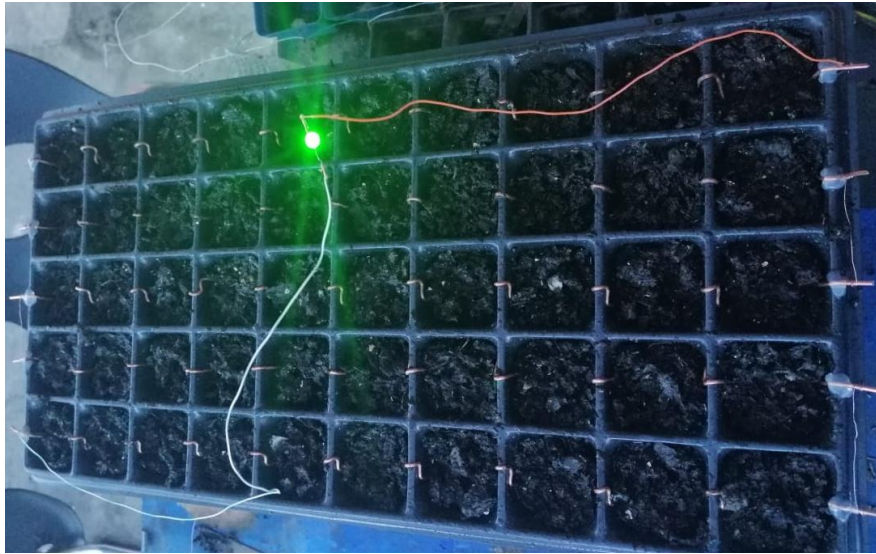


Imagen 51 Bombillo led encendido con un conjunto de cubos de tierra conectados en serie

Además, también se realizó la conexión de las cuatro bandejas conectadas en serie obteniendo un gran voltaje de 90.7V sin carga (ver imagen 52).

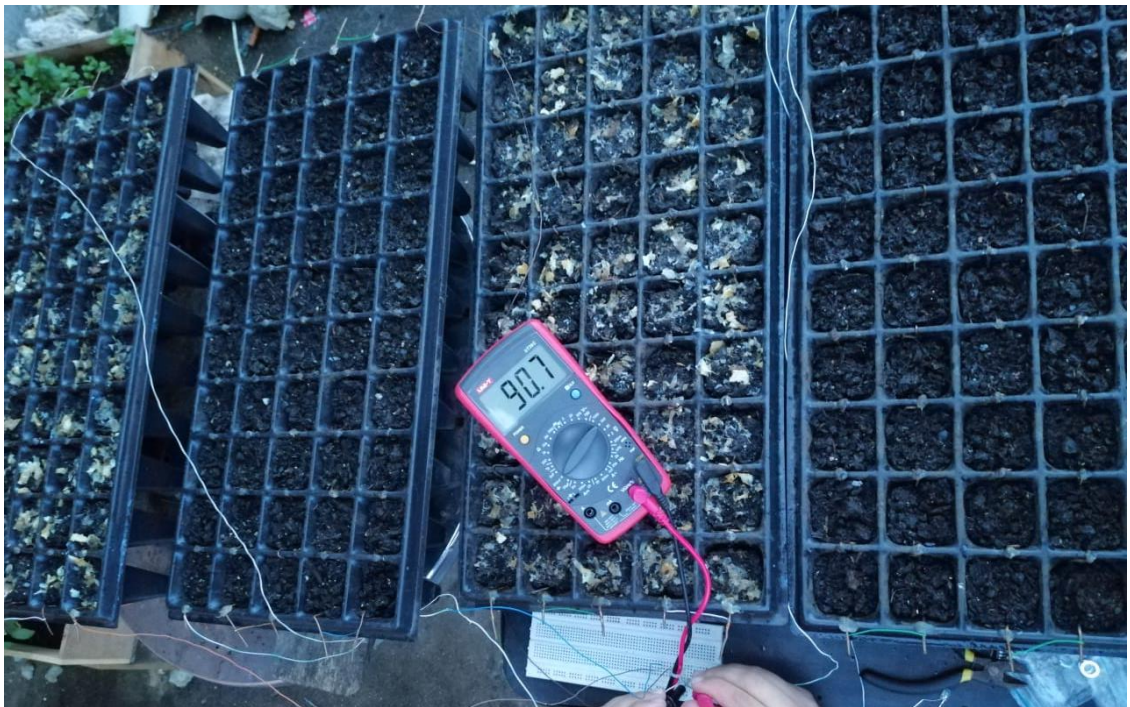


Imagen 52 Medición de voltaje suministrado por las 4 bandejas conectadas en serie sin carga

Después se conectó un led en los terminales positivos y negativos de la serie y se presentó una disminución drástica de voltaje llegando a 2.6V (imagen 53) y una corriente de 124 μ A (imagen 54).



Imagen 53 Medición de voltaje en la serie con un led conectado



Imagen 54 Medición de corriente en la serie con un led conectado

También, se realizó una conexión en paralelo de las cuatro bandejas, se midió el voltaje sin carga obteniendo 23.3V como resultado (ver imagen 55).



Imagen 55 Medición de voltaje suministrado por las 4 bandejas conectadas en paralelo sin carga

Y para evaluar el comportamiento con una carga puesta, se conectó de nuevo un led y donde se obtuvieron los siguientes valores: 2.7V (imagen 56) y 504 μ A (imagen 57).

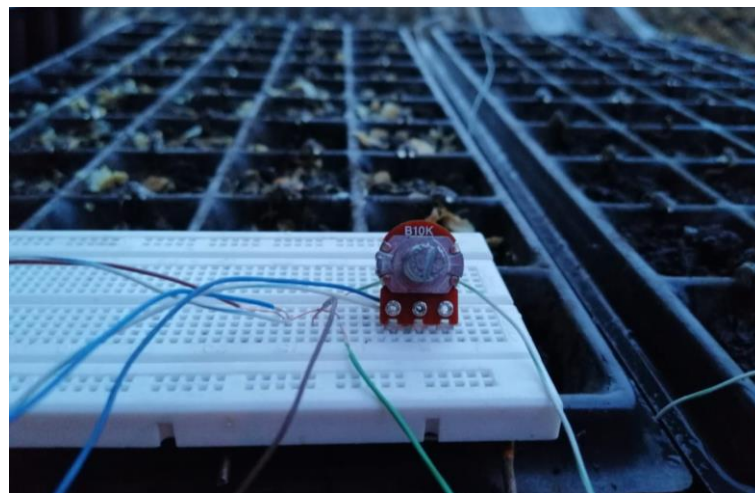


*Imagen 56 Medición de voltaje en el paralelo
con un led conectado*



*Imagen 57 Medición de corriente en el paralelo
con un led conectado*

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de las conexiones en serie ante diferentes valores de resistencia se emplearon potenciómetros y se midió el voltaje que se presentó en cada caso (ver imagen 58).



*Imagen 58 Potenciómetro utilizado para evaluar la conexiones en serie y paralelo ante diferentes valores
de resistencia*

3.1.5. Evaluación del rendimiento del sistema

El sistema es capaz de generar valores de voltaje altos, pero en cuestiones de corriente no presenta un buen resultado, afectando así la potencia y el buen desempeño del prototipo, aunque se han realizado varias acciones, sobre todo en la tierra empleada, con el objetivo de encontrar una mejora en la corriente, es importante destacar que, si se ha logrado un aumento, pero aun así no es suficiente para emplear el sistema en cargas que requieran gran potencia.

Otros aspectos, necesario de mencionar es que el sistema arroja una corriente directa y que un bombillo LED ha sido el elemento que se logró encender con el sistema empleado.

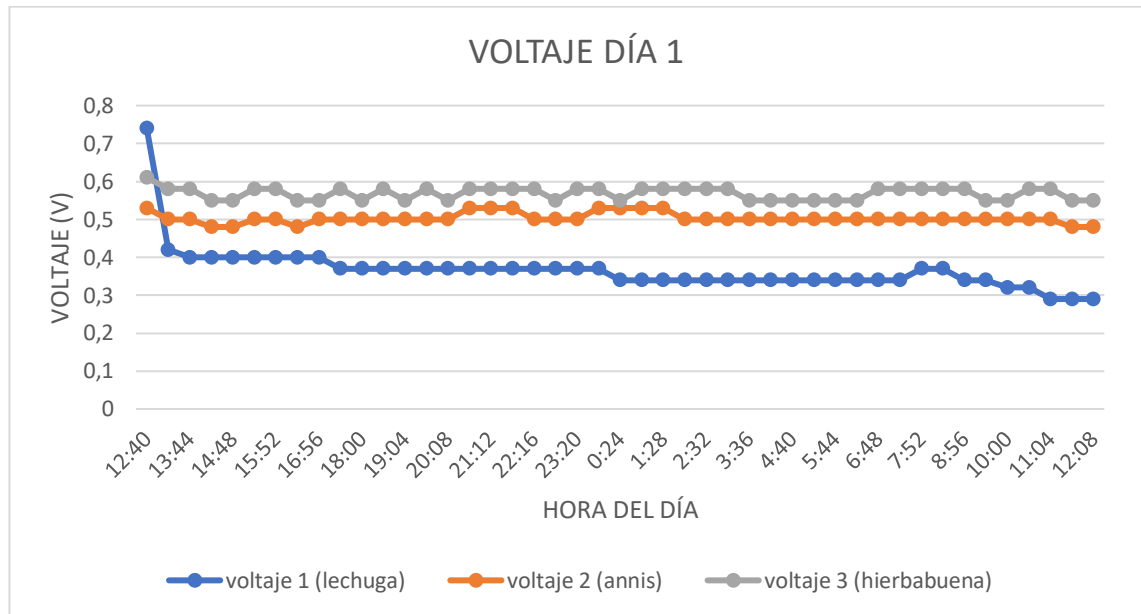
Por otro lado, uno de los análisis que se lograron realizar con el sistema, fue al compararlo con métodos muy similares de generación de energía, como lo son la Celdas de Combustible Microbianas, debido a que estas manejan un sistema muy similar al de este proyecto. Una CCM, está compuesta por dos cámaras de acrílico o vidrio, una anaeróbica y la otra aeróbica divididas por una membrana de intercambio de protones, donde la cámara anaeróbica contiene sustratos orgánicos los cuales, al oxidarse por acción de los microorganismos, generan electrones, protones y CO₂. En la cámara anaeróbica se coloca un ánodo y en la cámara aeróbica un cátodo, luego de que son liberados los electrones en la cámara anódica, son captados por el ánodo para ser transferidos hacia el cátodo mediante un circuito externo el cual posee una resistencia.

Debido a que el prototipo realizado no cumplió con las expectativas como lo eran lograr cargar un celular o prender una bombilla, surgió la necesidad de mirar que tan eficientes son las CCM respecto a dicho proyecto; las cuales, tras años de investigación, hasta el momento aún son una tecnología promisoría, que para aplicaciones prácticas es necesario mejorar la eficiencia en los procesos químicos y su desempeño eléctrico.

Comparación que nos motiva a seguir investigando sobre la generación de energía eléctrica a través de la fotosíntesis de las plantas; debido a que los resultados obtenidos en tan solo un año de investigación y pruebas son nuestra base y punto de apoyo para lograr los propósitos deseados.

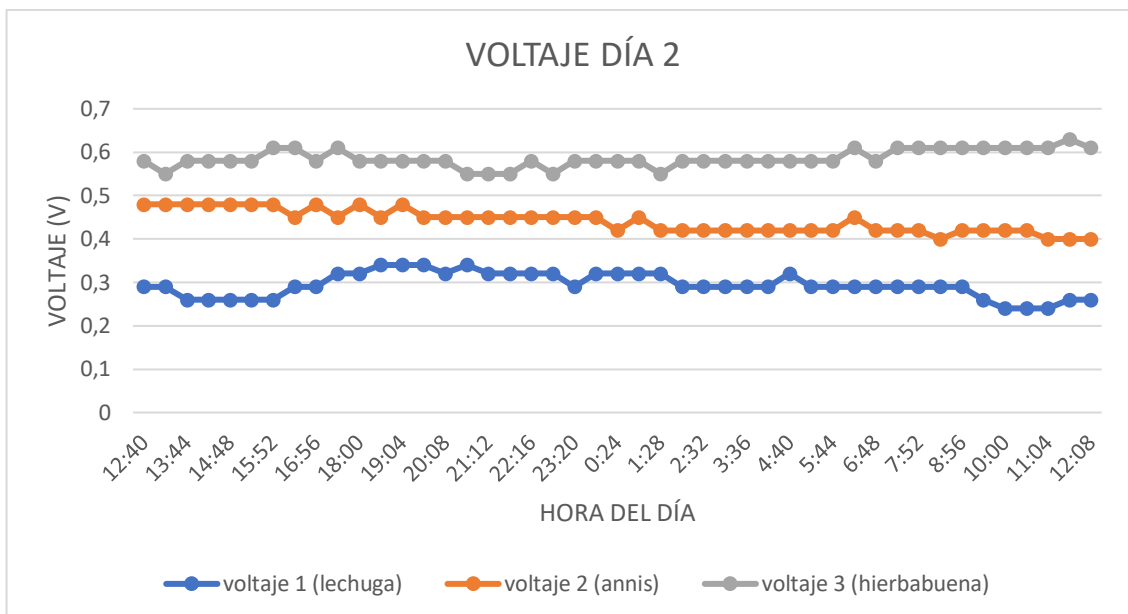
4. Capítulo 4: Análisis de resultados

Una de las primeras pruebas que se realizaron fue la obtención de voltaje, a diferentes horas del día durante tres días seguidos, de las tres plantas estudiadas, los resultados fueron almacenados en una memoria micro SD para luego ser graficados y así poder analizar su comportamiento.



