

**PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA PLANTA *Labiada e Poaceae* EN SUELOS *Limosos y Turbas* EN LA VEREDA SAN QUINTÍN DEL MUNICIPIO PUEBLO BELLO, CESAR**



**DUARTE SIERRA ALEX DAVID  
PEÑATE CAMPO ALEJANDRA VANESA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTADA INGENIERIA Y TECNOLOGIA  
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR CESAR  
2020**



CO-SC-CER518726



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

**PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA PLANTA Labiada e  
Poaceae EN SUELOS Limosos y Turbas EN LA VEREDA SAN QUINTÍN DEL  
MUNICIPIO PUEBLO BELLO, CESAR**

**DUARTE SIERRA ALEX DAVID  
PEÑATE CAMPO ALEJANDRA VANESA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OBTAR POR EL TITULO DE INGENIEROS  
AMBIENTALES Y SANITARIOS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: SOSTENIBILIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL  
SUB LÍNEA: ENERGÍA ALTERNATIVA**

**KARINA PAOLA TORRES CERVERA  
DIRECTOR DEL PROYECTO**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTADA INGENIERIA Y TECNOLOGIA  
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR CESAR  
2020**



CO-SC-CER518726



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecidos con Dios por ser nuestro acompañante y nuestra guía a lo largo de nuestro proyecto y estudios, por permitirnos llegar a este momento tan importante de nuestra formación profesional, por cada regalo de gracia que nos ha dado una prueba más de su fidelidad. Gracias a nuestros padres porque fueron unos pilares fundamentales demostrándonos todo el tiempo que con paciencia y perseverancia obtendremos éxito y más si le damos el primer lugar a Dios en nuestras vidas, además le somos agradecidos por los valores que nos han dado y la oportunidad de conseguir nuestros sueños. Gracias a Adriana Duarte por ser una gran asesora, por tu confianza, por tu paciencia y sobre todo los consejos que siempre nos brindaste, siendo tu un apoyo incondicional en este proyecto.

Gracias a nuestra directora de tesis Karina Torres por tu apoyo y colaboración a lo largo del proyecto. A nuestros evaluadores Alcides Torregrosa y Juan Castillejo por sus sugerencias, dedicación y esfuerzo lo cual nos motivó cada día a culminar con éxito el proyecto. Sobre todo, gracias a la Universidad Popular del Cesar por esa gran oportunidad que nos han dado de estudiar allí y poder culminar nuestros estudios, a los laboratorios de ingeniería ambiental y sanitaria por facilitarnos los materiales necesarios para la ejecución del proyecto, porque sin ello esto no fuera sido posible.



CO-SC-CER518726



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	13
<b>1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	18
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL</b> .....	18
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	18
<b>4. MARCO REFERENCIAL</b> .....	19
<b>4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION</b> .....	19
<b>4.2. MARCO TEÓRICO</b> .....	22
<b>4.3. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	64
<b>4.4. MARCO CONTEXTUAL</b> .....	68
<b>4.5. MARCO LEGAL</b> .....	71
<b>5. MARCO METODOÓGICO</b> .....	77
<b>5.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN</b> .....	77
<b>5.2. DISEÑO</b> .....	77
<b>5.3. POBLACIÓN Y MUESTRA</b> .....	77
<b>5.4. DESARROLLO METODOLÓGICO</b> .....	78
<b>6. RESULTADOS Y ANALISIS</b> .....	90
<b>6.1 ETAPA 1: IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS Y SUELOS</b> .....	90



CO-SC-CER518726



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

6.2	ETAPA 2: ANALISIS DE LOS SUELOS LIMOSOS Y TURBA.....	99
6.3	ETAPA 3. CÁLCULO DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR LA RELACIÓN PLANTA – SUELO Y LA EFICIENCIA PRODUCIDA .....	109
6.4	FASE 4. PLANTEAR LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA 119	
7.	CONCLUSIONES .....	121
8.	RECOMENDACIONES .....	124
9.	BIBLIOGRAFÍA .....	125



CO-SC-CER518726



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Composición del suelo.....	28
Ilustración 2: Localización de la vereda san quintín y cómo llegar a ella. ....	69
Ilustración 3: Entrada a la Vereda San Quintín del Municipio Pueblo Bello-Cesar.	70
Ilustración 4: Labiada (Orenga, Oregarra, Díctamo crético, Mejorana).....	90
Ilustración 5: Cymbopogon citratus.....	91
Ilustración 6. Textura correspondiente a la muestra analiza .....	96



CO-SC-CER518726



## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Destrucción del suelo .....	34
Diagrama 2: Proceso de fotosíntesis en la planta.....	39



CO-SC-CER518726



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de Suelo según su textura.....	31
Tabla 2: Tipos de Suelo por sus características físicas .....	33
Tabla 3. Marco legal .....	71
Tabla 4: Guía desarrollo de la metodología .....	78
Tabla 5: Observaciones de la planta origanum vulgare .....	91
Tabla 6. Observaciones de la planta Cymbopogon citratus .....	92
Tabla 7: Datos para la determinación de la textura.....	94
Tabla 8: Corrección de la temperatura.....	94
Tabla 9: Identificación del tipo de turba según la norma DIN 11.540 .....	97
Tabla 10: Clasificación de los suelos según su conductividad eléctrica .....	100
Tabla 11: Clasificación del PH de los suelos .....	100
Tabla 12: Clasificación del CIC de los suelos. ....	103
Tabla 13: Valores obtenidos del conteo de bacteria tanto para suelo limoso .....	107
Tabla 14:Valores obtenidos del conteo de bacteria tanto para suelo turba .....	107
Tabla 15: Valores obtenidos del conteo de hongos tanto para suelo limoso .....	108
Tabla 16: Valores obtenidos del conteo de hongos tanto para suelo turba .....	108
Tabla 17: Relaciones planta-suelo establecida.....	110
Tabla 18. Voltaje producido en la relación planta-suelo.....	111
Tabla 19: Valores de Promedio de voltaje mensual producido en la práctica. ....	113
Tabla 20: Relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en labiada (orégano) + suelo limoso .....	114
Tabla 21: Relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en labiada (orégano) + suelo turba .....	115



CO-SC-CER518726



Tabla 22: Relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en Poaceae (paja de limón) + suelo limoso .....	116
Tabla 23: Relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en Poaceae (paja de limón) + suelo turba .....	117



CO-SC-CER518726



## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Intercambio catiónico. ....	83
Ecuación 2. ....	93
Ecuación 3. ....	95
Ecuación 4. ....	95
Ecuación 5. ....	95
Ecuación 6. ....	96
Ecuación 7. ....	114



CO-SC-CER518726



## LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Valores de voltajes promedio por muestra-hora.....	112
Gráfica 2: Promedio de voltaje mensual producido relación planta suelo.....	113
Gráfica 3: Comparación de las relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en labiada (orégano) + suelo limoso.....	115
Gráfica 4: Comparación de las relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en labiada (orégano) + suelo turba.....	116
Gráfica 5: Comparación de las relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en Poaceae (paja de limón) + suelo limoso.....	117
Gráfica 6: Comparación de las relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en Poaceae (paja de limón) + suelo turba.....	118



CO-SC-CER518726



## INTRODUCCIÓN

En Colombia la producción de energía primaria proviene de la hidroelectricidad, debido a la gran concentración del agua en la mayoría de las zonas del país, y a su vez la gran cantidad de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), en algunos lugares del país su aprovechamiento es fácil, pero en zonas rurales donde el traslado de este tipo de energía genera muchos costos su acceso es difícil. Las energías alternativas o renovables son las que se aprovechan directamente de recursos considerados inagotables como en el caso del sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra.

Dicho esto, el objetivo de este proyecto es producir energía eléctrica mediante la planta *Labiadas e Poaceae* en suelos *Limosos y Turbas* en la vereda San Quintín del Municipio de Pueblo Bello en el Departamento del Cesar, dicho objetivo fue planteado, pensando en la importancia de contar con un servicio de energía eléctrica al alcance de todos.

A partir de lo anterior se implementó una relación planta-suelo, y que gracias al proceso de la fotosíntesis de las plantas y su interacción con el suelo logran generar electricidad, mediante el proceso químico de transformación de sustratos inorgánicos a materia orgánica rica en energía, con el fin de almacenar dicha energía y ser utilizadas con diferentes fines; además de ser una fuente de energía alternativa ecoeficiente y renovable, logrando así evitar que las comunidades accedan a la quema de biomásas que generan contaminación al medio ambiente.



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Recordemos que en Colombia la producción de energía primaria proviene de la hidroelectricidad, por la abundancia de agua en la mayoría de zonas del país, y en un segundo lugar de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), cuyas reservas ya se están agotando según la agencia internacional de energía (AIE) dice que la base de la vida moderna del mundo depende en un 80% del petróleo y que a medida que los países se industrializan y sus poblaciones aumentan, también crece el consumo de energía (Inter electrica, 2017, 2017).

De acuerdo a la unidad de planeación nacional minero energética (UPME), las energías renovables cubren actualmente cerca del 20% del consumo mundial de electricidad. Como la energía comercial es indispensable para el desarrollo, los países pobres son los que utilizan una cantidad muy escasa de energía, concentrándose el uso intensivo en los llamados países industrializados o desarrollados (Inter electrica, 2017, 2017).

El agotamiento de las fuentes tradicionales de energía (combustibles fósiles) ha puesto a la mayoría de países del mundo a encontrar soluciones en energías alternativas. Colombia tiene un gran potencial en la generación de este tipo de energías por su posición geográfica y se encuentra trabajando en ello. Las energías alternativas o renovables son las que se aprovechan directamente de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra (Inter electrica, 2017, 2017).



Por eso el Gobierno Nacional en los últimos años ha invertido en el desarrollo y aplicación de tecnologías alternativas de producción de energía, que funcionen con recursos renovables, para solucionar el problema de la crisis energética mundial y contribuir a un medio ambiente más limpio (Inter electrica, 2017, 2017). La problemática de la presente investigación se centra en la vereda “San Quintín”, ubicada en el Municipio de Pueblo Bello - Cesar, sus principales actividades económicas hacen referencia a la agricultura y la ganadería, por lo cual los jóvenes y niños que hacen parte de esta comunidad, tienen como hábito asistir a las institución de formación en horas de la mañana, realizar las tareas del campo por la tardes y cumplir con sus deberes de estudios en la noche; para poder desarrollar estas actividades nocturnas, hacen uso de mechones a base de combustible (petróleo) lo cual limita una adecuada visualizaciones de las actividades realizadas.

Si bien, no solo los jóvenes son afectados, sino toda la comunidad, ya que es mucho más difícil realizar actividades imprevistas en horas nocturnas, como dar primeros auxilios a las crías de animales o personas con deterioro de salud, búsqueda de alimentos y lo más importantes, mantener una adecuada calidad de vida.

Actualmente la comunidad presenta ciertas falencias y se cree que una de las posibles causas, es la falta de energía eléctrica; lo que impide el desarrollo intelectual de los estudiantes que hacen parte de la verdad, debido a que sus estudios son inconclusos por falta de una adecuada iluminación.



A continuación, se expone, que es necesario indagar en la búsqueda de obtención o adquisición de energías alternativas, aprovechando la presencia de los recursos naturales que se encuentran presentes en la vereda, en aras de beneficiar a la comunidad y en especial a aquellos jóvenes que recurren a la educación formal, en posibles de un mejor futuro.

### **1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Puede considerarse la producción de energía eléctrica mediante la familia de planta labiada y los tipos de suelos limosos y turbas como una fuente de energía alternativa?



## 2. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación nació con el objetivo de fomentar el uso racional y eficiente de la energía y a su vez promover la utilización de energías alternativas según lo establecido en Ley 697 de 2001, en aras de proponer una nueva idea de energía alternativa, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas y aportar al desarrollo intelectual de los estudiantes de dicha vereda.

No obstante, es necesario mencionar que a través del presente estudio se logra proponer el establecimiento de producción de energía eléctrica, mediante la familia de planta labiada e Poaceae y los tipos de suelos limosos y turbas como una fuente de energía. Al mismo tiempo, dicho estudio sea tomado como fuentes de aportes para aquellas investigaciones que se deriven de la misma temática.

Dicho aporte social se centra en el beneficio, de proveer un sistema de energía “alternativa” a disposición de aquellos hogares que poseen pocos recursos económicos, pero que, aun así, son merecedores de un nivel de vida cómodo. Al igual es de gran importancia desde el punto de vista ambiental, ya que surge una idea novedosa para ayudar a preservar el medio ambiente y de esta manera utilizar los recursos naturales, garantizando su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución, como lo establece el artículo 80 Título II, Capítulo III de los derechos colectivos y del ambiente, en la Constitución Política de Colombia 1991.

A partir de lo anterior los avances generados mediante el presente estudio, puedan ser tomados como base de indicios que permitan estudiar y evaluar el



reemplazo de las energías no renovables, con el fin de implementar la disponibilidad energética de las fuentes de energía renovable, adaptando la Ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Producir energía eléctrica mediante la planta *Labiadas e Poaceae* en suelos *Limosos y Turbas* en la vereda San Quintín del Municipio Pueblo Bello en el Departamento del Cesar.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar qué tipo de plantas y suelos se presentan en la Vereda san Quintín.
- Analizar los suelos limosos y turba, a través del método fisicoquímico (conductividad, intercambio catiónico y Microbiológico).
- Calcular la cantidad de energía producida por la relación planta - suelo con respecto a la familia de plantas labiada e Poaceae y los suelos limosos y turbas, en aras de conocer su potencia y la eficiencia producida mediante la relación establecida.
- Plantear la utilización de la energía eléctrica, producida mediante la relación planta-suelo como una fuente de energía alternativa.



## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Autores: Isabel Mora, Vladimir Carrera, Milton Bozzo, Juan Carlos Barbaran, Lauren Wong, Jose Avalos, Marcello Barbieri, Angello Vindrola. (2015) y Profesores: Victor Freundt, Elmer Ramirez, Renzo Giudice, Julien Noel, Luis Peña, Víctor Murray, Ricardo Lópe de la universidad UTEC de Perú (2015).

La planta Lámpara; Esta innovación nace de un problema real que se produjo en la selva tropical del Amazonas de Perú, cuando 173 habitantes de la comunidad de Nuevo Saposoa quedaron sin electricidad como consecuencia de un huracán que había dejado el 42% de la población en la oscuridad. A partir de este problema, cuatro profesores y ocho estudiantes de la Universidad UTEC empezaron a desarrollar este dispositivo innovador fuera de la red para permitir a la gente de estas zonas rurales de Perú de volver a la vida normal. La Planta Lámpara consiste en una caja de madera con una rejilla de electrodos. La caja se llena de tierra y bacterias que crean la cama para alojar una sola planta pequeña.

La rejilla se conecta a una batería que alimenta una luz LED insertada en un brazo ajustable, fijado en el exterior de la caja. Con este método se creó un primer prototipo de la lámpara. También gracias al apoyo de la Agencia de publicidad FCB, se crearon después 10 otras lámparas, que se distribuyeron a los habitantes de la comunidad de Nuevo Saposoa. La Planta Lámpara es todavía un prototipo y si los estudios para su producción tendrán un buen éxito, el trabajo de la Universidad UTEC no sólo seguirá en vistas de proporcionar estas herramientas

para las comunidades forestales. Planes de trabajo futuro ya están en curso para que esta solución sostenible y de bajo costo pueda ser promovida a una escala más grande, dando una gran contribución al desarrollo ecológico global.

Autores: Avier Rodríguez, estudiante de Nanociencia y Nanotecnología de la UAB Pablo Manuel Vidarte y Rafael Rebollo, estudiantes de Ingeniería Multimedia de La Salle Universidad Ramon Llull (2015) Electricidad a partir de la fotosíntesis de las plantas; tiene como objetivos Comercializar paneles de 1 metro cuadrado que permitan abastecer los hogares con energía completamente limpia.

Este Sistema creado para aprovecha los residuos energéticos que las plantas expulsan y los transforma en energía eléctrica mediante unos paneles vegetales y una batería biológica. Permite generar una potencia de 3 a 40 vatios por metro cuadrado y es capaz de autoabastecerse y producir energía tanto de día como de noche, sin dañar las plantas y con un coste mínimo.

Autores: Marjolein Helder, Nanda Heshof, Daniel Groen y Paulien van Straten. compañía holandesa plant-e Chispa de la naturaleza (5 de noviembre del 2007) Compañía Plant-e; desarrolla productos en los que las plantas vivas generan electricidad. Para hacer esto posible, se utiliza la tecnología Cell Microbial Fuel Cell (P-MFC). Esta tecnología se desarrolló en la Universidad de Wageningen y se patentó en 2007. Plant-e es ahora el titular de la patente y trabaja continuamente en nuevas investigaciones y desarrollo de productos.

Este sistema funciona ya que una planta produce material orgánico a través de la fotosíntesis. Parte de este material orgánico es utilizado por la planta para su



propio crecimiento, pero no todo lo utiliza la planta. Esta parte restante se excreta a través de las raíces al suelo. En el suelo, alrededor de las raíces de la planta, las bacterias descomponen el material orgánico. En este proceso de degradación, los electrones se liberan como producto de desecho. La tecnología P-MFC asegura que podamos usar estos electrones como electricidad. La tecnología P-MFC asegura que podamos usar estos electrones como electricidad.



## 4.2. MARCO TEÓRICO

### 4.2.1. El suelo

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (Diego & Miranda, 2015).

El suelo es un sistema muy complejo que sirve como soporte de las plantas y como dispensa de agua y de otros elementos necesarios para el desarrollo de los vegetales. El suelo es conocido como un ente vivo en el que habitan gran cantidad de seres vivos como insectos y microorganismos (hongos y bacterias) que influyen en la vida y desarrollo de las plantas.

El suelo se encuentra en permanente evolución, es decir, sus características cambian de acuerdo al clima, a la presencia de animales, plantas y a la acción del hombre. Por lo tanto, un suelo natural, en el que la evolución es lenta, es muy diferente de uno cultivado. La pérdida de 1 cm/ha/año de sustrato equivale a la desaparición de 100 a 150 toneladas de suelo, factor que puede reducir hasta un 34% el rendimiento productivo agropecuario (Y, Ramirez , & Sanchez, 2012).



#### **4.2.1.1. Importancia del suelo**

De todos los dones de la naturaleza, ninguno es más indispensable para el hombre que el suelo, esta mezcla compleja de materia vegetal, animal y mineral que cubre el núcleo rocoso del globo terrestre a profundidades diversas es uno de los cuatro elementos primarios indispensables para la vida (Geólogos, 2010).

Según Chilón (2014), el suelo es un cuerpo natural e independiente, tridimensional y trifásico, complejo y dinámico, que está en perfecto equilibrio, que reacciona a los estímulos como un “ente vivo”, que nace, crece, desarrolla y puede morir, por su fragilidad merece respeto.

#### **4.2.1.2. Textura del suelo**

La textura del suelo es la proporción relativa de las fracciones de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del suelo es llamada textura del suelo. La textura está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de poros del suelo. Esto afecta prácticamente a todos los factores que participan en el crecimiento de las plantas. La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrimentos y la resistencia a la penetración por las raíces. También tiene influencia sobre las propiedades físicas relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la degradación tal como la agregación (Plaster, 2000).



#### 4.2.1.3. Propiedades del Suelo

El suelo está formado por varios componentes: rocas, arena, arcilla, humus o materia orgánica en descomposición, minerales y otros elementos en diferentes proporciones. El conjunto de alteraciones que sufren las rocas, hasta llegar a constituir el suelo, se denomina, meteorización; proceso que consiste en el deterioro y la transformación que se produce en la roca al fragmentarse por acción de factores físicos, químicos, biológicos y geológicos (Carvajal, 2001).

- **Físicas:** Las características físicas son en gran parte responsables del buen desarrollo de las plantas. pero muy pocas veces se les tiene en cuenta. pues generalmente sólo se consideran las características químicas. En realidad. para que exista un medio óptimo para el crecimiento de las plantas debe darse una interacción dinámica entre las características físicas. químicas y biológicas del suelo.

Las propiedades físicas pueden ser: Fundamentales. aquellas que no se derivan de otras y se encuentran dentro de este grupo el color. la textura. la estructura. la densidad. la consistencia. la temperatura. etc. Derivadas. que. como su nombre lo indica. son todas las que nacen de la Interacción de las fundamentales (Carvajal, 2001).

- **Químico:** Dentro de todos los procesos que se dan en el suelo. El más importante es el intercambio iónico. Junto con la fotosíntesis. Son los dos procesos de mayor importancia para las plantas. El cambio iónico es debido casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica. La



capacidad de intercambio catiónico se define como el número de cargas negativas del suelo y se expresa en meq/ 100g de suelo. Aumentos en el pH traen como consecuencia un incremento en las cargas negativas. ya que el aluminio se precipita. la concentración de hidrogeniones disminuye. por lo tanto, la ele aumenta (Carvajal, 2001).

- **Biológicas:** La biología del suelo es la ciencia que se ocupa del estudio de los organismos que de una u otra forma actúan sobre el suelo modificando su composición, su estructura y su funcionamiento. los animales y plantas hacen que las rocas se fragmenten en trozos más pequeños, por la presión de las raíces de las plantas al crecer y por la acción de los animales al excavar; estos restos de animales y plantas a través del tiempo después de un proceso largo de descomposición, forman lo que se llama humus. (Carvajal, 2001).

#### 4.2.1.4. Fertilidad del Suelo

Una definición clásica de fertilidad del suelo es la de Casanova (2005), “La fertilidad es el potencial que un suelo tiene para suplir los elementos nutritivos en las formas, cantidades y proporciones requeridas para lograr un buen crecimiento y rendimiento de las plantas”. Entre otras definiciones “La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas”.



#### **4.2.1.5. Fertilidad Física del Suelo**

La fertilidad física, valora al suelo como un soporte material adecuado de la raíz, haciendo también referencia a la dinámica de los fluidos agua y gases en su interior, desde este punto de vista, el suelo proporciona un medio adecuado a la germinación de las semillas y al desarrollo óptimo del aparato radicular; posee una buena aireación y una turnicidad estable, una capacidad de retención hídrica apropiada, junto con un régimen de circulación de agua que posibilita un buen drenaje sin llegar a provocar un lavado excesivo así como una estructura estable que implique resistencia frente a procesos erosivos (Y, Ramirez , & Sanchez, 2012).

#### **4.2.1.6. Fertilidad Química del suelo**

Según Labrador (2001), la fertilidad química, define al estado físico-químico del medio y la importancia de la reserva y la disponibilidad de los elementos asimilables. Aspectos descritos por el pH, el potencial redox, la capacidad de intercambio, el contenido en macro y micronutrientes, etc. En el contexto físico – químico y químico, un suelo debe mantener una reserva adecuada de nutrientes en un estado de disponibilidad tal que permita su utilización por la planta y que cubra las necesidades del medio microbiano sin que se produzcan pérdidas.

#### **4.2.1.7. PH en el suelo**

La reacción de un suelo hace referencia al grado de acidez o basicidad del mismo y generalmente se expresa por medio de un valor de pH del sistema suelo-agua.

El pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno  $H^+$  según este valor, mejor su potencialidad de crecimiento. Del pH también dependen los procesos de humificación. En función del pH se producen distintos tipos de materia orgánica del suelo y propiedades que influyen directamente sobre el crecimiento vegetal como el movimiento y disponibilidad de los nutrientes o los procesos de intercambio catiónico (Infoagro, 2017).