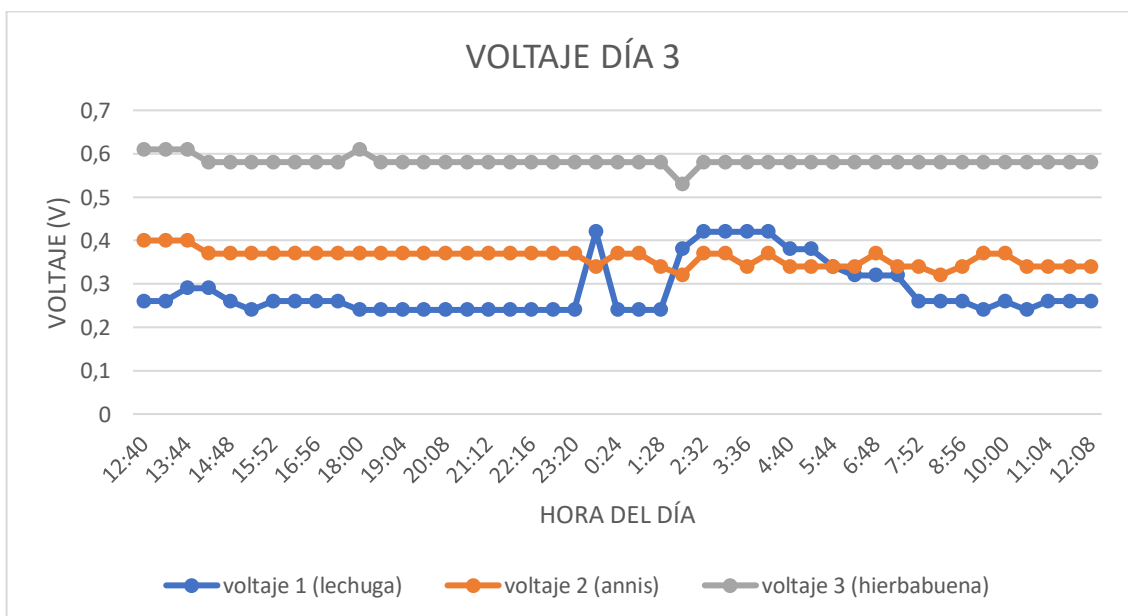
Gráfica 1 Voltajes primer día

En la gráfica 1 se puede observar el voltaje que suministro cada una de las plantas durante el primer día, presentando un menor voltaje la planta de la lechuga, representada con la línea azul, la cual nos brindó una tensión entre el rango de 0.3V a 0.4V. Después de la lechuga se encuentra el anís con un pequeño aumento de voltaje ofreciendo 0.5V con pocas variaciones. Y con un mejor resultado se encuentra la planta de la hierbabuena ofreciendo tensiones con pequeñas variaciones entre 0,55V y 0,6V. Un aspecto que se puede resaltar es que la hora del día no resulta ser un gran influyente en los resultados.



Grafica 2 Voltajes segundo día

Los resultados obtenidos el segundo día de medición se representan en la grafica 2, en donde se evidencia nuevamente un mejor resultado en la planta de la hierbabuena con valores aproximados a 0.6V, en cuanto a la planta de anis hubo una disminucion de voltaje con respecto al primer día, y paso de tener 0.5V a tener 0.4V, en la planta de la lechuga, aunque hubo variaciones su voltajes se encuentra aproximadamente en 0.3V.

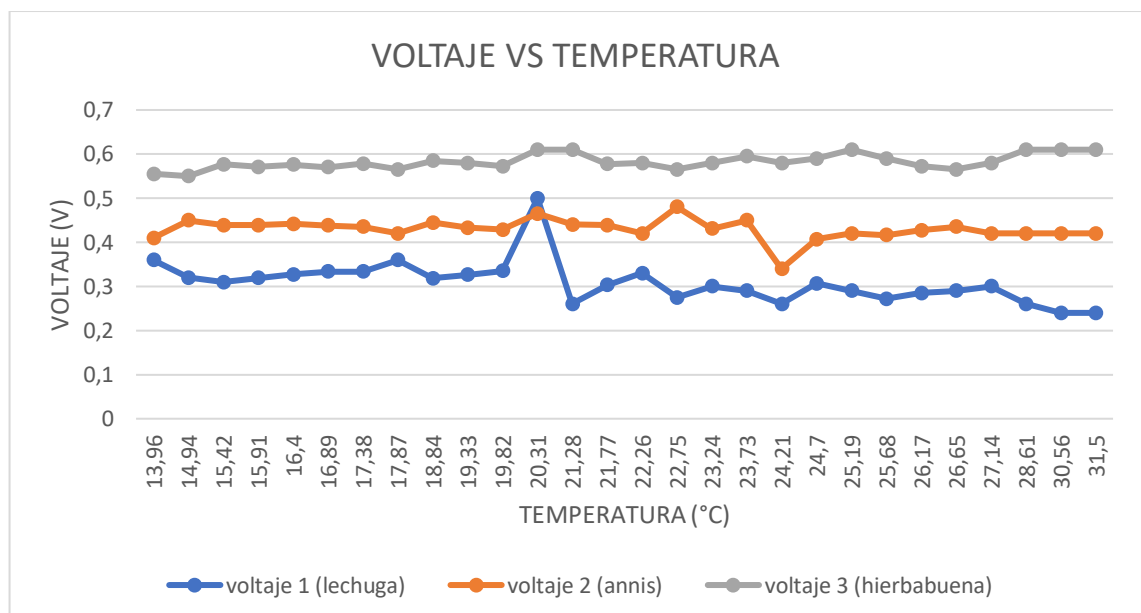


Grafica 3 Voltajes tercer día

En el tercer día (grafica 3), la planta de la lechuga aunque presenta un tiempo en donde al parecer tuvo un aumento de voltaje, la mayor parte del día suministro un voltaje bajo que se acerca a 0.2 voltios, en cuanto al anis su voltaje fue

cercano a 0.4V y el de la hierbabuena a 0.6V, estos resultados obtenidos durante los tres días nos dan a entender que la planta mas eficiente en cuanto a la obtencion de voltaje resulta ser la hierbabuena, en segundo lugar se encuentra el anis, y por ultimo la lechuga siendo la menos eficiente. Cabe resaltar que estos resultados son adquiridos sin ninguna carga puesta y mediante el modulo sensor de tension.

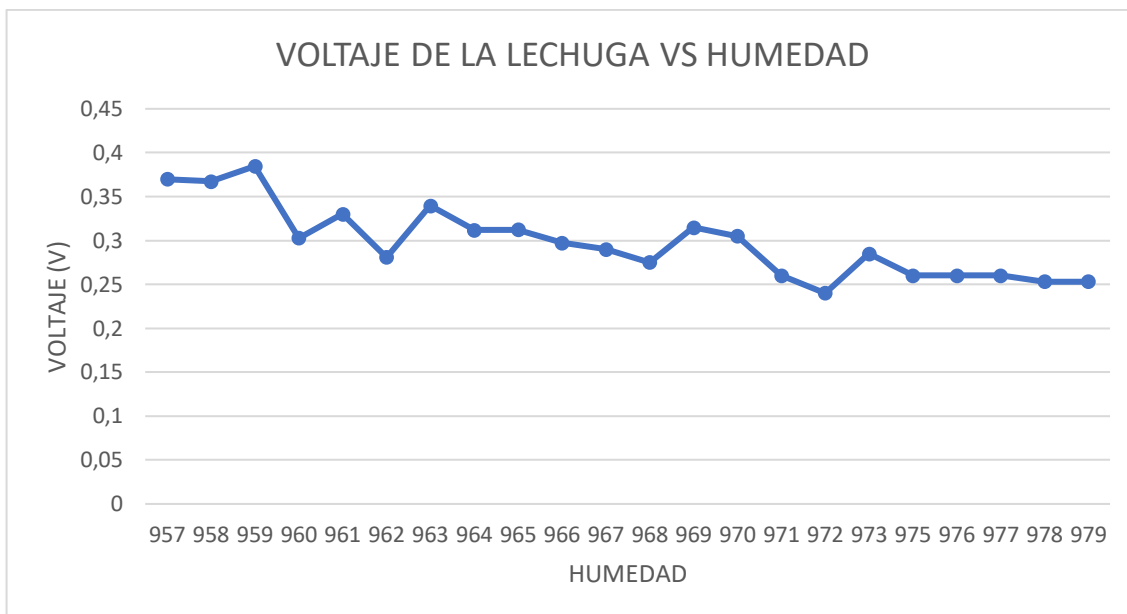
Una de nuestras hipotesis se basaba en que la temperatura podía provocar una variacion en el voltaje debido a que la luz del sol es de gran importancia en la fotosintesis de la plantas, por tal motivo se tomaron los datos de la temperatura junto con el valor del voltaje en cada una de las muestras tomadas en los tres días de estudio de las tres plantas analizadas (lechuga, anis y hierbabuena), y debido a que en ocasiones se encontraban varios valores de voltaje diferentes en la misma temperatura se realizo un prodedio de ellos para obtener un solo valor y asi poder realizar la siguiente tabla y grafica:



Grafica 4 Voltaje VS Temperatura

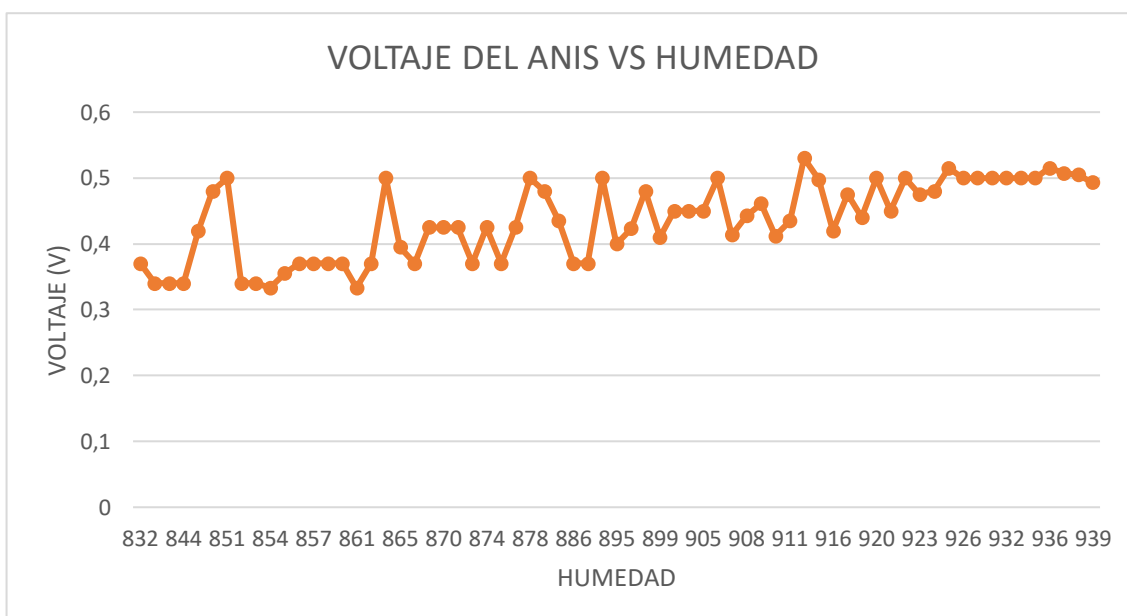
Observando la grafica 4, de voltaje vs temperatura, se puede deducir que aunque existen variaciones en el voltaje, no hay un cambio significativo que nos garantice que la temperatura es un gran influyente en la tension obtenida a traves de las plantas, esto debido a que los voltajes siempre se mantienen en un rango minimo de variacion sin importar el aumento de la temperatura.

Otras hipotesis que se plantearon fue en que a mayor humedad mejor seria el resultado del voltaje, debido a que el agua es conductor y podria estimular el proceso quimico de oxido reduccion que se produce en la tierra, asi que de igual forma se tomaron datos de humedad durante los 3 días de estudio y se saco un promedio de los resultados de voltaje que hubieron en cada uno de estos valores obtenidos en la practica para poder graficarlos.



Grafica 5 Voltaje de la planta de lechuga VS Humedad

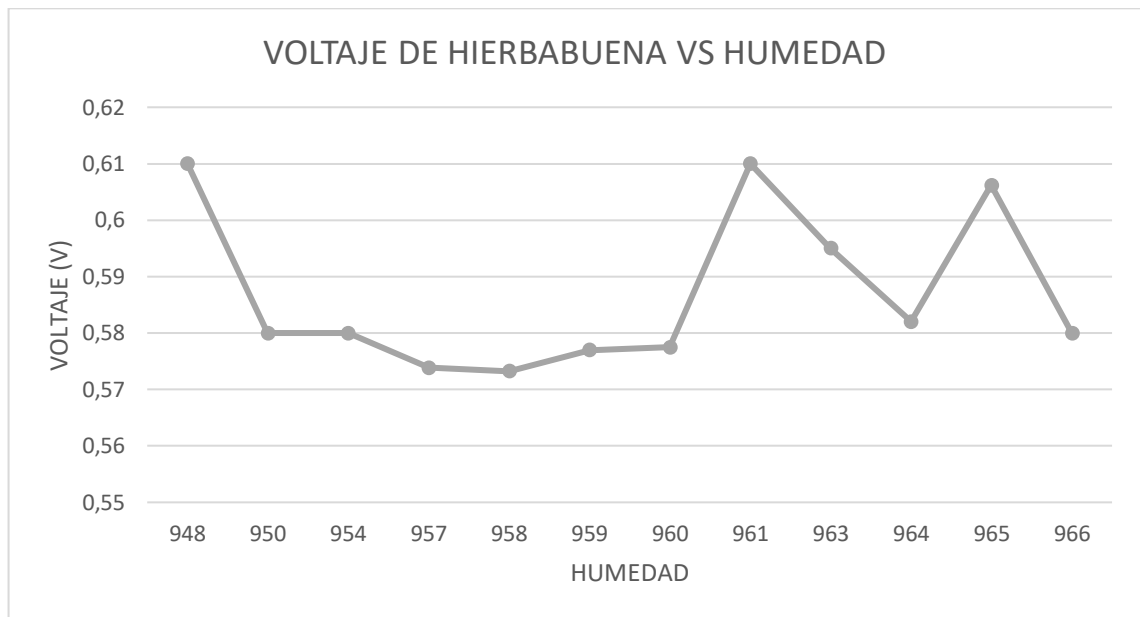
Partiendo en que el sensor de humedad utilizado arroja valores que van de 0 a 1023, donde 0 es demasiado humedo y 1023 es muy seco, en la grafica 5, se puede analizar que aunque los valores de humedad no tienen un gran cambio, en la planta de la lechuga si se puede observar una disminucion de voltaje cuando la tierra disminuye su humedad, comenzando con un valor de 0.37V y terminando con un valor de 0.25V.