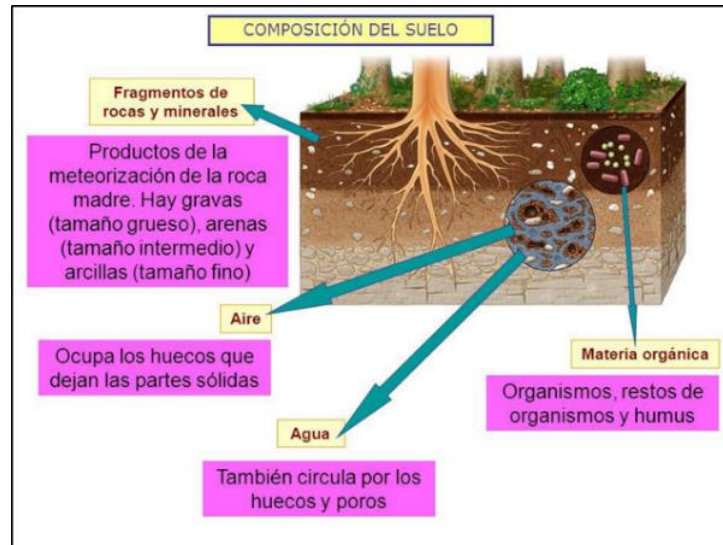
El pH influye sobre la movilidad de los diferentes elementos del suelo: en unos casos disminuirá la solubilidad, con lo que las plantas no podrán absorberlos; en otros el aumento de la solubilidad debida al pH, hará que para determinados elementos sea 16 máxima (por ejemplo, cuando hay mucha acidez se solubiliza enormemente el aluminio pudiendo alcanzarse niveles tóxicos). Cada planta necesita elementos en diferentes cantidades y esta es la razón por la que cada planta requiere un rango particular de pH para optimizar su crecimiento. (Infoagro, 2017).

#### **4.2.1.8. Conductividad eléctrica del suelo**

La conductividad eléctrica (CE) es la facilidad que ofrece el suelo al paso de la corriente eléctrica. Las unidades se expresan en mmhos/cm. La conductividad eléctrica es proporcional a la concentración de sales en solución, es decir a mayor concentración de sales mayor conductividad y esta medida también se halla en función a la temperatura (Caballero, Bustos, & Román, 2001).

#### 4.2.1.9. Composición del Suelo

Los animales, las plantas y los microorganismos que habitan en los ecosistemas terrestres se relacionan directamente con el suelo y dependen de él en gran medida, de las propiedades químicas y físicas que presenta (Ortega , 2014).



**Ilustración 1:** Composición del suelo

**Fuente:** Yenny mallcco Huamán (18/11/2015)

- Sólidos:** Este conjunto de componentes representa lo que podría denominarse el esqueleto mineral del suelo. Y entre estos, componentes sólidos, del suelo destacan:
  - Silicatos, tanto residuales o no completamente meteorizados, (micas, feldespatos, y fundamentalmente cuarzo).

- Como productos no plenamente formados, singularmente los minerales de arcilla, (caolinita, illita, etc.).
- Óxidos e hidróxidos de Fe (hematites, limonita, goethita) y de Al (gibbsita, boehmita), liberados por el mismo procedimiento que las arcillas.
- Clastos y granos poli minerales como materiales residuales de la alteración mecánica y química incompleta de la roca originaria.
- Otros diversos compuestos minerales cuya presencia o ausencia y abundancia condicionan el tipo de suelo y su evolución, como el carbonato (calcita, dolomita), sulfatos (aljez) y el Cloruros y nitratos.

Sólidos de naturaleza orgánica o complejos órgano-minerales, la materia orgánica muerta existente sobre la superficie, el humus o mantillo:

- Humus joven o bruto formado por restos distinguibles de hojas, ramas y restos de animales. Humus elaborado formado por sustancias orgánicas resultantes de la total descomposición del humus bruto, de un color negro, con mezcla de derivados nitrogenados (amoníaco, nitratos), hidrocarburos, celulosa, etc. Según el tipo de reacción ácido-base que predomine en el suelo, éste puede ser ácido, neutro o alcalino, lo que viene determinado también por la roca madre y condiciona estrechamente las especies vegetales que pueden vivir sobre el mismo. (Ortega , 2014)

- **Líquidos:** Esta fracción está formada por una disolución a causa de las sales y los iones más comunes como Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, así como por una amplia serie de sustancias orgánicas. La importancia de esta fase líquida en el suelo estriba en que éste es el vehículo de las sustancias químicas en el seno del sistema (Ortega , 2014).

El agua en el suelo puede estar relacionada en tres formas diferentes con el esqueleto sólido:

- Tipos de líquido en el suelo: La primera, está constituida por una partícula muy delgada, en la que la fuerza dominante que une el agua a la partícula sólida es de carácter molecular, y tan sólida que esta agua solamente puede eliminarse del suelo en hornos de alta temperatura. Esta parte del agua no es aprovechable por el sistema radicular de las plantas. La segunda es retenida entre las partículas por las fuerzas capilares, las cuales, en función de la textura pueden ser mayores que la fuerza de la gravedad. Esta porción del agua no percola, pero puede ser utilizada por las plantas (Ortega , 2014).

Finalmente, el agua que excede al agua capilar, que en ocasiones puede llenar todos los espacios intersticiales en las capas superiores del suelo, con el tiempo percola y va a alimentar los acuíferos más profundos. Cuando todos los espacios intersticiales están llenos de agua, el suelo se dice saturado (Ortega , 2014).

- **Gases:** La fracción de gases está constituida fundamentalmente por los gases atmosféricos y tiene gran variabilidad en su composición, por el consumo de

O<sub>2</sub>, y la producción de CO<sub>2</sub> dióxido de carbono. El primero siempre menos abundante que en el aire libre y el segundo más, como consecuencia del metabolismo respiratorio de los seres vivos del suelo, incluidas las raíces y los hongos. Otros gases comunes en suelos con mal drenaje son el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (Ortega , 2014).

#### 4.2.1.10. Estructura del Suelo

La estructura del suelo es el resultado de su composición granulométrica, la actividad biológica y una serie de condiciones físico-químicas que permiten la aglomeración de las. El predominio de unos u otros procesos origina los distintos tipos de estructura. En la formación de la estructura es muy importante la acción de los coloides (arcilla y materia orgánica) y las sustancias cementantes del suelo (carbonatos, sesquióxidos, etc.), que forman recubrimientos alrededor de las partículas más gruesas, englobándolas en grupos. Si no hay una proporción de coloides o sustancias cementantes suficiente, las partículas del suelo permanecen dispersas (López, 2005-2006 ).

#### 4.2.1.11. Tipos de Suelo

Existen dos clasificaciones para los tipos de suelo que son:

*Tabla 1: Tipos de Suelo según su textura*

<b>Por estructura</b>	
<b>Suelos arenosos</b>	No retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura (Infoagro, Revista, 2019).

<b>Suelos calizos</b>	Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, seco y árido, y no son buenos para la agricultura (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Suelos fumíferos (tierra negra)</b>	Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo (Infoagro, Revista, 2019).
<b>suelos de turba</b>	Un excelente suelo para el cultivo, se usa en la agricultura como sustrato para el cultivo. El suelo de turba es de color oscuro marrón o negro. Son de textura suave y tienen un alto contenido en agua y nutrientes. Los suelos de turba suelen estar saturados de agua, pero una vez drenados son excelentes para el cultivo (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Suelos arcillosos</b>	Están formados por granos finos de color amarillento y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con el humus que es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza pueden ser buenos para cultivar (Infoagro, Revista, 2019).
<b>suelos limosos</b>	Los suelos limosos retienen el agua por más tiempo, así como los nutrientes. Su color es marrón oscuro, los limos se componen de una mezcla de arena fina y arcilla que forma una especie de barro junto al lodo y restos vegetales. Este tipo de suelos se suele dar en el lecho de los ríos. Son suelos muy fértiles dado su grado de humedad y nutrientes. Más fácil de cultivar que suelos arenosos o los de arcilla (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Suelos pedregosos:</b>	Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Suelos mixtos</b>	Tiene características intermedias entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos (Infoagro, Revista, 2019).

*Fuente: Autores, 2019*



Tabla 2: Tipos de Suelo por sus características físicas

Por características físicas	
<b>Litsoles</b>	Se considera un tipo de suelo que aparece en escarpas y afloramientos rocosos, su espesor es menor a 10 cm y sostiene una vegetación baja, se conoce también como litsoles que viene del griego leptos que significa delgado (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Cambisoles:</b>	Son suelos jóvenes con proceso inicial de acumulación de arcilla. Se divide en vértigos, gleycos, eutrícos y crómicos (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Luvisoles:</b>	Presentan un horizonte de acumulación de arcilla con saturación superior al 50% (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Acrisoles:</b>	Presentan un marcado horizonte de acumulación de arcilla y bajo saturación de bases al 50% (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Gleysoles:</b>	Presentan agua en forma permanente o semipermanente con fluctuaciones de nivel freático en los primeros 50 cm (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Fluvisoles:</b>	Son suelos jóvenes formados por depósitos fluviales, la mayoría son ricos en calcio (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Rendzina:</b>	Presenta un horizonte de aproximadamente 50 cm de profundidad. Es un suelo rico en materia orgánica sobre roca caliza (Infoagro, Revista, 2019).
<b>Vertisoles:</b>	Son suelos arcillosos de color negro, presentan procesos de contracción y expansión, se localizan en superficies de poca pendiente y cercanos escurrimientos superficiales (Infoagro, Revista, 2019).

Fuente: Autores, 2019



#### 4.2.1.12. Destrucción del Suelo

Es un proceso degenerativo que reduce la capacidad actual o futura de los suelos para seguir desempeñando sus funciones características. Esto puede obedecer tanto a causas naturales como a causas antrópicas (Jalirlaritzza, 2017).



**Diagrama 1:** Destrucción del suelo

*Fuente:* Autores, 2019

Los suelos se pueden destruir por las lluvias. Estas van lavando el suelo (lixiviado), quitándole todos los nutrientes que necesita para poder ser fértil, los árboles no pueden entonces crecer y se produce una deforestación que conlleva como consecuencia la desertificación (Jalirlaritzza, 2017).

#### 4.2.1.13. Conservación del Suelo

La conservación de los suelos se logrará con la educación de las personas. Debemos tener en cuenta que un suelo se forma durante un lapso de miles y miles de años, gracias a la acción de factores como el viento, la temperatura y el agua. Estos, lentamente van desmenuzando las rocas, hasta reducirlas a pequeñas partículas, que al unirse con los restos de plantas y animales conforman el suelo. Una vez formado, el suelo es protegido y conservado por la vegetación que crece

sobre su superficie. Cuando el hombre corta los árboles y deja expuestas las partículas del suelo a la acción del sol, el viento y el agua, se produce la temida erosión. La capa vegetal es arrastrada hacia el fondo de los océanos, y aquellos terrenos fértiles quedan transformados en desiertos.

Dicho empobrecimiento del suelo también es causado por desyerbar con azadón, por las quemas, por el uso exagerado de herbicidas y fertilizantes, entre otros. Para detener la destrucción de este recurso, se hace urgente iniciar la plantación de árboles y la defensa de los bosques nativos.

El agricultor debe adquirir la sana costumbre de rotar los cultivos, de trazar los surcos en sentido diferente a la pendiente del terreno, de plantar barreras vivas para evitar el rodamiento de las partículas. De todos es el compromiso de proteger las fuentes de agua, como ríos y quebradas, conservando toda la vegetación de la cuenca (Hernandez, Ruiz, Diaz, & Barrantes, 2003).

#### **4.2.2. Plantas**

Las plantas son organismos autótrofos, es decir, sintetizan su propio alimento, utilizando la energía del sol, el agua y los nutrientes del suelo. Mediante el proceso de la fotosíntesis transforman la energía solar en energía química y la almacenan en los azúcares (carbohidratos). Las células de las plantas se caracterizan por su pared de celulosa y por los cloroplastos, organeros celulares que contienen clorofila, el pigmento verde que lleva a cabo la fotosíntesis.



La producción de energía química por las plantas sostiene a la gran mayoría de los organismos en el planeta. Las plantas con sistemas de conducción desarrollados se conocen como plantas vasculares. Las plantas se han dividido tradicionalmente en varios grupos: algas, musgos (briofitas), helechos (pteridofitas), y plantas con semilla: cícadas, ginkos, pinos (los tres grupos se consideran gimnospermas). Las plantas con flores (angiospermas) incluyen dos grandes grupos: pastos y palmeras (monocotiledóneas) y magnolias y margaritas (dicotiledóneas) ( Francisco Alcaraz, 2000).

#### 4.2.2.1. Partes de una planta

- **Las hojas:** son unos órganos verdes que salen del tallo y que poseen funciones básicas para la planta, como son:
  - **Realizar la fotosíntesis:** durante este proceso la materia inorgánica (CO<sub>2</sub>, agua y sales minerales) se transforma en materia orgánica (glúcidos, lípidos, proteínas) gracias a la energía luminosa del sol ( Francisco Alcaraz, 2000).
  - **Producir la transpiración:** las hojas pierden agua en forma de vapor a través de las estomas ( Francisco Alcaraz, 2000).
- **Realizar el intercambio gaseoso:** a través de las estomas entra el oxígeno, necesario para la respiración celular, y el CO<sub>2</sub> que se utiliza en la fotosíntesis. Ambos gases también salen a través de las estomas, el oxígeno producido en

la fotosíntesis y el dióxido de carbono procedente de la respiración celular ( Francisco Alcaraz, 2000).

- **El tallo:** es el eje de la parte aérea de las cormofitas y es el órgano que sostiene a las hojas, flores y frutos. Sus funciones principales son las de sostén y de transporte de fotosintatos (carbohidratos y otros compuestos que se producen durante la fotosíntesis) entre las raíces y las hojas. Se diferencia de la raíz por la presencia de nudos en los que se insertan las yemas axilares y las hojas y por su geotropismo negativo, es decir, que crecen en contra de la fuerza de gravedad. Entre los cormófitos existen especies con un solo tallo cuyo vástago no se ramifica y plantas con muchos tallos (pluricaules) cuyo vástago se ramifica de diversos modos de acuerdo a la actividad de los meristemas ( Francisco Alcaraz, 2000).
- **La raíz:** es un órgano generalmente subterráneo y carente de hojas que crece en dirección inversa al tallo y cuyas funciones principales son la fijación de la planta al suelo y la absorción de agua y sales minerales. La raíz está presente en todas las plantas vasculares exceptuando algunas pteridofitas que presentan rizoides y algunas plantas acuáticas ( Francisco Alcaraz, 2000).
- **La flor:** es la estructura reproductiva característica de las plantas llamadas espermatofita o fanerógama. La función de una flor es producir semillas a través de la reproducción sexual. Para las plantas, las semillas son la próxima generación, y sirven como el principal medio a través del cual las especies se perpetúan y se propagan. Todas las espermatofitas poseen flores que producirán semillas, pero la organización interna de la flor es muy diferente en



los dos principales grupos de espermatofitas: las gimnospermas vivientes y las angiospermas.

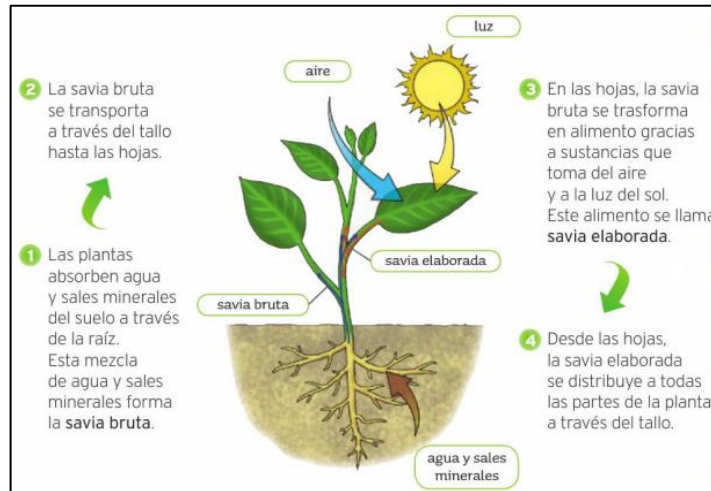
Las gimnospermas pueden poseer flores que se reúnen en estróbilos, o bien la misma flor puede ser un estróbilo de hojas fértiles. En cambio, una flor típica de angiosperma está compuesta por cuatro tipos de hojas estructural y fisiológicamente modificadas para producir y proteger los gametos. Tales hojas modificadas o antófilos son los sépalos, pétalos, estambres y carpelos. Además, en las angiospermas la flor da origen, tras la fertilización y por transformación de algunas de sus partes, a un fruto que contiene las semillas ( Francisco Alcaraz, 2000).

- **El fruto:** es el órgano procedente de la flor, o de partes de ella, que contiene a las semillas hasta que estas maduran y luego contribuye a diseminarlas.<sup>1</sup> Desde un punto de vista ontogenético, el fruto es el ovario desarrollado y maduro de las plantas con flor. La pared del ovario se engrosa al transformarse en la pared del fruto y se denomina pericarpio, cuya función es proteger a las semillas. Con frecuencia participan también en la formación del fruto otras partes de la flor además del ovario, como por ejemplo el cáliz o el receptáculo ( Francisco Alcaraz, 2000).

#### 4.2.2.2. Función: el metabolismo vegetal

- **Fotosíntesis:** El proceso de la fotosíntesis es uno de los procesos anabólicos más importantes de la naturaleza, ya que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera y el agua (H<sub>2</sub>O) absorbida por las raíces se transforman en

glucosa y oxígeno gaseoso. La glucosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) no sólo es el nutriente de los organismos autótrofos, sino que es la base de sustancia de todos los organismos (Fernández, 2014).



**Diagrama 2:** Proceso de fotosíntesis en la planta

**Fuente:** 167 099 artículos. Plantas. (28/03/2017) Conocimiento con todos y para todos.

La incorporación del agua y las sales minerales se realiza por las raíces, a través de los pelos absorbentes. Estas estructuras aumentan considerablemente la superficie de contacto de la raíz con el suelo. El agua penetra en la raíz por ósmosis. Este fenómeno se produce porque en el interior de la raíz existe más concentración de solutos que en el exterior; y como las sales minerales requieren energía para penetrar en la raíz, su transporte es activo. Se realiza en contra de gradiente de concentración. Existen unas proteínas en la propia membrana que permiten el paso de sales que se absorben en forma de iones.

La nutrición autótrofa, propia de los vegetales, requiere la captación de luz procedente del sol. Para ello existen unas estructuras especializadas, las hojas,

que presentan amplias superficies para que la captación de esta energía sea eficaz. La fotosíntesis se realiza en los cloroplastos, organelos exclusivos de las células vegetales, en donde se encuentran los pigmentos capaces de captar y absorber la energía radiante procedente del sol. Estos pigmentos son: clorofila (verde), xantofila (amarillo) y carotenoides (anaranjados) (Fernández, 2014).

La energía radiante es captada dentro del cloroplasto y transformada en energía química, que se almacena en moléculas de ATP (Fernández, 2014). Se puede plantear entonces que, en la fotosíntesis:

- Se transforma la energía radiante en química, que es usada por todos los seres vivos. Los vegetales son el primer y único eslabón productor de la cadena trófica. Fase luminosa. En esta etapa también se obtiene oxígeno que se libera al exterior. Es llevada a cabo en los tilacoides de los cloroplastos. El oxígeno se libera como producto residual y lo usan la mayor parte de los organismos para la respiración celular (Fernández, 2014).
- Se transforma materia inorgánica en orgánica, a partir de la fuente de carbono del dióxido de carbono del aire. Fase oscura. Esta etapa ocurre en el estroma donde se utiliza la energía del ATP producido en la etapa anterior, para realizar la síntesis de glucosa, utilizando las moléculas de carbono del aire. Existen factores ambientales que condicionan el rendimiento e intensidad de la fotosíntesis. Esto es muy importante desde el punto de vista biológico, puesto que lo que llamamos rendimiento fotosintético es lo mismo que cantidad de materia orgánica producida (Fernández, 2014).

Los principales condicionantes de la fotosíntesis son, la concentración de dióxido de carbono, la concentración de oxígeno, la intensidad luminosa, el tiempo de iluminación o también llamado fotoperiodo, la humedad y la temperatura. Cuanto mayor es la cantidad de oxígeno del ambiente, menor es la cantidad de dióxido de carbono fijado en forma de moléculas orgánicas. La presencia de oxígeno disminuye la cantidad de una enzima imprescindible para fijar el CO<sub>2</sub> (Fernández, 2014).

- **Respiración:** Las plantas toman el oxígeno atmosférico para respirar y devuelven dióxido de carbono. Para permitir la entrada y salida de estos gases la planta presenta una serie de estructuras muy especializadas:
- **Los pelos radicales:** por ellos entran los gases disueltos en agua que se absorbe del suelo (Fernández, 2014).
- **Las estomas:** son la vía más importante de entrada de gases en la planta. Una vez que han entrado estos gases se disuelven en agua y se transportan hacia cualquier parte del vegetal. Las estomas se abren o se cierran en función de la urgencia de las células oclusivas que lo forman. Si se hinchan porque reciben agua de las células adyacentes la estoma se abre, al combarse sus paredes celulares, con lo que los gases entran o salen por el ostiolo. Si, por el contrario, las células adyacentes absorben el agua de las oclusivas y éstas, en definitiva, pierden agua se vuelven flácidas y la estoma se cierra, no permitiendo ni la salida ni la entrada de gases (Fernández, 2014).



- **Las lenticelas:** son las aberturas de las paredes de los tallos leñosos (Fernández, 2014).

La respiración celular es independiente a la presencia o no de luz. En ella se consume oxígeno, durante las 24 horas del día, al contrario de lo que sucede en la fotosíntesis, en la que el oxígeno se desprende en la fase luminosa, es decir, durante el día (Fernández, 2014).

- En la fotosíntesis se fija dióxido de carbono y se desprende oxígeno.
  - En la respiración se consume oxígeno y se desprende dióxido de carbono, liberándose energía.
- **Circulación:** El sistema vascular de las plantas está formado por vasos conductores llamados xilema y floema, y son los encargados de transportar las sustancias necesarias para la nutrición. Estos vasos se encuentran distribuidos por todas las partes de la planta, comenzando desde la raíz. El agua con sales disueltas – savia bruta – va desde la raíz a las hojas por la xilema formado por células que parecen tubos finísimos, denominados vasos xilemáticos. Desde las hojas al resto de la planta se transporta un líquido viscoso, rico en sustancias orgánicas – savia elaborada – por el floema, formado por tubos floemáticos. (Fernández, 2014).

Las sustancias orgánicas transportadas en la savia elaborada (azúcares, aminoácidos y otras sustancias ricas en nitrógeno) se utilizan para construir la propia materia orgánica de la planta. Así, crecen raíces, tallos y hojas, se

forman flores y frutos, y las semillas almacenan las reservas de alimento que permiten a la nueva planta desarrollarse. La savia lleva una dirección ascendente y descendente, desde las zonas de producción (hojas) hasta las de consumo (sumideros), que pueden ser cualquier parte del vegetal: tejidos de reserva, frutos, semillas, meristemas apicales, etc. (Fernández, 2014).

- **Excreción:** A través de las estomas, las plantas también eliminan vapor de agua. Así, mientras las raíces absorben agua que se distribuye por toda la planta, esta también pierde agua por evapotranspiración. En regiones secas, el agua que se pierde por evapotranspiración es mucha, y muy poca la disponible en el suelo. Por ello, las plantas poseen mecanismos para evitar la pérdida de agua: en algunas, las hojas están reducidas a espinas o ausentes, para disminuir la superficie de intercambio; otras reservan agua en sus tallos.

En los vegetales no existe una excreción propiamente dicha. No tienen, por lo tanto, estructuras especializadas para realizar esta función. Como su tasa metabólica es menor que la de los animales, la cantidad de sustancias de desecho es muy baja. Además, algunos de estos productos son reutilizados en procesos anabólicos: concretamente el agua y el dióxido de carbono se pueden emplear para realizar la fotosíntesis. Los pocos desechos producidos no siempre salen al exterior. Se pueden acumular en vacuolas o espacios intercelulares (Fernández, 2014).

Las sustancias de desecho pueden ser gaseosas, sólidas o líquidas:

- **sólidas:** pueden ser cristales de oxalato cálcico.