Grafica 6 Voltaje de la planta de anís VS Humedad

En el caso de la planta de anis se puede observar en la grafica 6, que existe un aumento de voltaje a medida que va disminuyendo la humedad, su valor inicial es de 0.37V y su valor final de 0.5V. Es importante aclarar que en este caso ,al

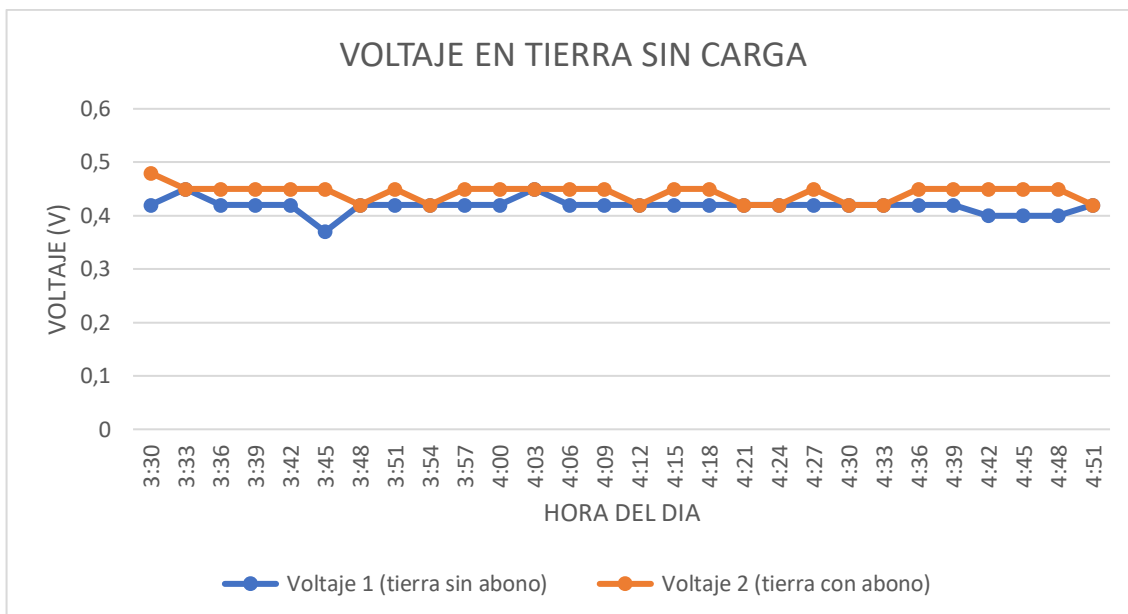
igual que en el de la planta de lechuga, el rango de diferencia que existe de humedad no es alto.



Grafica 7 Voltaje de la planta de hierbabuena VS Humedad

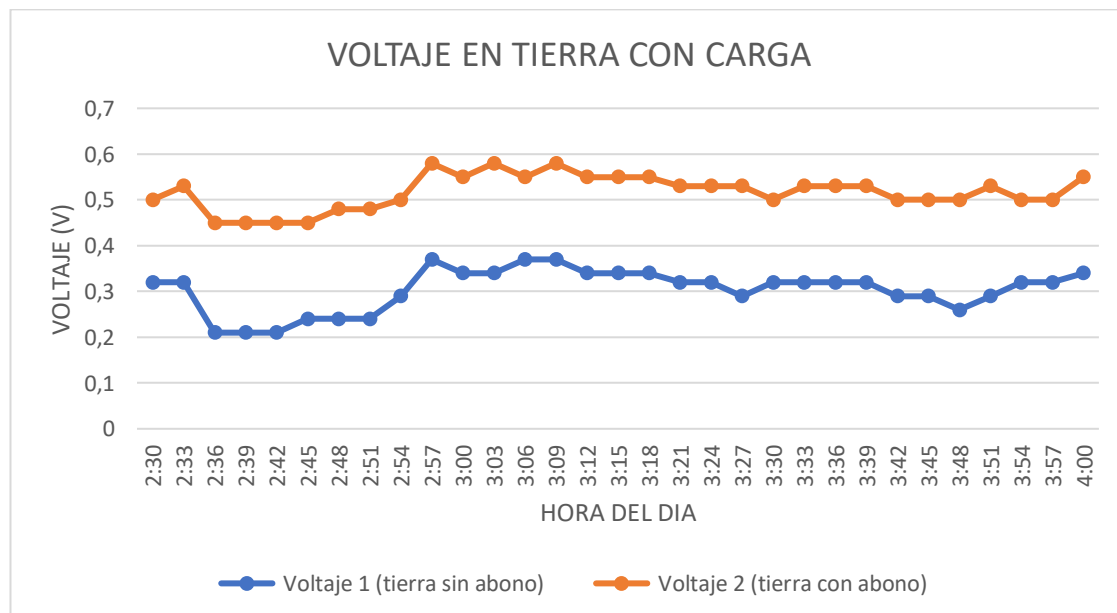
En la planta de la hierbabuena, expuesta de la grafica 7, no es claro el efecto que produce la humedad en la obtencion de voltaje, por lo tanto se puede afirmar que el resultado es independiente a la humedad del terreno. Debido a la contradiccion que se tiene en las tres diferentes graficas, donde se estudió el efecto de la humedad, no es apropiado afirmar que efectivamente existe una influencia grande por parte del agua sobre el voltaje obtenido gracias a las plantas.

Por otro lado, con el objetivo de lograr un aumento de corriente en el sistema, se quizo evaluar el comportamiento de un cubo de tierra cuando contiene desechos organicos mezclados, por tal motivo se realizo una medicion de voltaje a un cubo con tierra sola y a otro con tierra mezclada, inicialmente sin una carga puesta, los datos fueron tomados durante una hora y media, cada tres minutos, y almacenados en una memoria micro SD para luego obtener la siguiente grafica.



Grafica 8 Voltaje en dos tipos de tierra diferentes sin carga.

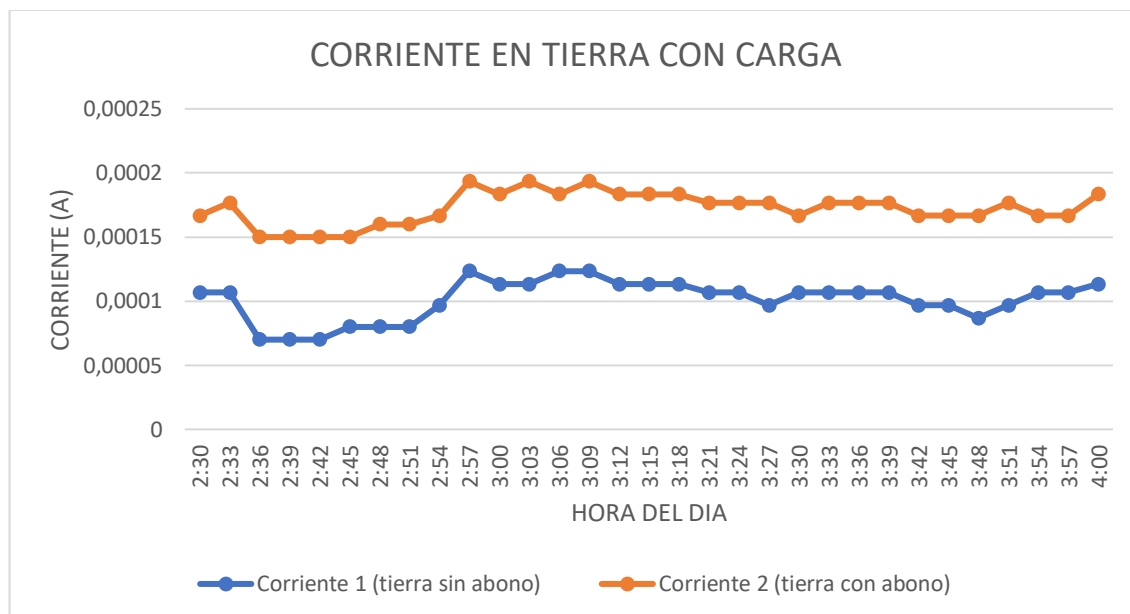
Analizando la gráfica 8 se puede afirmar que en cuestión de voltaje no existe una gran diferencia entre los dos tipos de tierra utilizados, ubicándose los valores entre el rango de 0.4V a 0.5V, pero se recomienda que estos valores son obtenidos sin ninguna carga puesta, por lo tanto, se procedió a incorporar una resistencia de $3K\Omega$, con el siguiente resultado:



Grafica 9 Voltaje en dos tipos de tierra diferentes con carga

Como es evidente en la gráfica 9, al incorporar una carga, existe una variación notoria en el voltaje obtenido en los dos cubos de tierra siendo mayor la tensión del recipiente con tierra abonada, afirmando que tiene un mejor comportamiento y se acerca más al voltaje sin carga, y esto es debido a que se obtuvo un poco

más de corriente del suelo y por ende hay poca compensación se corriente-voltaje, para confirmar lo dicho anteriormente se procedió a usar la ley de ohm para hallar los respectivos valores de corriente y así poder realizar la siguiente gráfica:



Grafica 10 Corriente en dos tipos de tierra diferentes con carga

En cuanto a la gráfica de corriente (Grafica 10) se puede decir que la corriente que se obtuvo del cubo de tierra sin aditivos se encuentra en un rango de $60\mu\text{A}$ a $130\mu\text{A}$ la cual resulta ser menor a la obtenida del cubo de tierra con desechos orgánicos cuyos valores varían entre $150\mu\text{A}$ y $200\mu\text{A}$ por los tanto se afirma una mejoría en cuanto a la potencia conseguida.

Debido a la mejoría que se logro mezclado desechos organicos con tierra se dsipuso ha hacer un estudio de comparacion entre 4 diferentes mezclas que fueron: tierra sin adiciones, tierra con desechos organicos, tierra con humus y tierra con desechos organicos e humus a la vez, de cada uno de las combinaciones se realizaron hileras de 10 cubos de tierra conectadas en serie y mediante un potenciómetro de $1\text{M}\Omega$, como carga, se formaron las siguientes tablas:

TIERRA SIN ADICIONES				
Una columna en serie (10 cubos de tierra)				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga(V)	Corriente 1 (A)	Potencia 1 (W)
200000	3,5	1	5,000E-06	5,000E-06
400000	3,5	1,8	4,500E-06	8,100E-06
600000	3,5	1,9	3,167E-06	6,017E-06
800000	3,5	2,2	2,750E-06	6,050E-06
1000000	3,5	2,7	2,700E-06	7,290E-06

Tabla 1 Datos adquiridos en 10 cubos de tierra sin adiciones conectados en serie

TIERRA CON DESECHOS ORGANICOS				
Una columna en serie (10 cubos de tierra)				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 2 (A)	Potencia 2 (W)
200000	5,6	3,9	19,50E-06	76,05E-06
400000	5,6	4,6	11,50E-06	52,90E-06
600000	5,6	4,9	8,167E-06	40,02E-06
800000	5,6	5	6,250E-06	31,25E-06
1000000	5,7	5,2	5,200E-06	27,04E-06

Tabla 2 Datos adquiridos en 10 cubos de tierra con desechos orgánicos conectados en serie

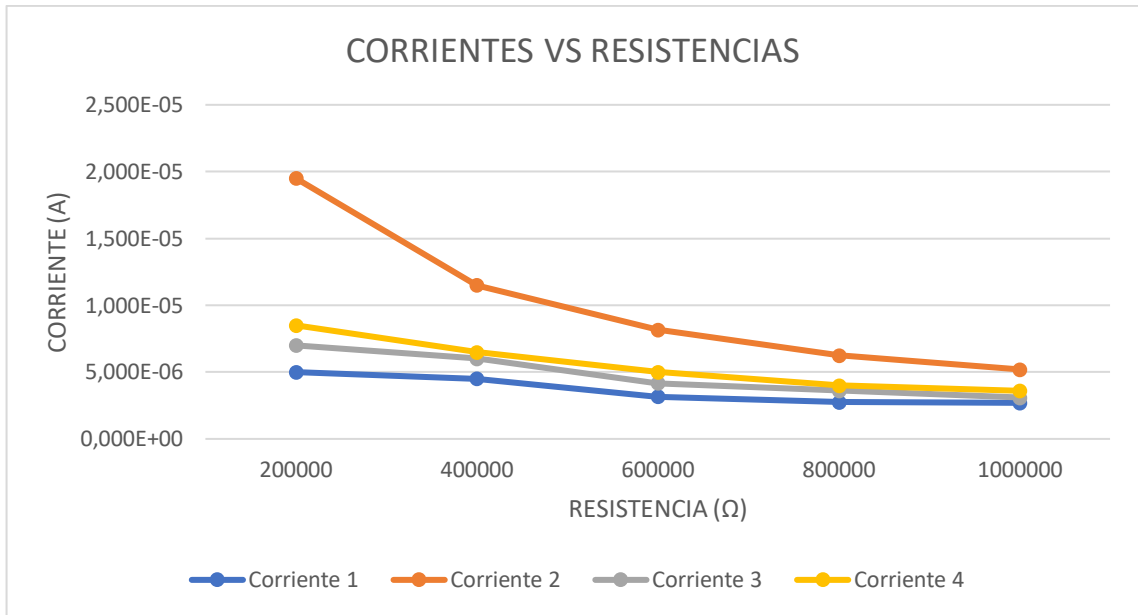
TIERRA CON HUMUS				
Una columna en serie (10 cubos de tierra)				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 3 (A)	Potencia 3 (W)
200000	3,6	1,4	7,000E-06	9,800E-06
400000	3,6	2,4	6,000E-06	14,40E-06
600000	3,6	2,5	4,167E-06	10,42E-06
800000	4	2,9	3,625E-06	10,51E-06
1000000	4	3,1	3,100E-06	9,610E-06

Tabla 3 Datos adquiridos en 10 cubos de tierra con humus conectados en serie

TIERRA CON DESECHOS ORGANICOS Y HUMUS				
Una columna en serie (10 cubos de tierra)				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 4 (A)	Potencia 4 (W)
200000	4,5	1,7	8,500E-06	14,45E-06
400000	4,5	2,6	6,500E-06	16,90E-06
600000	4,8	3	5,000E-06	15,00E-06
800000	4,8	3,2	4,000E-06	12,80E-06
1000000	4,8	3,6	3,600E-06	12,96E-06

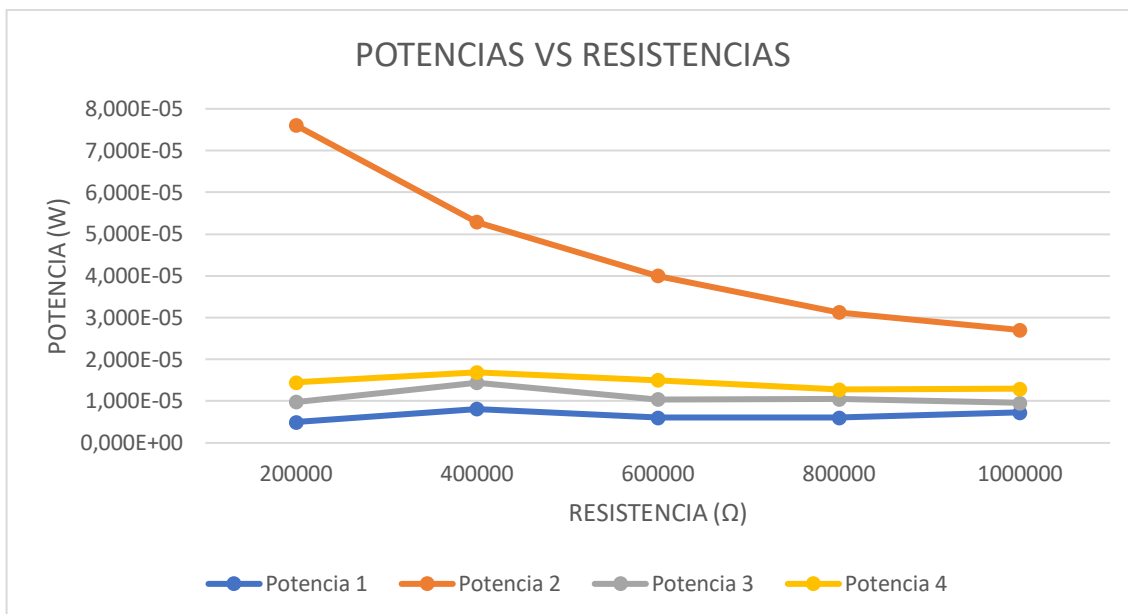
Tabla 4 Datos adquiridos en 10 cubos de tierra con desechos orgánicos y humus conectados en serie

Y teniendo en cuenta las tablas anteriores se utilizaron las siguientes graficas:



Grafica 11 Corriente de 4 tipos de tierra diferentes VS Resistencia

En la gráfica 11 se observa una comparación de la corriente obtenida de 4 tipos diferentes de tierra, teniendo en cuenta las tablas anteriores, la corriente 1 (de color azul) pertenece a la tierra sin adiciones, la corriente 2 (de color naranja) corresponde a la tierra con desechos orgánicos, la corriente 3 (color gris) a la tierra con humus y por último la corriente 4 (color amarillo) hace parte de la tierra con desechos orgánicos y humus al mismo tiempo, una vez aclarado esto, es importante afirmar que la tierra con desechos orgánicos tiene una mayor corriente en comparación con las demás tierras las cuales, aunque si se puede observar el aumento de corriente a medida que la resistencia va disminuyendo no es tan significativo el cambio como en el de la corriente 2 cuya corriente es de $5.2\mu\text{A}$ con una resistencia de $1\text{M}\Omega$ y de $19.5\mu\text{A}$ con una resistencia de $200\text{K}\Omega$, también se puede notar que la tierra sin aditivos resulta ser la menos eficiente en cuanto a corriente de trata.



Grafica 12 Potencia de 4 tipos de tierra diferentes VS Resistencia

Los resultados de potencia que se adquirieron con los 4 tipos de tierra analizados se evidencian en la gráfica 12, allí nuevamente se tienen cuatro líneas de diferente color que pertenecen al mismo tipo de tierra explicado en la gráfica 11 y se confirma que la tierra con desechos orgánicos es la más eficiente debido a que presenta una potencia máxima de $76.05\mu\text{W}$ con una resistencia de $200\text{k}\Omega$ y su potencia mínima es de $27.04\mu\text{W}$ cuando la resistencia de $1\text{M}\Omega$, en cambio las demás potencias tienen un comportamiento similar entre ellas y sus valores oscilan entre $5\mu\text{W}$ a $20\mu\text{W}$.

Después de haber analizado una hilera de 10 cubos de tierra conectados en serie, se agregaron otras dos columnas del mismo tipo de tierra y en la misma conexión y se obtuvieron los siguientes resultados:

TIERRA SIN ADICIONES				
3 columnas en serie				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 1 (A)	Potencia 1 (W)
200000	6,6	1,6	8,000E-06	12,80E-06
400000	6,6	2,7	6,750E-06	18,23E-06
600000	6,6	3,3	5,500E-06	18,15E-06
800000	6,6	3,6	4,500E-06	16,20E-06
1000000	6,6	4,1	4,100E-06	16,81E-06

Tabla 5 Datos adquiridos en tres columnas en serie con tierra sin adiciones

TIERRA CON DESECHOS ORGANICOS				
3 columnas en serie				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 2 (A)	Potencia 2 (W)
200000	14,7	7,4	37,00E-06	273,8E-06
400000	14,7	9	22,50E-06	202,5E-06
600000	14,7	10,4	17,33E-06	180,3E-06
800000	14,7	10,8	13,50E-06	145,8E-06
1000000	14,7	11,5	11,50E-06	132,3E-06

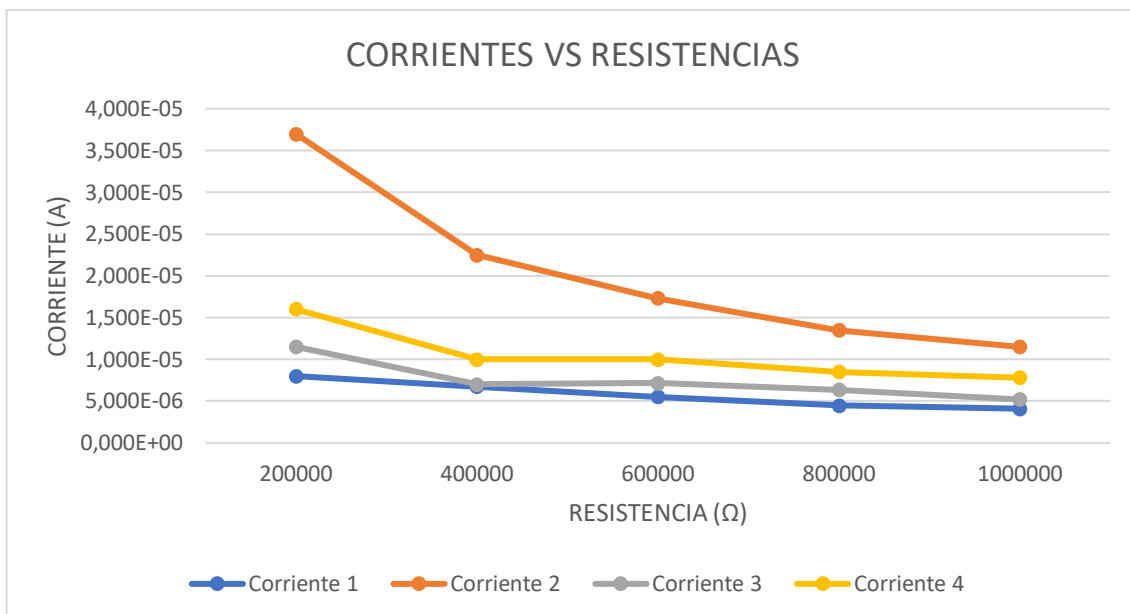
Tabla 6 Datos adquiridos en tres columnas en serie con tierra y desechos orgánicos

TIERRA CON HUMUS				
3 columnas en serie				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 3 (A)	Potencia 3 (W)
200000	9	2,3	11,50E-06	26,45E-06
400000	9	2,8	7,000E-06	19,60E-06
600000	9	4,3	7,167E-06	30,82E-06
800000	9	5,1	6,375E-06	32,51E-06
1000000	9,6	5,2	5,200E-06	27,04E-06

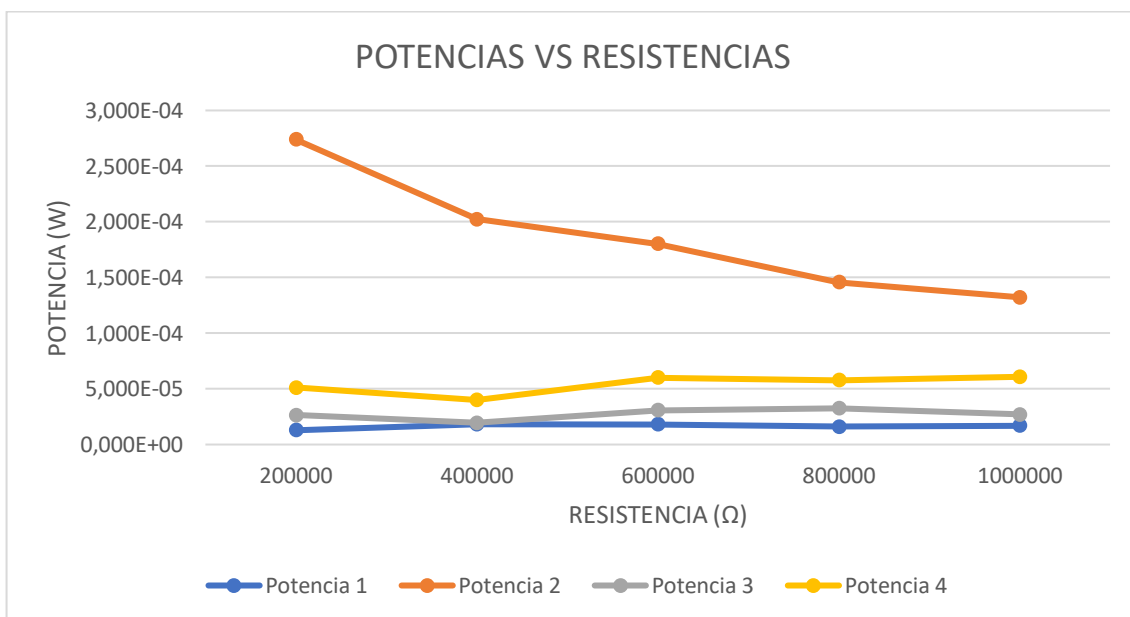
Tabla 7 Datos adquiridos en tres columnas en serie con tierra y humus

TIERRA CON DESECHOS ORGANICOS Y HUMUS				
3 columnas en serie				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 4 (A)	Potencia 4 (W)
200000	11,1	3,2	16,00E-06	51,20E-06
400000	11,1	4	10,00E-06	40,00E-06
600000	11,1	6	10,00E-06	60,00E-06
800000	11,1	6,8	8,500E-06	57,80E-06
1000000	11,5	7,8	7,800E-06	60,84E-06

Tabla 8 Datos adquiridos en tres columnas en serie con tierra y desechos orgánicos e humus



Grafica 13 Corriente de 4 tipos de tierra diferentes con dos columnas más en serie VS Resistencia



Grafica 14 Potencia de 4 tipos de tierra diferentes con dos columnas más en serie VS Resistencia

Al tener 30 cubos de tierra conectados todos en serie se tiene un comportamiento similar al de tener solo 10 cubos en la misma conexión, esta afirmación se determina al observar las gráficas 13 y 14, es importante aclarar que al tener más baterías conectadas va a existir un incremento tanto de corriente como de potencia, por ejemplo en el caso de la tierra con humus (líneas grises), al tener solamente una hilera de 10 cubos, se tenía una corriente mínima de $3.1\mu\text{A}$ y máxima de $7\mu\text{A}$ pero al aumentar el número de columnas se tiene una corriente mínima de $5.2\mu\text{A}$ y máxima de $11.5\mu\text{A}$ o en el caso de la potencia de la tierra con desechos orgánicos, con 10 pilas en serie había una potencia mínima de $27\mu\text{W}$

y máxima de 76 μ W, pero ahora se tiene un valor mínimo 132.3 μ W y máximo de 273.8 μ W.