- **líquidas:** aceites esenciales (menta, lavanda, eucaliptus), resinas, látex (caucho), etc.
- **gaseosas:** dióxido de carbono y etileno (gas de los frutos maduros).
- **Relación:** Las plantas son capaces de percibir los cambios ambientales que actúan como estímulos externos y reaccionar frente a ellos. Como la movilidad de la planta es muy reducida, la respuesta ante estos estímulos no origina desplazamiento, sino un otro tipo de movimiento.

Estas respuestas pueden ser:

- **Tropismos:** movimientos de crecimiento del vegetal en los que varía la orientación de la planta. Actúa en una sola dirección y la transformación es permanente. Pueden ser negativos: cuando la planta se aleja del estímulo y positivos si ésta se acerca al estímulo. Los principales son:
  - **Fototropismo:** movimientos hacia o en contra de la luz.
  - **Geotropismo:** movimientos en contra o hacia el suelo.
- **Nastias:** movimientos rápidos y pasajeros de determinadas zonas del vegetal. A diferencia de los tropismos, no influye la dirección del estímulo. ( Francisco Alcaraz, 2000)
  - **Fotonastias:** hacia o en contra de la luz.

- **Sismonastias:** estímulos ligados al contacto del vegetal con algo o a su sacudida.
- **Reproducción Asexual:** En la reproducción asexual no intervienen gametos. De un solo individuo se separa una unidad reproductora, constituida por una célula o grupo de células, que dan lugar, tras su desarrollo, a un duplicado del progenitor. A partir de un solo individuo se pueden formar gran cantidad de descendientes que son idénticos entre sí e idénticos a su progenitor. No existen combinaciones genéticas porque no existe mezcla ni unión de gametos ( Francisco Alcaraz, 2000).

En vegetales algunas de las modalidades más frecuentes de reproducción asexual son:

- **Regeneración:** a partir de un pequeño fragmento del vegetal se puede reproducir un vegetal completo. A partir de raíces, tallos o yemas se puede reproducir la planta completa (esquejes, un trozo de patata con ojos, un bulbo (ajo), un estolón).
- **Escisión o fragmentación:** a partir de la rotura espontánea del organismo progenitor en dos o más fragmentos. Cada uno de ellos da lugar a un individuo completo (algas filamentosas).
- **Reproducción Sexual:** La mayoría de los vegetales, al igual que el resto de los seres pluricelulares, se reproducen de forma sexual. Existen muchos que alternan ambas formas de reproducción a lo largo de su ciclo de vida ( Francisco Alcaraz, 2000).

En la reproducción sexual, los descendientes tienen características diferentes a los progenitores gracias a:

- **La formación de los gametos:** células especializadas que son el vehículo de transporte de la información genética.
- **La formación del cigoto:** cuando se unen los gametos y se funden sus núcleos se genera una célula, con características de los dos progenitores.

Existe un gameto llamado femenino y uno llamado masculino. El femenino es grande e inmóvil y el masculino pequeño y móvil. El femenino se llama óvulo y el masculino anterozoide (espermatozoide en animales). Estos gametos se forman en gametangios ( Francisco Alcaraz, 2000).

#### 4.2.2.3. Tipos de plantas

- **Árboles:** Son aquellas plantas que poseen un tronco fuerte y un tamaño de aproximadamente 5 metros. Estas se distinguen por su tamaño, por su longevidad y por sus ramas donde cada año se produce un mayor número de ellas. Estos se prenden en la tierra por medio de sus raíces que se hacen más lisas según avanza su crecimiento, pero con el tiempo se tornarán gruesas. Existe una gran variedad de árboles como son los frondosos, las coníferas y los árboles tropicales de este último las palmeras son los más comunes a nivel mundial (Sánchez, 2013).

- **Arbustos:** son plantas cuya ramificación se encuentra a nivel de la tierra, y a diferencia de los árboles poseen una altura entre 1 y 5 metros de altura. Su vida es larga y crece a una altura media, se caracteriza por tener tallo corto y leñoso, y sus ramas salen desde su misma base. La estructura de los arbustos se conforma por celulosa, madera y lignina (Sánchez, 2013).
- **Matas:** son aquellas plantas que poseen un tallo fuerte pero que no son muy altas. De estas se conoce el tomillo, el romero y la salvia (Sánchez, 2013).
- **Hierbas:** son aquellas plantas cuyos tallos no han desarrollado suficiente fuerza por lo que su tamaño es limitado y consistencia frágil o blanda. Estas no logran vivir permanentemente por lo cual rápidamente nacen, crece, florecen y mueren. De estas se destacan las hierbas anuales, las bienales, y las perennes (Sánchez, 2013).
- **Plantas no-vasculares:** son aquellas plantas que poseen una estructura simple, y que no se le distingue la raíz, el tallo y las hojas. Es común ver este tipo de plantas en ambientes húmedos, ya que absorben los nutrientes directamente de la tierra (Sánchez, 2013).
- **Plantas vasculares:** son aquellas en las que se pueden identificar la raíz, tallos y hojas. También se le llaman cormofitas por formar parte de la flora o plantas superiores. Se caracterizan por presentar una diferenciación de tejido en tallo, raíz, hojas y flores. Sus principales tejidos son: epidermis, esclerénquima, colénquimas meristemos y parénquima (Sánchez, 2013).



- **Plantas anuales:** son aquellas plantas que viven solo una temporada. Estas generalmente crecen rápidamente durante la primavera y el verano, produciendo sus frutos a finales de verano u otoño. De estas se destacan las flores de temporada como el girasol, algunos alimentos como judías y lentejas, y ciertas plantas silvestres como la amapola y la palomilla (Sánchez, 2013).
- **Plantas bianuales:** son aquellas plantas cuya duración es de dos temporadas o periodos vegetativos. También se le conoce como plantas bienales. Su crecimiento se produce durante la primera temporada y es en la segunda temporada donde aparecen las flores y los frutos. De estas se destacan flores de temporada como los pensamientos, alimentos como la col, e hierbas silvestres como la rabaniza blanca y los cardos (Sánchez, 2013).
- **Plantas perennes:** son aquellas plantas que tienen ciertos recursos que les permiten sobrevivir con facilidad durante años. Existe una gran variedad de plantas perennes como son los árboles de tallo leñoso como el nogal, el castaño, el piso, etc., arbustos como la adelfa, matas como el romero, la salvia y el tomillo, hierbas perennes que poseen una consistencia blanca y son conocidas con el nombre de vivaces (Sánchez, 2013).
- **Plantas ruderales:** son aquellas plantas que se encuentran en lugares basurales y bordes de camino. Estas pueden sobrevivir en superficies que han sido sobre explotadas o que la mano del hombre ha interferido en ella.



Ejemplo de ellas se destaca la *Sonchus Oleraceus* y la *Datura Stramonium* (Sánchez, 2013).

- **Plantas de interior:** son aquellas plantas que son capaces de desarrollarse en espacios cerrados. Son cultivadas por un motivo decorativo o para purificar el aire, ejemplo de estas es la Azalea, Cyclamen, Amaryllis, etc (Sánchez, 2013).
- **Plantas aromáticas:** son aquellas plantas que poseen ciertos aromas o esencias, y se usan regularmente como esencias y remedios medicinales. Se suelen ver en el campo o en huertos como es la planta condimento, el perejil y el ajo. Estas poseen tres familias botánicas: las lamiáceas que integra el orégano, la salvia, el tomillo, etc.; las aliáceas donde se destaca el ajo y la cebolla; y las apiáceas que abarca el perejil, el hinojo, entre otros (Sánchez, 2013).
- **Plantas medicinales:** son aquellas plantas que, por sus propiedades curativas, son utilizadas para remedios de distintos tipos de cáncer y enfermedades. Tanto los extractos como las partes de esta planta se utilizan en ungüentos, infusiones, comprimidos, cremas, etc., con el fin de mejorar la salud de las personas. De estas se destaca la Aloe Vera, la Onagra, la Manzanilla, el Ginseng, etc (Sánchez, 2013).
- **Plantas frutales:** Se trata de un árbol que puede producir frutos secos o carnosos. El óvulo de la flor es su estructura principal, que es el lugar donde se encuentran las semillas. Según el tipo de fruta, y sus

características, pueden ser: drupas, cuando las plantas tienen frutos tiernos con un hueso, como el mango y la ciruela; pomos, que sus frutos son tiernos pero carecen de hueso, donde sus semillas se distribuyen en su interior, ejemplo: el níspero y el manzano; plantas hesperidios, que identifica a todos los cítricos; y plantas sicono, que distingue a las higueras (Sánchez, 2013).

- **Plantas carnívoras:** son aquellas plantas que por medio de un sistema glandular se alimenta de insectos. Su crecimiento es frecuente en suelos pobres en nutrientes como son los suelos ácidos o rocosos. Según el mecanismo de captura que utiliza estas plantas se pueden distinguir varios tipos como las plantas Pinzas donde se destaca la Venus Atrapamoscas; y la planta Pelos pegajosos como la Pinguicula y la Drosera (Sánchez, 2013).
- **Plantas de invernadero:** son aquellas plantas que precisan para su desarrollo una temperatura y humedad específica (Sánchez, 2013).
- **Plantas trepadoras:** son aquellas plantas cuyo crecimiento depende de la superficie en donde se localice. Estas al ser de rápido crecimiento adoptan la forma de objeto en donde se desarrolla (Sánchez, 2013).

#### 4.2.3. Energía eléctrica

Es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas (electrones positivos y negativos) que se produce en el interior de materiales conductores. La energía eléctrica es la forma de energía que

resultará de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, situación que permitirá establecer una corriente eléctrica entre ambos puntos si se los coloca en contacto por intermedio de un conductor eléctrico para obtener el trabajo mencionado (González, 2012).

#### **4.2.3.1. La energía**

Al mirar a nuestro alrededor se observa que las plantas crecen, los animales se trasladan y que las máquinas y herramientas realizan las más variadas tareas. Todas estas actividades tienen en común que precisan del concurso de la energía. La energía es una propiedad asociada a los objetos y sustancias y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en la naturaleza (Geólogos, 2010).

#### **4.2.3.2. Corriente alterna**

La corriente alterna es aquel tipo de corriente eléctrica que se caracteriza porque la magnitud y la dirección presentan una variación de tipo cíclico. En tanto, la manera en la cual este tipo de corriente oscilará es en forma senoidal, es decir, una curva que va subiendo y bajando continuamente. Gracias a esta forma de oscilación la corriente alterna logra transmitir la energía de manera más eficiente ( Florencia, 2012).

#### **4.2.3.3. Corriente continúa**

Es el concepto a partir del cual designamos a la circulación de carga eléctrica, por unidad de tiempo, que se da a través de un material. En tanto, la intensidad

eléctrica es el resultado del movimiento de los electrones dentro del material en cuestión. El conductor eléctrico, tal como se denomina al material que presenta muy poca resistencia a los movimientos de carga, dispone de una importante cantidad de electrones libres, que es lo que en definitiva permitirá que atraviese la electricidad.

Por su lado, la corriente continua es un tipo de intensidad eléctrica que se caracteriza por no cambiar de sentido con el correr del tiempo. También conocida como corriente directa, la corriente continua implicará el flujo constante e incesante de electrones a partir de un conductor eléctrico cito entre dos puntos que observan diferente potencial.

En este tipo de corriente las cargas eléctricas siempre transitan en la misma dirección y esto es posible porque los terminales son siempre iguales, tanto aquel de menor potencial como el que presenta un potencial mayor. Ahora bien, si bien es correcto identificar como corriente continua a aquella que se presenta constante, también será continúa la corriente que observa siempre igual polaridad. Asimismo, cuando los electrones se movilizan en la misma dirección, generalmente del polo positivo al negativo, se hablará en términos de corriente continua ( Florencia, 2012).

#### **4.2.3.4. Carga eléctrica**

La Carga Eléctrica es aquella propiedad de determinadas partículas subatómicas que se produce cuando se relacionan unas con otras, esta interacción es electromagnética y se hace con las cargas positivas y negativas de la partícula.



Cualquier elemento considerado materia tiene un conjunto de cargas, positivas, negativas y fraccionadas (Quarks), existe un movimiento de las partículas que contiene este elemento y genera a su vez un campo electromagnético que interactúa con su entorno, lo que lo rodea también tiene electromagnetismo por lo que la interacción entre campos es constante.