De igual forma a como se colocaron las tres hileras de 10 cubos, en serie, estas tres columnas fueron puestas en paralelo, es decir hay 3 conjuntos de 10 cubos de tierra conectado en serie, y entre conjuntos hay una conexión en paralelo, de donde se obtuvieron estos datos:

TIERRA SIN ADICIONES				
3 columnas en paralelo				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 1 (A)	Potencia 1 (W)
200000	4,1	2,6	13,00E-06	33,80E-06
400000	4,1	3,4	8,500E-06	28,90E-06
600000	3,8	3,2	5,333E-06	17,07E-06
800000	4	3,5	4,375E-06	15,31E-06
1000000	4,1	3,7	3,700E-06	13,69E-06

Tabla 9 Datos adquiridos en tres columnas en paralelo con tierra sin adiciones

TIERRA CON DESECHOS ORGANICOS				
3 columnas en paralelo				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 2 (A)	Potencia 2 (W)
200000	5,6	4,5	22,50E-06	101,3E-06
400000	5,2	4,9	12,25E-06	60,03E-06
600000	5,4	5	8,333E-06	41,67E-06
800000	5,2	5,1	6,375E-06	32,51E-06
1000000	5,2	5,2	5,200E-06	27,04E-06

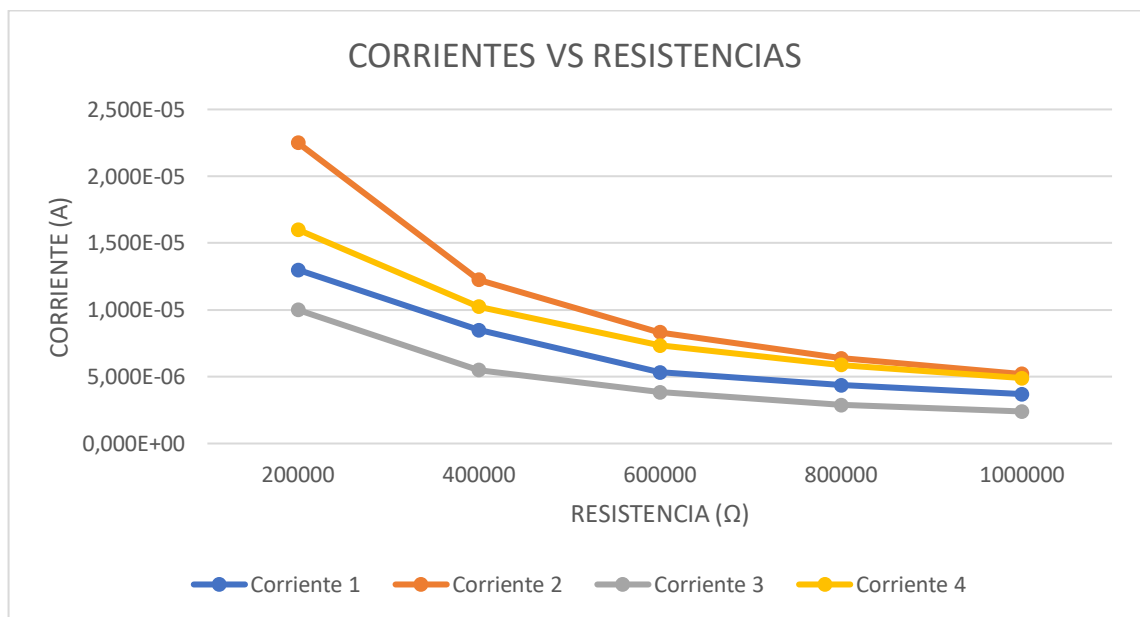
Tabla 10 Datos adquiridos en tres columnas en paralelo con tierra y desechos orgánicos

TIERRA CON HUMUS				
3 columnas en paralelo				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 3 (A)	Potencia 3 (W)
200000	2,4	2	10,00E-06	20,00E-06
400000	2,4	2,2	5,500E-06	12,10E-06
600000	2,4	2,3	3,833E-06	8,817E-06
800000	2,4	2,3	2,875E-06	6,613E-06
1000000	2,4	2,4	2,400E-06	5,760E-06

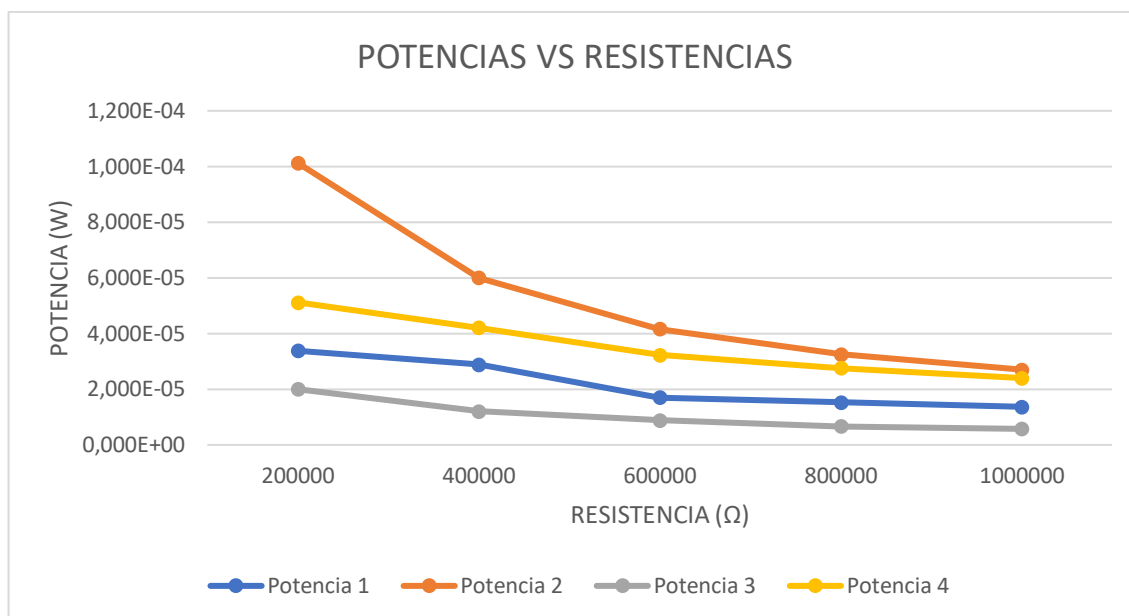
Tabla 11 Datos adquiridos en tres columnas en paralelo con tierra y humus

TIERRA CON DESECHOS ORGANICOS Y HUMUS				
3 columnas en paralelo				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 4 (A)	Potencia 4 (W)
200000	5,2	3,2	16,00E-06	51,20E-06
400000	5,2	4,1	10,25E-06	42,03E-06
600000	5,2	4,4	7,333E-06	32,27E-06
800000	5,2	4,7	5,875E-06	27,61E-06
1000000	5,2	4,9	4,900E-06	24,01E-06

Tabla 12 Datos adquiridos en tres columnas en paralelo con tierra y desechos orgánicos e humus



Grafica 15 Corriente de 4 tipos de tierra diferentes con dos columnas más en paralelo VS Resistencia



Grafica 16 Potencia de 4 tipos de tierra diferentes con dos columnas más en paralelo VS Resistencia

En las gráficas 15 y 16 están representados los datos de tres columnas conectadas en paralelo, cada una con 10 cubos de tierra conectados en serie, en este caso no se logra tener un valor superior de corriente y de potencia al que se tuvo en la conexión en serie de las tres hileras, como por ejemplo el valor de potencia mayor que se tuvo en la serie de la tierra con desechos orgánicos más humus fue de $60.84\mu\text{W}$ y en el paralelo fue de $51.2\mu\text{W}$, es cierto que la variación en este caso es mínima pero en el caso de la tierra con desechos orgánicos es más notoria la diferencia, allí en la serie se tuvo $273.8\mu\text{W}$ como valor máximo y en el paralelo se tuvieron $101.3\mu\text{W}$.

Una vez terminado de analizar los 4 diferentes tipos de tierra que estaban en estudio, se escogió la tierra con desechos orgánicos para realizar 4 bandejas de semilleros con 50 alveolos conectados en serie cada uno, debido a que fue la tierra con mejores resultados en todas las mediciones tomadas, y para tener un mejor panorama de su comportamiento, se midió el voltaje que suministra al conectarle diferentes valores de resistencia y así poder hallar su corriente y potencia, a continuación se presentan las tablas de datos que se formaron con cada una de las 4 bandejas:

BANDEJA 1				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 1 (A)	Potencia 1 (W)
20	24,6	0,00349	0,0001745	6,09005E-07
50	23,8	0,00816	0,0001632	1,33171E-06
100	24,7	0,01548	0,0001548	2,39630E-06
200	24,6	0,03097	0,00015485	4,79570E-06
300	24,4	0,04625	0,00015417	7,13021E-06
400	23,8	0,05981	0,00014953	8,94309E-06

500	24,1	0,07345	0,0001469	1,07898E-05
600	23,4	0,0917	0,00015283	1,40148E-05
700	23,1	0,11	0,00015714	1,72857E-05
800	23,9	0,131	0,00016375	2,14513E-05
900	24	0,148	0,00016444	2,43378E-05

Tabla 13 Datos adquiridos en la bandeja 1 con resistencias pequeñas

BANDEJA 2				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 2 (A)	Potencia 2 (W)
20	23,9	0,00021	0,0000105	2,20500E-09
50	23,1	0,00168	0,0000336	5,64480E-08
100	23,1	0,00502	0,0000502	2,52004E-07
200	23,4	0,00988	0,0000494	4,88072E-07
300	22,9	0,01349	4,4967E-05	6,06600E-07
400	23	0,01791	4,4775E-05	8,01920E-07
500	22,8	0,02241	0,00004482	1,00442E-06
600	23,2	0,02784	0,0000464	1,29178E-06
700	23,6	0,03231	4,6157E-05	1,49134E-06
800	23	0,03745	4,6813E-05	1,75313E-06
900	23,2	0,04235	4,7056E-05	1,99280E-06

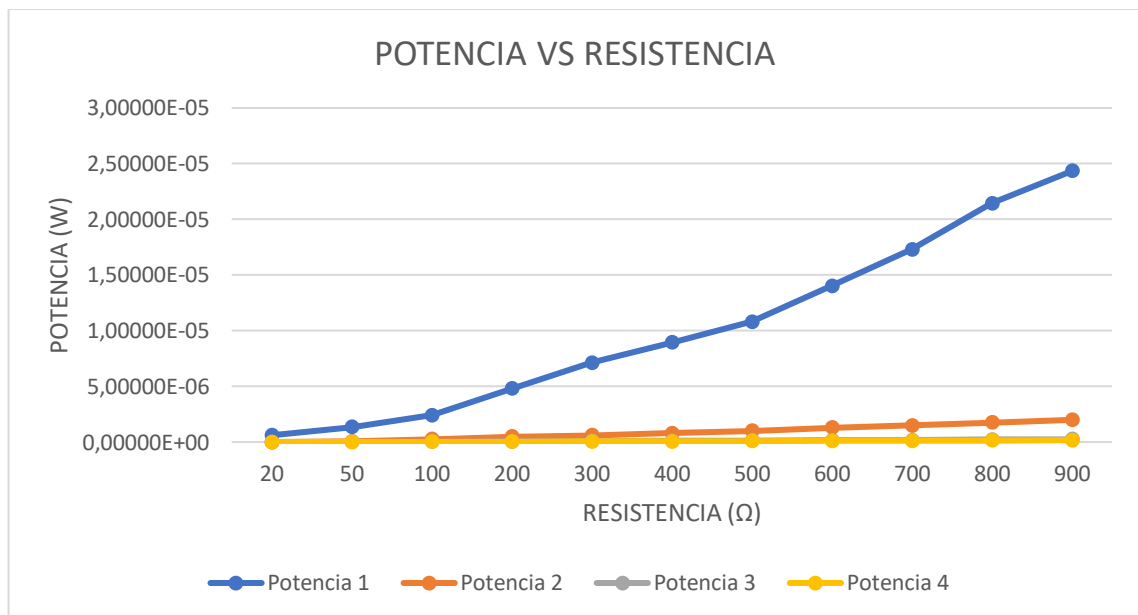
Tabla 14 Datos adquiridos en la bandeja 2 con resistencias pequeñas

BANDEJA 3				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 3 (A)	Potencia 3 (W)
20	19,1	0,00026	0,000013	3,38000E-09
50	19,1	0,00076	0,0000152	1,15520E-08
100	19,4	0,0015	0,000015	2,25000E-08
200	19,2	0,00334	0,0000167	5,57780E-08
300	19,4	0,00515	1,7167E-05	8,84083E-08
400	19,1	0,00672	0,0000168	1,12896E-07
500	19,2	0,00835	0,0000167	1,39445E-07
600	18,6	0,00957	0,00001595	1,52642E-07
700	18,9	0,01071	0,0000153	1,63863E-07
800	19,6	0,01372	0,00001715	2,35298E-07
900	19,2	0,01471	1,6344E-05	2,40427E-07

Tabla 15 Datos adquiridos en la bandeja 3 con resistencias pequeñas

BANDEJA 4				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 4 (A)	Potencia 4 (W)
20	19,23	0,00018	0,000009	1,62000E-09
50	19,13	0,00054	0,0000108	5,83200E-09
100	19	0,00121	0,0000121	1,46410E-08
200	19,6	0,00249	0,00001245	3,10005E-08
300	19,6	0,00395	1,3167E-05	5,20083E-08
400	19,6	0,00468	0,0000117	5,47560E-08
500	19,3	0,00637	0,00001274	8,11538E-08
600	19	0,00796	1,3267E-05	1,05603E-07
700	19,6	0,00905	1,2929E-05	1,17004E-07
800	19,2	0,01055	1,3188E-05	1,39128E-07
900	20,3	0,01248	1,3867E-05	1,73056E-07

Tabla 16 Datos adquiridos en la bandeja 4 con resistencias pequeñas



Grafica 17 Potencia en 4 bandejas diferentes VS Resistencias bajas

En la gráfica 17 se encuentra una comparación entre 4 bandejas que contienen el mismo tipo de tierra y la misma conexión de 50 cubos conectado en serie, resulta curioso observar que la potencia de la bandeja 1 presenta una diferencia significativa de valores con respecto a las demás bandejas, las cuales, si presentan valores similares entre ellas, pero su comportamiento es el que se ha venido presentando durante el anterior proceso, en esta línea azul se tiene un aumento de potencia, iniciando con un valor muy pequeño de $0.609\mu\text{W}$ y terminado con un valor de $24.33\mu\text{W}$, a medida que la resistencia va aumentando, en este caso la resistencia inicial es de 20Ω y la final de 900Ω , en cuanto a las demás líneas sus valores son muy bajos pero en los últimos valores de resistencia se ve un incremento de potencia.