La Carga Eléctrica es una unidad del Sistema Internacional de Unidades, se define como: “La cantidad de carga que pasa por la sección transversal de un determinado conductor eléctrico durante el lapso de un segundo y cuando la corriente eléctrica es de un amperio.” Existen dos tipos de cargas eléctricas, cargas positivas y cargas negativas, según la Ley de Coulomb, se establece que las cargas iguales se repelen, las cargas diferentes se atraen. Todo depende según la afirmación del físico que escribió la ley, de la sobre o por el cuerpo cargado de electricidad ( Florencia, 2012).

#### **4.2.3.5. Electricidad**

La electricidad tendrá origen por las cargas eléctricas que estén en reposo o en movimiento y por las interacciones que también se dan entre estas. Existen dos tipos de cargas eléctricas, unas positivas (protones) y otras negativas (electrones). Además, es un fenómeno físico, cuyo impulsor son las cargas eléctricas y la energía que estas promueven puede manifestarse ya sea en expresiones dentro del ámbito físico, luminoso, así como contemplando el área mecánica o térmica ( Florencia, 2012).



#### 4.2.3.6. Fuentes de energía

La energía es una cuestión fundamental en la vida cotidiana de las personas ya que buena parte de las actividades que se llevan a cabo en el mundo dependen de ella. Desde tiempos inmemoriales el hombre se las rebuscó para encontrar en las propuestas que la naturaleza le ofrecía diversas opciones para generar energía. Por ello su ausencia o falta sería realmente catastrófico para el desarrollo y la supervivencia de la especie. Mientras tanto, las fuentes de energía son todos aquellos recursos presentes en la naturaleza y de los cuales justamente se puede obtener energía para usar en las diversas actividades y procesos que deban emprenderse o desarrollarse.

El sol, el viento, el agua son algunas de las fuentes de energía naturales más importantes con las que contamos en el planeta. El sol y el agua por ejemplo se utilizan para generar energía eléctrica y son ciertamente notables en este sentido. Ahora bien, es importante que mencionemos que hay algunas fuentes de energía que pueden agotarse en algún momento como consecuencia de su uso irrestricto y en algunos casos irresponsable, y hay otras que jamás se agotarán. Por caso es que se las clasifica en fuentes de energía renovables y no renovables. (Colino Martinez & Rafael, 2010)

#### 4.2.3.7. Energía renovable

Son fuentes de energía limpia, inagotable y crecientemente competitiva. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero

sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero –causantes del cambio climático- ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a la baja de forma sostenida, mientras que la tendencia general de costes de los combustibles fósiles es la opuesta, al margen de su volatilidad coyuntural (Energía, 2015).

Existen varias fuentes de energía renovables, como son:

- Energía mareomotriz (mareas)
- Energía hidráulica (embalses)
- Energía eólica (viento)
- Energía solar (Sol)
- Energía de la biomasa (vegetación)

#### **4.2.3.8. Energía no renovable**

Las Fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran de forma limitada en el planeta y cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración (Colino Martinez & Rafael, 2010).

Existen varias fuentes de energía no renovables, como son:

- Los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural).

- La energía nuclear (fisión y fusión nuclear).

#### **4.2.3.9. Transformaciones de la energía**

La Energía se encuentra en constante transformación, pasando de unas formas a otras. La energía siempre pasa de formas más útiles a formas menos útiles. Por ejemplo, en un volcán la energía interna de las rocas fundidas puede transformarse en energía térmica produciendo gran cantidad de calor; las piedras lanzadas al aire y la lava en movimiento poseen energía mecánica; se produce la combustión de muchos materiales, liberando energía química; etc (Miñarro Juaquin, 2002).

#### **4.2.3.10. Principio de conservación de la energía**

El Principio de conservación de la energía indica que la energía no se crea ni se destruye; sólo se transforma de unas formas en otras. En estas transformaciones, la energía total permanece constante; es decir, la energía total es la misma antes y después de cada transformación (Miñarro Juaquin, 2002).

#### **4.2.3.11. Degradación de la energía**

Unas formas de energía pueden transformarse en otras. En estas transformaciones la energía se degrada, pierde calidad. En toda transformación, parte de la energía se convierte en calor o energía calorífica. Cualquier tipo de energía puede transformarse íntegramente en calor; pero, éste no puede



transformarse íntegramente en otro tipo de energía. Se dice, entonces, que el calor es una forma degradada de energía (Miñarro Juaquin, 2002). Son ejemplos:

- La energía eléctrica, al pasar por una resistencia.
- La energía química, en la combustión de algunas sustancias.
- La energía mecánica, por choque o rozamiento.
- Se define, por tanto, el Rendimiento como la relación (en % por ciento) entre la energía útil obtenida y la energía aportada en una transformación.

#### **4.2.3.12. Conductor eléctrico**

Los conductores eléctricos o materiales conductores son aquellos que tienen poca resistencia a la circulación de la corriente eléctrica, dadas sus propiedades específicas. La estructura atómica de los conductores eléctricos facilita el movimiento de los electrones a través de estos, con lo cual este tipo de elementos favorece la transmisión de electricidad. Los conductores pueden presentarse de diversas formas, una de estas es el material en condiciones físicas específicas, como barras de metal (cabillas) que no hayan sido elaboradas para formar parte de circuitos eléctricos. A pesar de no formar parte de un montaje eléctrico, estos materiales siempre mantienen sus propiedades de conducción (Torres, 2018).

#### **4.2.3.13. Características**

Los conductores eléctricos se caracterizan por no ofrecer mucha resistencia al paso de la corriente eléctrica a través de estos, lo cual solo es posible gracias a sus propiedades eléctricas y físicas, que garantizan que la circulación de electricidad por el conductor no induzca la deformación o destrucción del material en cuestión (Torres, 2018).

#### **4.2.3.14. Tipos de conductores eléctricos**

Existen diferentes categorías de conductores eléctricos y, a su vez, en cada categoría están los materiales o medios de mayor conductividad eléctrica. Por excelencia, los mejores conductores eléctricos son los metales sólidos, entre los cuales se destacan el cobre, el oro, la plata, el aluminio, el hierro, y algunas aleaciones como el zinc.

No obstante, existe otro tipo de materiales o soluciones que tienen buenas propiedades de conducción eléctrica, como el grafito o las soluciones salinas. Dependiendo de la forma en la cual se lleva a cabo la conducción eléctrica, es factible diferenciar tres tipos de materiales o medios conductores, los cuales se detallan a continuación (Torres, 2018).

- **Conductores metálicos**

Este grupo está conformado por los metales sólidos y sus respectivas aleaciones. Los conductores metálicos deben su alta conductividad a las nubes de electrones

libres que favorecen la circulación de corriente eléctrica a través de estos. Los metales ceden los electrones ubicados en la última órbita de sus átomos sin invertir mayores cantidades de energía, lo cual hace propicio el salto de electrones de un átomo a otro (Torres, 2018).

Por su parte, las aleaciones se caracterizan por tener una alta resistividad; es decir, presentan una resistencia proporcional a la longitud y diámetro del conductor. Las aleaciones más empleadas en instalaciones eléctricas son el latón, una aleación de cobre y zinc; la hojalata, una aleación de hierro y estaño; aleaciones de cobre y níquel; y aleaciones de cromo y níquel (Torres, 2018).

- **Conductores electrolíticos**

Se trata de soluciones constituidas por iones libres, que ayudan a la conducción eléctrica de clase iónica. En su mayoría, este tipo de conductores están presentes en soluciones iónicas, ya que las sustancias electrolíticas deben someterse a disociaciones parciales (o totales) para formar los iones que serán portadores de carga. Los conductores electrolíticos fundamentan su funcionamiento en las reacciones químicas y en el desplazamiento de la materia, lo cual facilita el movimiento de los electrones a través del camino de circulación habilitado por los iones libres (Torres, 2018).

- **Conductores gaseosos**

En esta categoría se encuentran los gases que hayan sido sometidos previamente a un proceso de ionización, lo cual posibilita la conducción de electricidad a través



de estos. El aire en sí mismo funge como un conductor de electricidad cuando, al producirse la ruptura dieléctrica, sirve como medio conductor de electricidad para la formación de rayos y descargas eléctricas.

- **Aluminio**

Es altamente empleado en sistemas de transmisión eléctrica aéreos ya que, a pesar de tener una conductividad 35 % menor al compararse con el cobre recocido, su peso es tres veces más ligero que este último. Las tomas de alta tensión suelen estar recubiertas por una superficie externa de cloruro de polivinilo (PVC), la cual evita el sobrecalentamiento del conductor y aísla el paso de la corriente eléctrica del exterior (Torres, 2018).

- **Cobre**

Es el metal más empleado como conductor eléctrico en aplicaciones industriales y residenciales, dado el balance que presenta entre su conductividad y el precio. El cobre puede ser empleado en conductores de bajo y mediano calibre, de uno o varios hilos, dependiendo de la capacidad amperimétrica del conductor (Torres, 2018).

- **Oro**

Es un material empleado en montajes electrónicos de microprocesadores y circuitos integrados. También es empleado para fabricar los bornes de las baterías para vehículos, entre otras aplicaciones. La conductividad del oro es

aproximadamente 20 % menor que la conductividad del oro recocido. Sin embargo, es un material muy duradero y resistente a la corrosión (Torres, 2018).

- **Plata**

Con una conductividad de  $6,30 \times 10^7 \text{ S.m}^{-1}$  (9-10 % superior a la conductividad del cobre recocido), es el metal con mayor conductividad eléctrica conocido a la fecha. Se trata de un material muy maleable y dúctil, con una dureza comparable a la del oro o el cobre. No obstante, su costo es sumamente elevado, por lo que su uso no es tan común en la industria (Torres, 2018).

- **Zinc**

El zinc es un elemento químico de aspecto azul pálido grisáceo con número atómico 30. Su símbolo es Zn y pertenece al grupo de los metales de transición y su estado habitual en la naturaleza es sólido. El zinc está situado en la posición 30 de la tabla periódica (Álvarez, s.f.).

- El zinc se usa como un ánodo en otros metales, en particular los metales que se utilizan en trabajos eléctricos o que entran en contacto con agua de mar.
- También se utiliza para el ánodo en las baterías. En pilas de zinc y carbono se utiliza una lámina de este metal.

El zinc es buen conductor del calor y la electricidad. Como conductor del calor, tiene una cuarta parte de la eficiencia de la plata. A 0.91°K es un superconductor eléctrico. El zinc puro no es ferromagnético (Universidad Nacional Autónoma de México "UNAM", 2017).

#### **4.2.3.15. Circuito eléctrico**

Es el nombre que recibe una conexión eléctrica que puede servir para diferentes usos. Un circuito eléctrico puede ser más o menos grande dependiendo de la necesidad o la función, pero siempre debe contar con un número de elementos importantes para que la energía pueda ser transmitida de un espacio a otro y llegar a su objetivo final (Cecilia Bembibre, 2012).

- **Ánodo**

El ánodo es conocido como el electrodo responsable de la reacción de oxidación de los elementos. Un gran error que fue desarrollado es pensar en que su polaridad es eternamente positiva. La mayoría de las veces este concepto es erróneo ya que dependiendo del dispositivo utilizado la polaridad puede variar y a esto se le suma el modo en que trabaja teniendo en cuenta el flujo y la dirección de la corriente eléctrica. Poniendo las cosas un poco más claras, el ánodo es positivo si absorbe energía y negativo cuando la suministra (EcuRed - Enciclopedia cubana, 2010).

- **Cátodo**

Cátodo. Es el electrodo negativo, donde los iones (átomos cargados eléctricamente) que se dirigen del ánodo (electrodo positivo) al cátodo, reciben el nombre de cationes, y los iones que se dirigen del cátodo al ánodo tienen el nombre de aniones (EcuRed - Enciclopedia cubana, 2010).



### 4.3. MARCO CONCEPTUAL

**Análisis fisicoquímico:** Es un método que permite determinar en los análisis de productos químicos la naturaleza de las interacciones entre los componentes de un sistema mediante el estudio de las relaciones entre las propiedades físicas y la composición del sistema, por lo tanto, los análisis fisicoquímicos consisten en la medición de diversas propiedades físicas de los sistemas, en la mayoría de los casos las temperaturas de transición de fase y sus propiedades.

**Conductividad:** Es la capacidad de un material o sustancia de conducir o transmitir energía, ya sea, eléctrica o térmica. por lo tanto, es la capacidad de los cuerpos que permiten el paso de la corriente a través de sí mismos. Esta propiedad natural está vinculada a la facilidad con la que los electrones pueden atravesarlos y resulta inversa a la resistividad.

**Energía convencional:** Según la Ley 1715 de 2014 se definen como aquellos recursos utilizados de forma intensiva y ampliamente comercializados en el país. También se denomina así a todas las energías que son de uso frecuente en el mundo o que son las fuentes más comunes para producir energía eléctrica. En nuestro país, la principal fuente de energía es la fuerza del agua, como medio de producir energía eléctrica.

**Energía eléctrica:** Es causada por el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de los materiales conductores. Esta energía produce, fundamentalmente, 3 efectos: luminoso, térmico y magnético.



**Infiltración de agua:** Delgadillo (2016), es define la infiltración como la entrada vertical de agua en el suelo. Esta disminuye gradualmente con el tiempo; es máxima al comenzar el proceso y tiende luego hacia un valor mínimo.

**Intercambio catiónico:** se refiere a la cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas en el suelo. Es un indicador del potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes vegetales, mediante la estimación de su capacidad para retener cationes

**Familia labiada:** son una familia que comprende unos 200 géneros y alrededor de 3.500 especies, perteneciente al orden Lamiales. Tradicionalmente, esta familia era conocida por el nombre de Labiadas, pero siguiendo las recomendaciones del Código de Nomenclatura Botánica, su nombre ha sido substituido por Lamiaceae en alusión al género tipo de la familia: *Lanium*. Entre sus representantes destacan la menta, el orégano, el tomillo y el romero. Son hierbas perennes, algunos subarbustos y raramente árboles o trepadoras, que contienen aceites esenciales en todas las partes de la planta.

El nombre original de esta familia era labiado debido a la peculiar forma de la flor, 5 pétalos fusionados en forma de boca con un labio superior, generalmente bilobulado y más corto, y uno inferior, trilobulado, los 5 sépalos también están unidos, sus estambres conforman un androceo didínamo. Las flores son bisexuales y surgen en ramilletes terminales de 5 ó 6 florecillas cada uno. Los tallos son generalmente cuadrangulares con hojas aovadas, opuestas y decusadas



**Familia Poaceae:** Comprende un grandísimo número de especies (unas 5000) pertenecientes a 500 géneros. Se trata de plantas herbáceas, perennes o anuales, con tallo culmo (hueco en los internudos y muy nudoso), en algunos casos lignificado (Bambuseae), pero no es lo normal. Crecen por todas las latitudes, con notable exclusión altitudinal.

Son plantas perfectamente adaptadas a climas áridos, pero tampoco faltan especies mesófilas y hasta acuáticas. En algunas áreas tienden a dominar, llegando incluso a constituir bandas de vegetación muy extendidas que confieren una fisionomía propia al territorio (prado, estepa, sabana); se trata, por tanto, de una familia de notable importancia en el revestimiento vegetal de la Tierra. Entre las cuclas encontramos el arroz.

**Microbiológico:** estudio de los microorganismos que habitan en el suelo, su actividad metabólica, sus diversas funciones en el flujo de energía, así como el ciclo nutricional.

**Suelo:** es la capa superficial de la corteza terrestre en la que viven numerosos organismos y crece la vegetación. El suelo sirve de soporte a las plantas y le proporciona los elementos nutritivos necesarios para subdesarrollo.

**Suelos limosos:** Aquellos terrenos que están compuestos, en su mayoría, por limo. El limo es un material natural. Sus partículas tienen una medida de entre 0,002 y 0,05 mm de diámetro. Estos, al ser tan pequeño, son arrastrados por la corriente del agua y vientos. Además del limo, este suelo está compuesto por otras partículas, como arena y arcilla. Todas ellas son muy pequeñas y esto le da



una textura suave, en comparación al suelo compuesto en su mayor parte por arena. Por lo general también contiene vegetales y restos de plantas, todo esto sumado a que es un terreno que se encuentra próximo al agua, es muy fértil. Este tipo de suelo se caracteriza, entre otras cosas, por ser rico en nutrientes y fácil de mantener humectado, y ser de un color marrón claro.

**Suelo turbas:** El suelo es el medio donde la planta encuentra el agua, las sustancias minerales y el oxígeno necesarios para su crecimiento y desarrollo vegetativo. Al mismo tiempo hace de soporte a la planta. Las turbas son los materiales más empleados en la elaboración de sustratos para macetas debido a sus cualidades.

Las turbas rubias o poco descompuestas debido a su estructura poseen una excelente porosidad y es buena receptora de soluciones nutritivas, proporcionando gran aireación a las raíces. Además, está libre de gérmenes y semillas de malas hierbas y es bastante ligera. Después de su humedecimiento y abonado puede ser utilizada inmediatamente. Las turbas negras, más descompuestas son de peor calidad, retienen peor el agua y poseen menos aireación para las raíces.



#### 4.4. MARCO CONTEXTUAL

La vereda san quintín está dentro de la zona rural del municipio pueblo bello del casco urbano de pueblo bello de allí la vereda san quintín se encuentra a una distancia de 8 km aproximadamente. Se encuentra a una altura sobre el nivel del mar 1200 m.s.n.m (Alcaldía de Pueblo Bello, 2019).

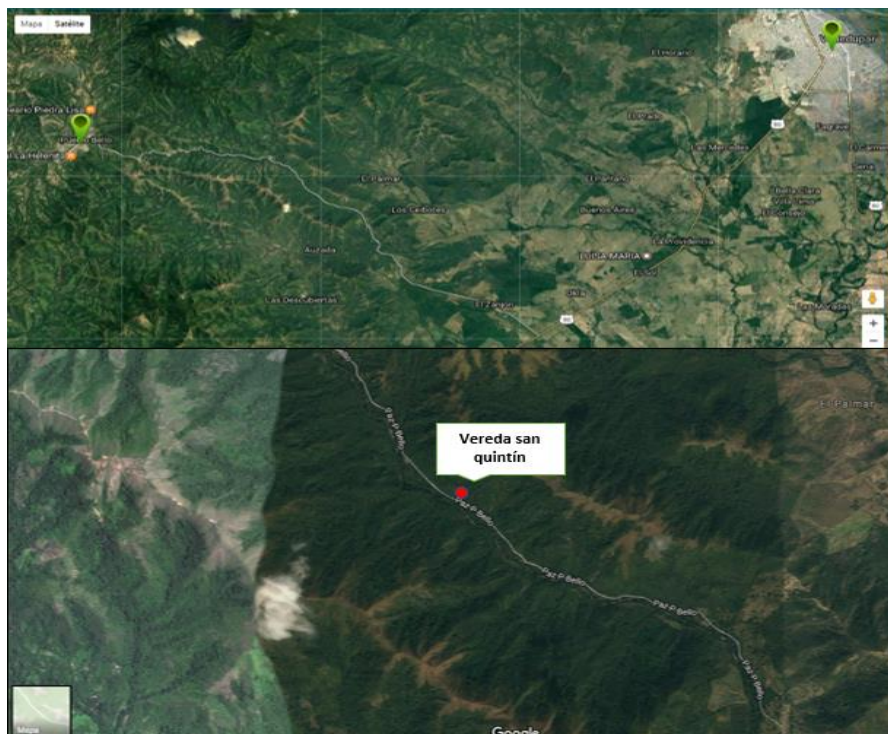
Información general del municipio de pueblo bello:

- NIT: 824001624-1
- Código DANE: 20570
- Gentilicio: PUEBLOBELLANOS
- Otros nombres que ha recibido el municipio: Valencia del dulce nombre de Jesús. (Pueblo Nuevo)
- Descripción Física: Se encuentran los picos térmicos Ecuatorial, Sudandino, Andino y Paramo.
- Límites del municipio: Al Norte, Sur y Este con el Municipio de Valledupar. Al Oeste Con el Municipio de El Copey y el Departamento del Magdalena.
- Extensión total: 733.684 km<sup>2</sup>. Km<sup>2</sup>



- Extensión área urbana: 84.618 Km<sup>2</sup>
- Extensión área rural: 649.065 Km<sup>2</sup>
- Temperatura media: 16 a 22° C
- Distancia de referencia: 54 km de Valledupar

Pueblo Bello es uno de los 25 municipios colombianos que integran el Departamento del Cesar. Se encuentra sobre la Sierra Nevada de Santa Marta a una altitud de 1200 m.s.n.m. en un estrecho valle de montaña sobre un altiplano.



**Ilustración 2:** Localización de la vereda san quintín y cómo llegar a ella.

**Fuente:** Tomada a partir de Google Mapa, 2019.



**Ilustración 3:** Entrada a la Vereda San Quintín del Municipio Pueblo Bello-Cesar.

**Fuente:** Tomada a partir de Google Mapa, 2019

## 4.5. MARCO LEGAL

Tabla 3. Marco legal

NORMAS	ARTÍCULOS	DESCRIPCIÓN
<b>Constitución Política de Colombia 1991</b>	80 Título II, Capítulo III. De los derechos colectivos y del ambiente	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
	339. Título XII Capítulo II. De los Planes de Desarrollo	Las entidades territoriales elaborarán y adoptarán de manera concertada entre ellas y el gobierno nacional, planes de desarrollo, con el objeto de asegurar el uso eficiente de sus recursos y el desempeño adecuado de las funciones que les hayan sido asignadas por la Constitución y la ley.
	365. Título XII Capítulo IV De la finalidad social del estado y del servicio	Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios.
<b>Ley 2 de 1959</b>		Reserva forestal y protección de suelos y agua. Dentro de la cual se establece que, con el fin de conservar sus suelos, corrientes de agua y asegurar su adecuada utilización, el Gobierno reglamentará la utilización de los terrenos de propiedad privada que se encuentren localizados dentro de los límites de las Zonas de Reserva Forestal o de Bosques Nacionales.

<b>Ley 9 de 1959</b>		Congreso de la república de Colombia Reserva forestal y protección de suelos y agua.
<b>Ley 23 de 1973</b>		Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional.
<b>Ley 143 de 1994</b>	Capítulo I Principios generales	En relación con el servicio público de electricidad, al estado le corresponde asegurar la adecuada incorporación de los aspectos ambientales en la planeación y gestión de las actividades del sector
<b>Ley 9 de 1996</b>	Congreso de la república de Colombia	Por el cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones
<b>Ley 388 de 1997</b>		Mediante esta ley se definen las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales.
	Art. 3	El presente Código regula el manejo de los recursos naturales renovables (La tierra, el suelo y el subsuelo).
	Art. 35	Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios, y en general, de desechos que deterioren los suelos o, causen daño o molestia al individuo o núcleos humanos.
	Art. 36	Para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán preferiblemente los medios que permita, entre otros, restaurar o mejorar los suelos.



	Art. 179	El aprovechamiento de los suelos deberá efectuarse en forma de mantener su integridad física y su capacidad productora. En la utilización de los suelos se aplicarán normas técnicas de manejo para evitar su pérdida
<b>Ley 697 de 2001</b>		Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía y se promueve la utilización de energías alternativas
<b>Ley 1151 de 2007</b>	Título II Capítulo II Descripción de los principales programas de inversión (6, sección 3.6) infraestructura para el desarrollo.	Se promoverán proyectos piloto de generación de energía eléctrica que estén soportados en la implementación de tecnologías que utilicen fuentes de energía alternativa.
<b>Ley 1715 de 2014</b>		Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.
<b>DECRETO 2811 DE 1974</b>		Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Además, en la parte VII nos habla del suelo agrícola y del uso no agrícola de la tierra.
<b>Decreto 2119 de 1992</b>	Título III Capítulo IV De la unidad de planeación minero energética (13, numeral 4)	Evaluar la conveniencia económica y social del desarrollo de fuentes y usos energéticos no convencionales, así como el desarrollo de energía nuclear para usos pacíficos.