BANDEJA 1				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 1 (A)	Potencia 1 (W)
1000	23,9	0,156	0,000156	2,43360E-05
10000	25,2	1,35	0,000135	1,82250E-04
20000	24,3	2,61	0,0001305	3,40605E-04
30000	24,4	3,72	0,000124	4,61280E-04
40000	24,9	4,65	0,00011625	5,40563E-04
50000	25,2	5,52	0,0001104	6,09408E-04
60000	24,8	6,25	0,00010417	6,51042E-04
70000	24,8	6,94	9,9143E-05	6,88051E-04
80000	25,4	7,48	0,0000935	6,99380E-04
90000	25,2	8,29	9,2111E-05	7,63601E-04

Tabla 17 Datos adquiridos en la bandeja 1 con resistencias medianas

BANDEJA 2				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 2 (A)	Potencia 2 (W)
1000	23,9	0,04723	0,00004723	2,23067E-06
10000	23,2	0,49	0,000049	2,40100E-05
20000	23,7	0,95	0,0000475	4,51250E-05
30000	23,2	1,36	4,5333E-05	6,16533E-05
40000	23,2	1,78	0,0000445	7,92100E-05
50000	23,3	2,11	0,0000422	8,90420E-05
60000	23,2	2,55	0,0000425	1,08375E-04
70000	23,3	2,93	4,1857E-05	1,22641E-04
80000	23,5	3,23	4,0375E-05	1,30411E-04
90000	23,6	3,63	4,0333E-05	1,46410E-04

Tabla 18 Datos adquiridos en la bandeja 2 con resistencias medianas

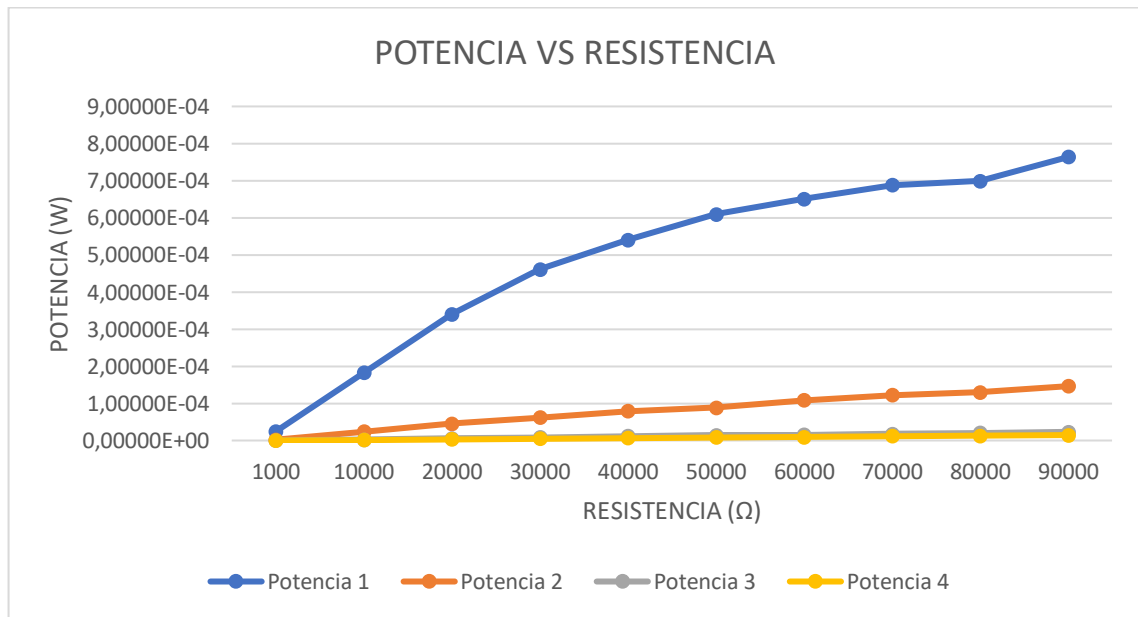
BANDEJA 3				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 3 (A)	Potencia 3 (W)
1000	19,4	0,01691	0,00001691	2,85948E-07
10000	20	0,164	0,0000164	2,68960E-06
20000	20	0,351	0,00001755	6,16005E-06
30000	20	0,51	0,000017	8,67000E-06
40000	19,4	0,681	1,7025E-05	1,15940E-05
50000	19,9	0,842	0,00001684	1,41793E-05
60000	19,9	0,955	1,5917E-05	1,52004E-05
70000	19,7	1,12	0,000016	1,79200E-05
80000	19,6	1,27	1,5875E-05	2,01613E-05

90000	19,5	1,45	1,6111E-05	2,33611E-05
-------	------	------	------------	-------------

Tabla 19 Datos adquiridos en la bandeja 3 con resistencias medianas

BANDEJA 4				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 4 (A)	Potencia 4 (W)
1000	19,4	0,01408	0,00001408	1,98246E-07
10000	19,6	0,133	0,0000133	1,76890E-06
20000	19,6	0,253	0,00001265	3,20045E-06
30000	18,8	0,388	1,2933E-05	5,01813E-06
40000	19,9	0,522	0,00001305	6,81210E-06
50000	20,5	0,642	0,00001284	8,24328E-06
60000	20,9	0,757	1,2617E-05	9,55082E-06
70000	19,4	0,896	0,0000128	1,14688E-05
80000	19,6	1,02	0,00001275	1,30050E-05
90000	19,7	1,15	1,2778E-05	1,46944E-05

Tabla 20 Datos adquiridos en la bandeja 4 con resistencias medianas



Gráfica 18 Potencia en 4 bandejas diferentes VS Resistencias medianas

En la gráfica 18 se evalúan las mismas cuatro bandejas de la gráfica 17 pero en este caso los valores de resistencia inician con 1K Ω y terminan en 90K Ω , es evidente que en esta comparación se visualiza la continuación de potencia de la anterior grafica (grafica 17), con un aumento en las cuatro bandejas, pero siendo más notorio el cambio en la bandeja numero 1 logrando producir una potencia de 763 μ W cuando la resistencia es de 90 K Ω , a esta misma resistencia la segunda bandeja logra producir una potencia de 146 μ W, la bandeja 3 una potencia de 23 μ W y por último la bandeja 4 suministra 15 μ W.

BANDEJA 1				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 1 (A)	Potencia 1 (W)
100000	25,1	8,78	0,0000878	7,70884E-04
200000	25,3	12,83	0,00006415	8,23045E-04
300000	25,4	15,39	0,0000513	7,89507E-04
400000	25,5	16,93	4,2325E-05	7,16562E-04
500000	25,6	18,34	0,00003668	6,72711E-04
600000	25,8	19,37	3,2283E-05	6,25328E-04
700000	25,9	19,86	2,8371E-05	5,63457E-04
800000	25,9	20,42	2,5525E-05	5,21221E-04
900000	25,9	20,87	2,3189E-05	4,83952E-04
1000000	25,9	21,19	0,00002119	4,49016E-04

Tabla 21 Datos adquiridos en la bandeja 1 con resistencias grandes

BANDEJA 2				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 2 (A)	Potencia 2 (W)
100000	24,1	4,01	0,0000401	1,60801E-04
200000	23,3	6,5	0,0000325	2,11250E-04
300000	23,6	8,59	2,8633E-05	2,45960E-04
400000	24,4	10,11	2,5275E-05	2,55530E-04
500000	23,5	11,48	0,00002296	2,63581E-04
600000	23,2	12,37	2,0617E-05	2,55028E-04
700000	23,5	13,07	1,8671E-05	2,44036E-04
800000	23,6	14,19	1,7738E-05	2,51695E-04
900000	23,8	14,75	1,6389E-05	2,41736E-04
1000000	23,1	14,88	0,00001488	2,21414E-04

Tabla 22 Datos adquiridos en la bandeja 2 con resistencias grandes

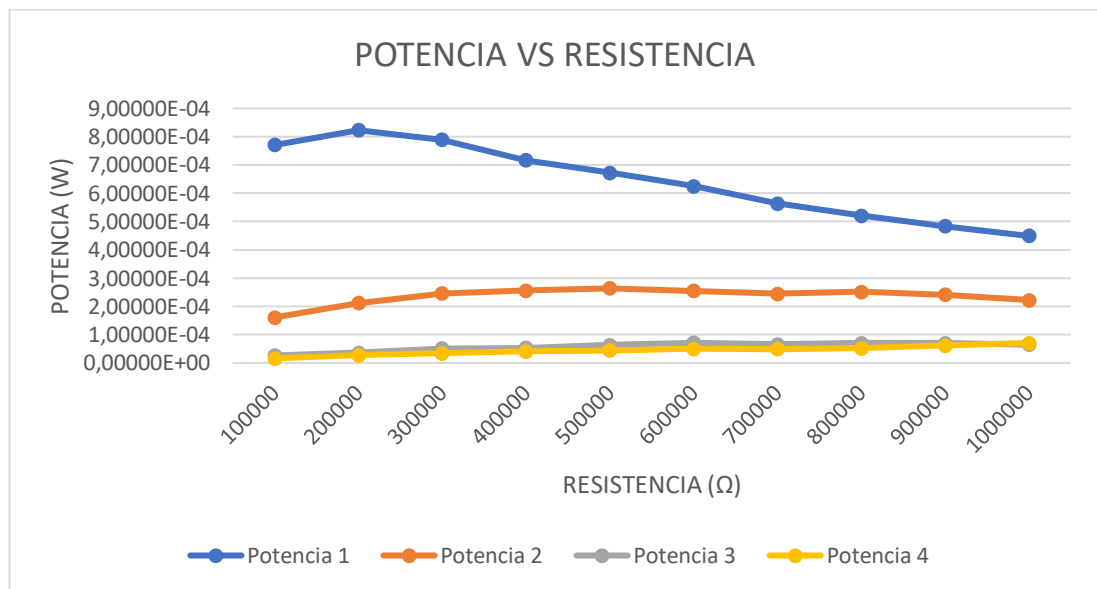
BANDEJA 3				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 3 (A)	Potencia 3 (W)
100000	19,8	1,62	0,0000162	2,62440E-05
200000	20,5	2,69	0,00001345	3,61805E-05
300000	19,7	3,93	0,0000131	5,14830E-05
400000	19,8	4,63	1,1575E-05	5,35923E-05
500000	20,5	5,64	0,00001128	6,36192E-05
600000	20,6	6,53	1,0883E-05	7,10682E-05
700000	20,7	6,76	9,6571E-06	6,52823E-05
800000	19,1	7,52	0,0000094	7,06880E-05
900000	20,6	7,95	8,8333E-06	7,02250E-05

1000000	20,6	8	0,000008	6,40000E-05
---------	------	---	----------	-------------

Tabla 23 Datos adquiridos en la bandeja 3 con resistencias grandes

BANDEJA 4				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente 4 (A)	Potencia 4 (W)
100000	19,8	1,27	0,0000127	1,61290E-05
200000	19,8	2,35	0,00001175	2,76125E-05
300000	19,7	3,18	0,0000106	3,37080E-05
400000	19,7	4,06	0,00001015	4,12090E-05
500000	19,9	4,68	0,00000936	4,38048E-05
600000	19,9	5,46	0,0000091	4,96860E-05
700000	19,7	5,81	0,0000083	4,82230E-05
800000	19,9	6,49	8,1125E-06	5,26501E-05
900000	19,7	7,43	8,2556E-06	6,13388E-05
1000000	19,7	8,41	0,00000841	7,07281E-05

Tabla 24 Datos adquiridos en la bandeja 4 con resistencias grandes



Grafica 19 Potencia en 4 bandejas diferentes VS Resistencias altas

Analizando la gráfica 19, la cual ilustra la potencia que se obtiene en cada una de las 4 bandejas a unos valores de resistencia que van de 100K Ω a 1 M Ω , se observa que la potencia 1, correspondiente a la bandeja 1, la cual ha venido aumentando con valores de resistencia bajos y medianos, en este caso después de 200K Ω , punto donde obtuvo su máximo valor de 823 μ W, comienza a disminuir sus valores hasta llegar a 449 μ W, en el caso de la bandeja 2 ha encontrado un valor de estabilización en aproximadamente 250 μ W, y la bandeja 3 y 4 siguen mostrando un leve aumento de potencia.

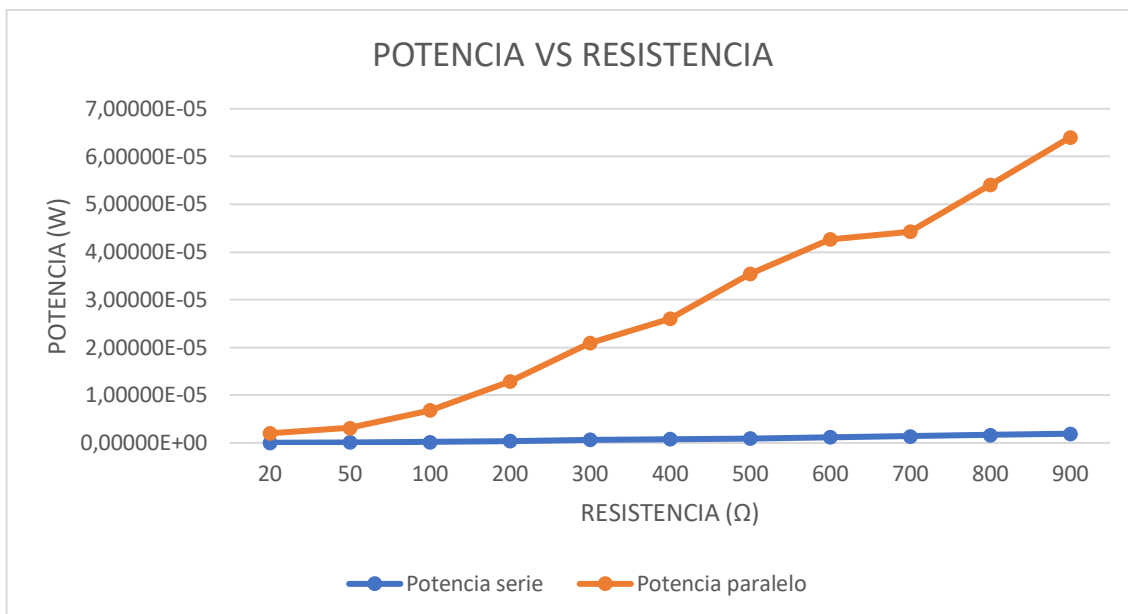
Después, de haber analizada la potencia de las 4 bandejas separadas, se realizó una conexión en serie y luego en paralelo, entre semilleros, capturando los siguientes resultados:

4 BANDEJAS EN SERIE				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente en serie (A)	Potencia en serie (W)
20	75,6	0,00088	4,40000E-05	3,87200E-08
50	75,7	0,00227	4,54000E-05	1,03058E-07
100	77,3	0,00456	4,56000E-05	2,07936E-07
200	77,3	0,00917	4,58500E-05	4,20445E-07
300	77,3	0,01429	4,76333E-05	6,80680E-07
400	78,4	0,01768	4,42000E-05	7,81456E-07
500	77,1	0,02195	4,39000E-05	9,63605E-07
600	78,7	0,02674	4,45667E-05	1,19171E-06
700	78,5	0,03132	4,47429E-05	1,40135E-06
800	78,9	0,03676	4,59500E-05	1,68912E-06
900	79,2	0,04165	4,62778E-05	1,92747E-06

Tabla 25 Datos adquiridos en las 4 bandejas en serie con resistencias pequeñas

4 BANDEJAS EN PARALELO				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente en paralelo (A)	Potencia en paralelo (W)
20	27,7	0,00634	3,17000E-04	2,00978E-06
50	27,3	0,01258	2,51600E-04	3,16513E-06
100	25,8	0,0261	2,61000E-04	6,81210E-06
200	25,7	0,05069	2,53450E-04	1,28474E-05
300	25,5	0,07918	2,63933E-04	2,08982E-05
400	25,5	0,102	2,55000E-04	2,60100E-05
500	26,1	0,133	2,66000E-04	3,53780E-05
600	25,9	0,16	2,66667E-04	4,26667E-05
700	26,9	0,176	2,51429E-04	4,42514E-05
800	25,4	0,208	2,60000E-04	5,40800E-05
900	25,5	0,24	2,66667E-04	6,40000E-05

Tabla 26 Datos adquiridos en las 4 bandejas en paralelo con resistencias pequeñas



Grafica 20 Potencia en serie y paralelos de 4 bandejas VS Resistencias bajas

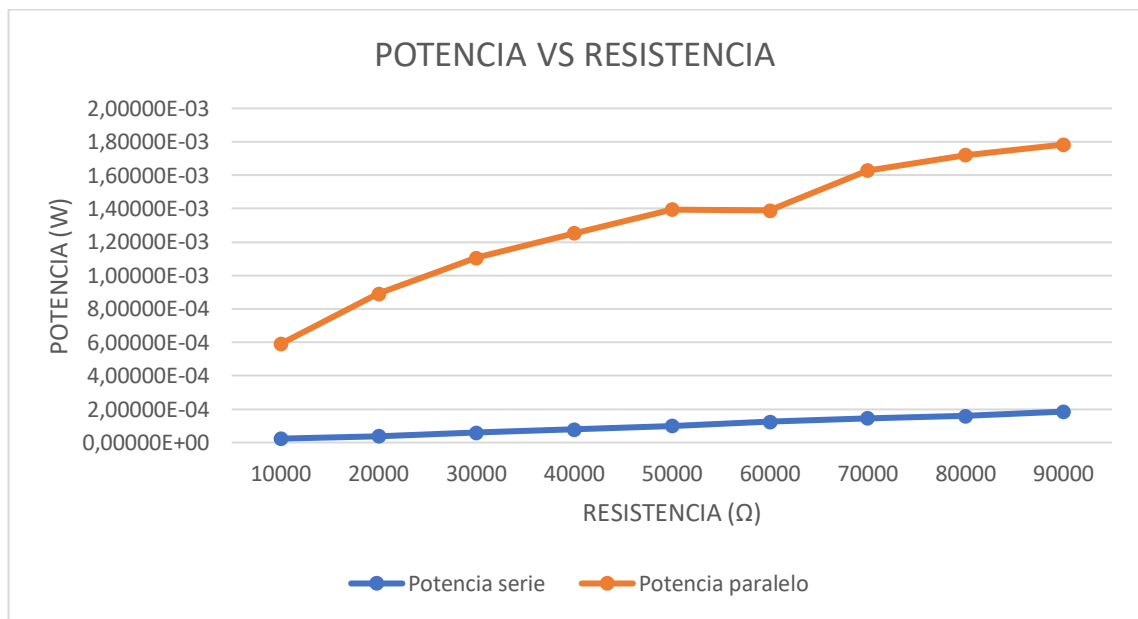
Al emplear valores de resistencia bajos como lo son de 20Ω a 900Ω, según la gráfica 20, se obtiene un mejor resultado, en cuanto a potencia, cuando se realiza una conexión en paralelo de las 4 bandejas de 50 cubos de tierra en serie, cada una, visto que presenta un aumento de valores que inicia con 2μW a 20Ω y finaliza con 64μW a 900Ω, en cuanto a la conexión en serie, de las mismas bandejas, presenta de igual forma un aumento de potencia pero con valores mínimos de diferencia, por tal motivo no es tan notorio como en la conexión en paralelo.

4 BANDEJAS EN SERIE				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente en serie (A)	Potencia en serie (W)
1000	78,7	0,04587	4,58700E-05	2,10406E-06
10000	80,4	0,481	4,81000E-05	2,31361E-05
20000	81,5	0,881	4,40500E-05	3,88081E-05
30000	80,6	1,34	4,46667E-05	5,98533E-05
40000	80,9	1,77	4,42500E-05	7,83225E-05
50000	80,5	2,22	4,44000E-05	9,85680E-05
60000	80,9	2,74	4,56667E-05	1,25127E-04
70000	81,3	3,2	4,57143E-05	1,46286E-04
80000	80,8	3,57	4,46250E-05	1,59311E-04
90000	80,7	4,08	4,53333E-05	1,84960E-04

Tabla 27 Datos adquiridos en las 4 bandejas en serie con resistencias medíanas

4 BANDEJAS EN PARALELO				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente en paralelo (A)	Potencia en paralelo (W)
1000	25,2	0,256	2,56000E-04	6,55360E-05
10000	25,8	2,43	2,43000E-04	5,90490E-04
20000	25,8	4,22	2,11000E-04	8,90420E-04
30000	25,7	5,76	1,92000E-04	1,10592E-03
40000	25,7	7,08	1,77000E-04	1,25316E-03
50000	26,3	8,35	1,67000E-04	1,39445E-03
60000	25,9	9,13	1,52167E-04	1,38928E-03
70000	26,4	10,68	1,52571E-04	1,62946E-03
80000	26,3	11,73	1,46625E-04	1,71991E-03
90000	26,5	12,67	1,40778E-04	1,78365E-03

Tabla 28 Datos adquiridos en las 4 bandejas en paralelo con resistencias medías



Gráfica 21 Potencia en serie y paralelos de 4 bandejas VS Resistencias medías

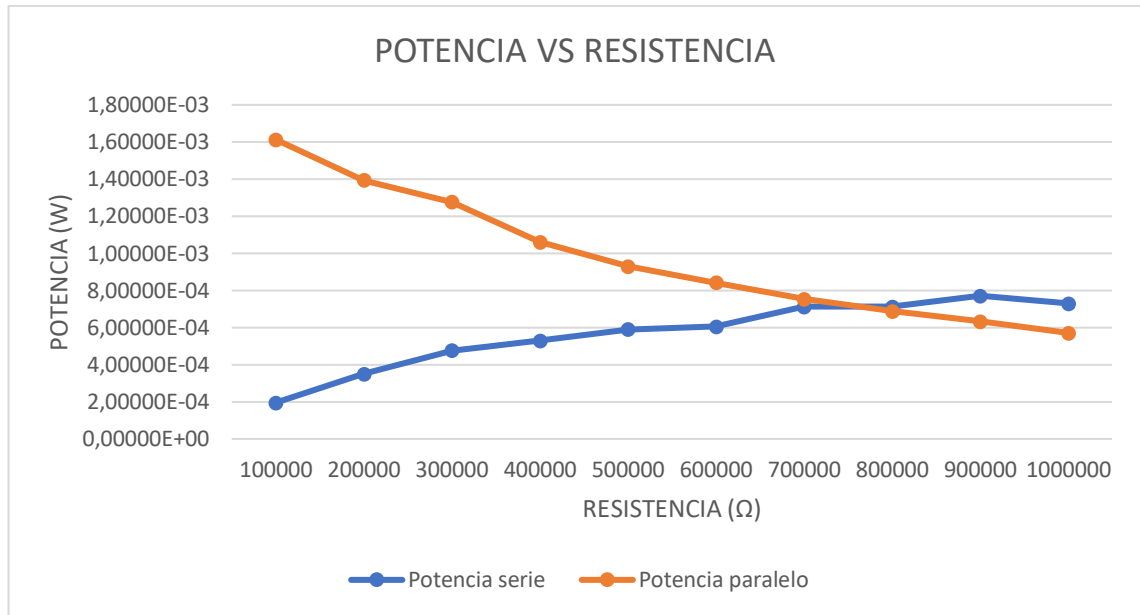
El comportamiento de la potencia en resistencias medías que van de 1K Ω a 90K Ω (gráfica 21), es el mismo que se evidencia a bajas resistencias (gráfica 20), el cual consiste en un aumento de potencia más significativo en la conexión en paralelo que en la conexión en serie, en este caso la máxima potencia en paralelo es de 1.78mW A 90K Ω , y en la conexión en serie, es importante mencionar que se evidencia aún más el aumento de potencia y se tiene un valor máximo de 184 μ W 90K Ω .

4 BANDEJAS EN SERIE				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente en serie (A)	Potencia en serie (W)
100000	82,1	4,42	4,42000E-05	1,95364E-04
200000	80,6	8,37	4,18500E-05	3,50285E-04
300000	81,4	11,95	3,98333E-05	4,76008E-04
400000	81	14,55	3,63750E-05	5,29256E-04
500000	80,5	17,16	3,43200E-05	5,88931E-04
600000	80,7	19,06	3,17667E-05	6,05473E-04
700000	80,2	22,32	3,18857E-05	7,11689E-04
800000	80,5	23,86	2,98250E-05	7,11625E-04
900000	80,9	26,35	2,92778E-05	7,71469E-04
1000000	80,9	27	2,70000E-05	7,29000E-04

Tabla 29 Datos adquiridos en las 4 bandejas en serie con resistencias grandes

4 BANDEJAS EN PARALELO				
Resistencia (Ω)	Voltaje sin carga (V)	Voltaje con carga (V)	Corriente en paralelo (A)	Potencia en paralelo (W)
100000	26,6	12,7	1,27000E-04	1,61290E-03
200000	26,4	16,69	8,34500E-05	1,39278E-03
300000	26,5	19,57	6,52333E-05	1,27662E-03
400000	26,6	20,6	5,15000E-05	1,06090E-03
500000	26,5	21,56	4,31200E-05	9,29667E-04
600000	26,5	22,46	3,74333E-05	8,40753E-04
700000	26,7	22,96	3,28000E-05	7,53088E-04
800000	26,8	23,45	2,93125E-05	6,87378E-04
900000	26,9	23,87	2,65222E-05	6,33085E-04
1000000	26,9	23,9	2,39000E-05	5,71210E-04

Tabla 30 Datos adquiridos en las 4 bandejas en paralelo con resistencias grandes



Grafica 22 Potencia en serie y paralelos de 4 bandejas VS Resistencias grandes

Según la gráfica 22, existe un valor límite máximo de potencia, en la conexión en paralelo, que después de ser alcanzado no permite seguir aumentado su valor, sino que por el contrario lo comienza a disminuir a medida que se va incrementando la resistencia, caso contrario sucede con la conexión en serie la cual si continúa aumentando sus valores de potencia a medida que aumenta la resistencia.

Para finalizar, basandose en la siguiente enfomacion: “Los citricos como las naranjas o los limones, son unos exelentes conductores de elctricidad, no producen mucha electricidad, pero si se conectan en serie varios de estos se podria producir suficiente energia. Para poder generar esta energia se necesita de unos componentes los cuales son: un limon, cable electrico, dos elementos metalicos y una bombilla pequeña. El proceso consiste en que el jugo del limon se encarga de disolver pequeñas cantidades de estos dos metales para que sus electrones reaccionen unos con otros. Los iones cargados negativamete fluyen por los cables creando una corriente electrica. El limon junto con el zinc y el cobre se transforman en una bateria. Y es aquí donde el jugo del limon ejerce su funcion, una reaccion quimica provoca la generacion de voltaje. Un error es creer que el citrico genera la electricidad. Lo que ocurre es que el elctrolito (el jugo) combinado con el zinc y el cobre, hace la bateria, la cual a su vez completa un circuito electrico [65]” se procedio a regar la tierra con jugo de limon (ver imagenes 59 y 60) esperando una aumento en la corriente, lo cual no sucedio, pero si se observo que al principio hubo una disminucion de voltaje en el sistema afectando su comportamiento, pero despues volvio a los mismo valores que venia manejando.



Imagen 59 Limón cocinado para hacer el jugo



Imagen 60 Bandejas regadas con el jugo de limón

Otra prueba que se realizó para lograr un aumento en la corriente, fue regar las bandejas de tierra con un producto agrícola (grafica 61) a base de hongos, provocado así la producción de hongos y bacterias en la tierra, este producto consiste en un polvo que debe ser disuelto en agua, 1g por litro de agua exactamente. En este caso tampoco hubo un buen resultado, por lo que no se vio ningún cambio en la corriente.



Imagen 61 Producto agrícola utilizado

5. Conclusiones y trabajos futuros

- Mediante un estudio de plantas se escogieron tres tipos diferentes comunes en la región las cuales fueron: la hierbabuena, el anís y la lechuga, para luego ser estudiado su comportamiento en el suministro de energía y así poder escoger aquella que brinde un mejor resultado para ser implementada en el sistema, siendo esta la hierbabuena.
- Para lograr obtener valores diferentes de voltaje y corriente se debe recurrir a las conexiones en serie y paralelo propias de una batería, por lo tanto, es necesario tener varios cubos de tierra separados con sus respectivos electrodos para obtener varias fuentes de energía pequeñas y así poder realizar dichas conexiones.
- La obtención de un valor grande de voltaje no garantiza que el sistema pueda alimentar todo tipo de cargas, debido a que la corriente que se requiere no es producida por la fuente y por ende debe recurrir a la compensación de voltaje-corriente.
- La tierra juega un papel importante en la obtención de energía a través de las plantas, debido a que ella suministra las bacterias necesarias para el proceso de formación y transporte de electrones, por lo tanto, el agregar compuestos o mezclas ricas en microorganismos ayudaran a tener un mejor resultado.
- Las celdas microbianas son una fuente de energía que actualmente se encuentran en estudio debido a los pocos niveles de potencia que logran suministrar, y esto sumado a que el proyecto abarca otras ciencias de estudio como los son: la física, agronomía y la química, se ha dificultado el desarrollo de este prototipo puesto que requiere una mayor profundización respecto a estas áreas.
- Actualmente existen varios métodos de obtención de energía renovable potencializados gracias al desarrollo de sus estudios, aunque esta fuente de energía hoy en día no posee una eficacia semejante a estas, actualmente se han obtenido grandes avances que permiten afirmar que en futuro podría llegar a ser una gran fuente de energía alternativa.

Bibliografía

- [1] Energía Nuclear, «Energía Eléctrica. ¿Qué Es?,» 25 11 2016. [En línea]. Available: <https://energia-nuclear.net/definiciones/energia-electrica.html>.
- [2] Roberto, «Twenergy,» 1 2 2012. [En línea]. Available: <https://twenergy.com/a/que-es-la-energia-electrica-381>.
- [3] Cidead, «La Energía y el Medio Ambiente».
- [4] Universidad de Talca, «Ener16 Simposio Energías Renovables 2016,» 13 5 2016. [En línea]. Available: <http://www.ener16.otalca.cl/energias-renovables-en-el-mundo-el-futuro-y-la-solucion/>.
- [5] M. M. Monsalve, «¿Esta enredado el camino de las energías renovables en Colombia?,» *El Espectador*, 20 Julio 2016.
- [6] Diario ABC, «Diario ABC,» 8 Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://www.abc.es/ciencia/20140818/abci-graves-efectos-fukushima-201408180521.html>.
- [7] República de Colombia - Gobierno Nacional, 12 Julio 1994. [En línea]. Available: http://www.upme.gov.co/normatividad/upme/ley_143_1994.pdf.
- [8] Rama ejecutiva del poder público - Colombia, «Alcaldía de Bogotá,» 27 Diciembre 2000. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21971>.
- [9] Naciones Unidas, «United Nations Framework Convention on Climate Change,» 2014. [En línea]. Available: http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php.
- [10] República de Colombia - Gobierno Nacional, «Alcaldía de Bogotá,» 5 Octubre 2001. [En línea]. Available: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>.
- [11] República de Colombia - Gobierno Nacional, «AJ - Avance Jurídico,» 13 Mayo 2012. [En línea]. Available: http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html.
- [12] Cámara de Comercio de Cali, «Cámara de Comercio de Cali,» 13 Abril 2016. [En línea]. Available: <http://www.ccc.org.co/file/2016/04/Ritmo-Bioenergia-Bioenergia.pdf>.
- [13] Ministerio de Educación Nacional, «Ministerio de Educación Nacional,» [En línea]. Available: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>.

- [14] M. Venegas, J. Pasqualino y C. Cabrera, «Los Impactos Ambientales de la Implementación de las Energías Eólica y Solar en el Caribe Colombiano,» *Prospectiva*, vol. 13, nº 1, pp. 68 - 75, 2015.
- [15] C. Bordons, F. García-Torres y L. Valverde, «Gestión Óptima de la Energía en Microrredes con Generación Renovable,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 12, nº 2, pp. 117 - 132, 2015.
- [16] R. Lasseter, «Microgrids,» *In Power Engineering Society Winter Meeting IEEE*, vol. 1, pp. 305 - 308, 2002.
- [17] E. García, A. Correcher, E. Quiles y F. Morant, «Recursos y sistemas energéticos renovables del entorno marino y sus requerimientos de control,» *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 13, nº 2, pp. 141 - 161, 2016.
- [18] Congreso de Colombia, «Ley 1715 de 2014,» Bogotá D.C, 2014.
- [19] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Decreto 2820,» Bogotá D.C, 2010.
- [20] E. p. d. Medellín, «Parque Eólico Piloto Jepirachi,» Medellín, 2002.
- [21] Desconocido, «Fotosíntesis,» pp. 199-220.
- [22] A. Melis y T. Happe, «Hydrogen Production. Green Algae as Source of Energy,» *Plant Physiology*, vol. 127, pp. 740-748, 2001.
- [23] K. Nath, M. M. Najafpour y R. A. e. a. Voloshin, «Photobiological hydrogen production and artificial photosynthesis for clean energy: from bio to nanotechnologies,» *Photosynthesis Research*, vol. 126, nº 2, pp. 237-247, 2015.
- [24] A. Falcón, E. Lozano y K. Juárez, «Bioelectricidad,» Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- [25] L. Xiao y Z. He, «Applications and perspectives of phototrophic microorganisms for electricity generation from organic compounds in microbial fuel cells,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 37, pp. 550-559, 2014.
- [26] N. Kaku, N. Yonezawa, Y. Kodama y K. Watanabe, «Plant/microbe cooperation for electricity generation in a rice paddy field,» *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 79, nº 1, pp. 43-49, 2008.
- [27] G. Bultrón y Pérez Jaime, «Producción de Electricidad en Celdas de combustible microbianas utilizando agua residual,» *revista especializada en Ciencias Químicas - Biológicas*, p. 7, 2011.
- [28] M. A. Pérez, «Blogthinkbig.com,» 9 6 2015. [En línea]. Available: <http://blogthinkbig.com/generar-electricidad-partir-plantas/>.

- [29] Equipo corporativo Bioo, «Bioo,» [En línea]. Available: <http://www.bioo.tech/>. [Último acceso: 7 Marzo 2017].
- [30] Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC, «"Plantalámparas": Plantas que dan luz,» [En línea]. Available: <https://www.utec.edu.pe/ingenio-en-accion/plantalamparas-plantas-que-dan-luz>. [Último acceso: 7 Marzo 2017].
- [31] R. Ramasamy y Umasankar Yogeswaran, «Tendencias de la Ingeniería,» 2013. [En línea]. Available: https://www.tendencias21.net/Logran-obtener-electricidad-de-las-plantas_a18112.html. [Último acceso: 15 junio 2019].
- [32] M. M. Gonzales, A. Resendiz Dimas , L. A. Machica Pulido y M. S. Medina Juarez, «Generacion de Electricidad a base de Fotosíntesis,» *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuaria*, p. 7, 2017.
- [33] A. deHumboldt, «Fotosíntesis artificial. Comparacion con el mecanismo natural.,» *Revista Cubana de Fisica* , vol. 30, nº 1(2013), p. 5, 2013.
- [34] D. Sanz, «Ecología Verde,» 12 6 2010. [En línea]. Available: <http://www.ecologiaverde.com/lampara-que-funciona-con-energia-generada-por-plantas/>.
- [35] C. Dallus y P. Carmona, «Prototipo que usa la fotosíntesis de las plantas para generar energia electrica,» *El Espectador*, 27 06 2016.
- [36] «Definicion ABC,» 2007. [En línea]. Available: <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/fuentes-de-energia.php>.
- [37] Enciclopedia de Ejemplos, «10 Ejemplos de Energias Renovables y No Renovables,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.ejemplos.co/10-ejemplos-de-energias-renovables-y-no-renovables/>.
- [38] Foro Nuclear, «Rincon Educativo. Fuentes de Energias No Renovables,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/fuentes-de-energia-no-renovables>.
- [39] ACCIONA, «Energias Renovables,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.accion.com/es/energias-renovables/>.
- [40] Fernando, «ERENOVABLE.COM,» 3 11 2015. [En línea]. Available: <http://erenovable.com/energias-renovables/>.
- [41] Portal Educativo, «Portal Educativo, Conectando Neuronas,» 05 09 2014. [En línea]. Available: <https://www.portaleducativo.net/cuarto-basico/634/Fotosintesis>.
- [42] «Kham Academy,» 2016. [En línea]. Available: <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/introduction-to-stages-of-photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis>.

- [43] Estiier, «ELBLOGVERDE.COM,» 23 12 2015. [En línea]. Available: <http://elblogverde.com/fotosintesis-como-se-produce/>.
- [44] Canguro, «ELBLOGVERDE.COM,» [En línea]. Available: <http://elblogverde.com/efecto-invernadero-y-calentamiento-global/>.
- [45] M. A. Bermudez Montaña y E. D. Bernal Aragon, «Implementacion de una celda de combustible microbiana a escala laboratorio para generacion de energia electrica,» Bogota, 2018.
- [46] C. Bello , A. Isasi, A. Puerto , G. Tomas y R. Vicente, «Fisica y Quimica 1 de BAC,» [En línea]. Available: <http://www.iesdmjac.educa.aragon.es/departamentos/fq/temasweb/FQ1BAC/FQ1BAC%20Tema%20%20Reacciones%20quimicas/index.html>.
- [47] J. Perez Porto y M. Merino, «Definicion.de,» 2015. [En línea]. Available: <https://definicion.de/reacciones-redox/>.
- [48] *Baterias en serie o Paralelo*, Barcelona, 2018.
- [49] Profesor en línea, «Profesor en línea,» [En línea]. Available: http://www.profesorenlinea.cl/Quimica/oxido_reduccion.htm. [Último acceso: Mayo 2017].
- [50] E. Castells, «Las pilas de combustible,» de *Energía, Agua, Medioambiente, territorialidad y Sostenibilidad*, Madrid, Diaz de Santos S.A., 2012, p. 347.
- [51] Fundación Educativa Héctor A. García, «Reacciones Químicas Electroquímica,» [En línea]. Available: http://www.salonhogar.net/quimica/nomenclatura_quimica/electroquimica.htm . [Último acceso: Mayo 2017].
- [52] «Eco Inventos - como hacer Humus de lombriz paso a paso,» 13 05 2019. [En línea]. Available: <https://ecoinventos.com/como-hacer-humus-de-lombriz/>. [Último acceso: 15 06 2019].
- [53] C. A. Borrero, «infoAgro.com,» [En línea]. Available: https://www.infoagro.com/documentos/abonos_organicos.asp. [Último acceso: 15 06 2019].
- [54] c. l. p. d. m. localidad, «Porque son importantes las Plantas,» [En línea]. Available: <http://reservaeleden.org/plantasloc/intro/importancia.html>. [Último acceso: 15 06 2019].
- [55] «Cultura 10.org,» 11 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.cultura10.org/colombiana/flora/>. [Último acceso: 15 06 2019].
- [56] J. V. O. Lopez, «Efecto de varias dosis de fertilizante integrado en el comportamiento agronomico del cultivo de hierbabuena,» Milagro - Ecuador, 2013.

- [57] Condemed, «el huerto urbano.net,» Condemed, 2019. [En línea]. Available: <https://www.elhuertourbano.net/hortalizas/la-lechuga/>. [Último acceso: 10 06 2019].
- [58] M. C. Muñoz y J. L. Medina Pitalua, «Aspectos Agronomicos para la produccion de anis de monte en temporal en ocuituco, morales,» *Scielo*, 2010.
- [59] «El Analisis de suelo marca diferencias en la Agricultura,» *Agronet MinAgricultura*, p. 1, 2018.
- [60] J. Restrepo, «Como Aporta la cascarilla de arroz en el abono fermentado,» [En línea]. Available: <https://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=4737>. [Último acceso: 15 06 2019].
- [61] F. T. Gonsales, «Panamahitek,» 5 02 2014. [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/lm335-sensor-de-temperatura-para-arduino/>. [Último acceso: 16 06 2019].
- [62] J. Ignacio, «Arduino,» 19 01 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>. [Último acceso: 16 06 2019].
- [63] «Vistronica,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.vistronica.com/sensores/modulo-sensor-de-voltaje-detail.html>. [Último acceso: 16 06 2019].
- [64] «tdrobotica.co,» [En línea]. Available: <http://tdrobotica.co/categoria/13>. [Último acceso: 16 06 2019].
- [65] A. I. Laguna, «El Caraboñero,» 12 08 2017. [En línea]. Available: <https://www.el-carabobeno.com/los-citricos-producen-electricidad/>.
- [66] C. D. -. p. carmona, «prototipo que usa la fotosintesis de las plantas para generar energia electrica.,» *El Espectador*, 27 - 06 -2016.