NORMAS	DESCRIPCIÓN
<b>Decreto 2492 de 2014</b>	"Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda".
<b>Decreto 2469 de 2014</b>	"Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración"
<b>Decreto 2143 de 2015</b>	"Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014."
<b>Decreto 1623 de 2015</b>	"Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas".
<b>Decreto 348 de 2017</b>	"Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala".
<b>Decreto 1543 de 2017</b>	"Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, Fenoge"
<b>Decreto 570 de 2018</b>	"Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones"
<b>Resolución No. 00150 de 2003</b>	Por la cual se adopta el reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelos para Colombia.



<b>Resolución 0170 de 2009</b>	Declaró el año 2009 como año de los suelos y el 17 de junio como Día Nacional de los Suelos; además se le asigna al Ministerio, entre otras la obligación de formular políticas y expedir normas, directrices e impulsar planes, programas y proyectos dirigidos a la conservación.
<b>La Resolución MME 18-0919 de 2010</b>	Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.
<b>Resolución Ministerio de Ambiente 1312 de 11 agosto de 2016</b>	“Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones”.
<b>Resolución Ministerio de Ambiente 1283 de 8 agosto de 2016</b>	“Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables – FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones”
<b>Resolución Ministerio de Ambiente 1988 de 2017</b>	PAI 2017 – PROURE (Programas para Exclusión IVA)
<b>Resolución UPME 585 de 2017</b>	(Procedimiento ante UPME Exclusión de IVA)
<b>Resolución</b>	(Procedimiento ante ANLA para exclusión de IVA)



<b>Ministerio de Ambiente 2000 de 2017</b>	
<b>Resolución CREG 167 de 2017</b>	“Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme de plantas eólicas”
<b>Resolución CREG. 201 de 2017</b>	“Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas”
<b>Resolución CREG 015 de 2018</b>	“Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional”. Ver capítulo 10 para metodología de cálculo del servicio de respaldo.
<b>Resolución CREG 030 de 2018</b>	“Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional”.
<b>Resolución CREG 038 de 2018</b>	“Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas”.
<b>Normas Técnicas Colombianas</b>	
<b>NTC 4113-2</b>	Esta norma presenta orientaciones sobre técnicas para tomar y almacenar muestras de suelo, de tal modo que éstas se puedan examinar posteriormente con el fin de suministrar información sobre la calidad del suelo, incluyendo el contenido de nutrientes y la presencia de contaminación.
<b>NTC-ISO 11464</b>	Calidad del suelo. Esta norma presenta orientaciones sobre técnicas para pre tratamiento de las muestras de suelo para análisis fisicoquímicos.

*Fuente: Los autores, 2020.*



## 5. MARCO METODOÓGICO

A continuación, se explicará el desarrollo metodológico del presente estudio, de acuerdo al tipo de investigación, diseño, muestra y población y técnica de recolección.

### 5.1. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de tipo descriptivo y exploratorio. Es de tipo descriptivo ya que es necesario recolectar información referente a las propiedades y tipos de suelos, los tipos de plantas y las fuentes de energía renovables; es de tipo exploratorio, debido a que el tema de investigación ha sido poco estudiado y por lo cual no cuenta con una base amplia en antecedentes.

### 5.2. DISEÑO

El presente estudio es de tipo experimental, ya que la investigación se realiza manipulando deliberadamente las variables, en la cual se observan los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural.

### 5.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de dicho estudio hace referencia a las plantas y suelos en la vereda San Quintín; la muestra está conformada por la familia de plantas labiada y Poaceae, y los suelos limosos y turbas.



#### 5.4. DESARROLLO METODOLÓGICO

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos durante la investigación, se utilizaron fuentes secundarias, es decir la consulta a diferentes fuentes de información, como libros, documentos, tesis y artículos científicos encontrados en internet. A partir de lo anterior las actividades se desarrollan teniendo en cuenta las siguientes técnicas e instrumentos de análisis de información.

Tabla 4: Guía desarrollo de la metodología

OBJETIVOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Identificar qué tipo de plantas y suelos se presentan en la Vereda san Quintín.	-Observación -Extracción de muestras	-Métodos de Bouyoucos -Método de von Post
Analizar los suelos limosos y turba, a través del método fisicoquímico (conductividad, intercambio catiónico y Microbiológico).	-Extracción de muestras	-Análisis en laboratorio (medidor de conductividad eléctrica) -Método fisicoquímico del acetato de amonio -Método de conteo en placa
Calcular la cantidad de energía producida por la relación planta - suelo con respecto a la familia de plantas labiada e Poaceae y los suelos limosos y turbas, en aras de conocer su potencia y la eficiencia producida mediante la relación establecida.	-Tabla comparativo entre las plantas y los suelos. - observación	- Obtención de datos atreves Multímetro
Plantear la utilización de la energía eléctrica, producida mediante la relación planta-suelo como una fuente de energía alternativa	-Visita a la vereda san quintín con el fin de presentar la propuesta	

Fuente: Autores,2019

**Etapa 1:** Identificar qué tipo de plantas y suelos se presentan en la Vereda san Quintín.

**Actividad 1.1.** Identificar los tipos de plantas presentes en la vereda San Quintín.

**Descripción:** la identificación de las plantas se realizó mediante la técnica de observación, por medio de la cual se ejecutó la visita a campo en la vereda san quintín. A través de la observación se logró identificar diversos tipos de familias de plantas, de las cuales se seleccionaron dos muestras, una hace referencia a la familia labiada, tomando como base el “orégano” *Anexo 1* y la otra se refiere a la familia Poaceae seleccionando la “paja de limón” *Anexo 2*.

**Actividad 1.2.** Identificar los tipos de suelos presentes en la vereda San Quintín.

**Descripción:** Para identificar los tipos de suelo existentes en la vereda san Quintín, se implementó como instrumento el método de Bouyoucos y el von Post. El método de Bouyoucos conocido también como hidrómetro, se utilizó para medir la densidad de suspensión en diferentes tiempos, a través de la velocidad de caída de las partículas en relación a su diámetro, con el fin de determinar el tipo de suelo sin necesidad de eliminar la materia orgánica y sales salubres que se presentan en él.

A través del método de Bouyoucos se realizaron los siguientes pasos:

- Se limpió la zona para la extracción de muestras.

- Se prosiguió a tomar la muestra de forma manual de aproximadamente 50 gramos de suelo ver *Anexo 4*, tras ser empacado en bolsas completamente selladas, con el fin de evitar la absorción de la humedad en el ambiente.
- Luego en el laboratorio se procedió a tamizar la muestra, siendo esta tamizada se tomaron 20 gramos, se depositaron en el recipiente mezclador (vaso de electro plata) ver *Anexo 5*, luego se llevó hasta 1/3 de volumen junto al agua, se le agregaron 10 ml de solución dispersante y se dejó reposar por cinco (5) minutos; finalizado el tiempo se procedió nuevamente a la mezcladora por 10 minutos.
- Se depositó en una probeta aforada hasta un litro y se agitó de forma manual por veinte (20) segundos en pro de remover todo el material.
- Pasado cuarenta (40) segundo se realizó la lectura a través del hidrómetro.
- Luego de una pausa de dos (2) horas se retoma nuevamente la lectura para calcular el valor real de arcilla. Ver *Anexo 6*.
- Finalizado dicho proceso se tomó veinte (20) gramos adicionales para ser estudiados en el laboratorio y calcular la muestra seca.
- Una vez finalizado el procedimiento en laboratorio se continua con los cálculos a través de ecuaciones, con el fin de corregir los datos obtenidos.

El método de von Post se utilizó para la identificación del suelo turba en la vereda san Quintín, por medio de este se determinó el grado de descomposición o 80



CO-SC-CER518726



humificación de la turba; en este proceso no se implementó el método de Bouyoucos ya que este tipo de suelo no hace parte de la clasificación del diagrama de textura.

A través del método de von Post se realizaron los siguientes pasos:

- Selección de muestra del suelo aproximadamente 30 gramos de la cual se extrajo una pequeña cantidad con la mano.
- Luego de ser escurrida y triturada se logró observar el color y la naturaleza del residuo; a partir de este mecanismo se determinó el grado de descomposición del suelo hallando valores de H1 a H10 (norma DIN 11.540) de los cuales nos permiten identificar el tipo de suelo. *Ver Anexo 7.*

**Etapas 2:** Analizar los suelos limosos y turba, a través del método fisicoquímico (conductividad, intercambio catiónico y microbiológico).

**Actividad 2.1.** Analizar la conductividad de los suelos limosos y turba

**Descripción:** para el análisis de la conductividad del suelo limoso y turba se obtuvieron muestras del campo; dichas muestras fueron analizadas en el laboratorio implementado el método fisicoquímico a través de un medidor de conductividad, este permitió medir la capacidad que posee el suelo al conducir la energía y aprovechar la sal presente. Dicho lo anterior, se procedió a examinar las muestras en el laboratorio, en donde se implementaron los siguientes pasos:

- De las muestras recolectadas se tomaron cien (100) gramos de suelo seco limoso y cien (100) gramos de suelo turba seca. *Ver Anexo 8.*

- Luego se llevaron por separadas las muestras a un vaso Vickers, procurando impedir la pérdida muestra en su traslado. *Ver Anexo 9.*
- Después se tomó doscientos (200) mililitros de agua destilada, de los cuales fueron depositados cien (100) mililitros para el suelo limoso y cien (100) mililitros para el suelo turba, para luego ser mezclados por un laxo de diez minutos. *Ver Anexo 10.*
- Una vez concluido el proceso se filtraron ambas muestras utilizando papel filtro, con el fin de realizar la respectiva medición de conductividad. *Ver Anexo 11.*

**Actividad 2.2.** Analizar el intercambio catiónico de los suelos limosos y turba.

**Descripción:** para analizar el intercambio catiónico presente en el suelo limo y turba se implementó el método fisicoquímico del acetato de amoníaco, mediante el cual se calculó la cantidad de cationes intercambiables que neutralizan la carga negativa del suelo, obteniendo como resultado el valor de intercambio catiónico de los presente suelos. Para su elaboración se realizaron los siguientes pasos:

- De la muestra extraída se tomaron 5 gramos de suelo limoso y turba, ambas muestras fueron depositadas en diferentes vasos precipitado, agregándoles a ambos 25 mililitros de solución saturada.
- Luego fueron colocados en un agitador mecánico durante treinta (30) minutos, finalizado el tiempo se filtró uno por uno al vacío en un embudo Bouchner, para luego lavar el exceso de sal con 5 mililitro de alcohol etílico.

- A ambos suelos se le añadieron veinticinco (25) mililitros de solución extractora, para luego filtrar las muestras. *Ver anexo 12.*
- Estando las muestras en vasos de Erlenmeyer se le agregaron diez (10) mililitro de solución de formaldehidos y tres (3) gotas de fenolftaleína. *Ver Anexo 13.*
- Se titularon con hidróxido de sodio con la finalidad de obtener un color rosado pálido permanente. *Ver Anexo 14.*
- Finalizado el proceso en el laboratorio se procedió a calcular el intercambio catiónico presente en el suelo limoso y turba mediante la ecuación.

*Ecuación 1. Intercambio catiónico.*

$$IC = \frac{V * 0,1 * 100}{pm}$$

Siendo (pm) peso de la muestra, (V) como los mililitros de NaOH (hidróxido de sodio) utilizados en la titulación de la muestra.

**Actividad 2.3.** Analizar los suelos limosos y turba a través del método microbiológico.

**Descripción:** los microorganismos son una parte fundamental del suelo ya que estos son capaces de promover y modificar el desarrollo vegetal del mismo, los suelos limos y turbas contienen microorganismos capaces de descomponer la materia orgánica presente, liberando los nutrientes minerales para la producción de energía.

Teniendo en cuenta lo anterior para llevar a cabo el análisis y conocer la cantidad de microorganismos presentes en los suelos estudiados, se implementó el método conteo en placa. El objetivo de esta técnica, radica en contar las colonias que se desarrollan en medio del cultivo, durante un tiempo estimado y a partir de la temperatura de incubación.

Se presentan dos modalidades de siembra: en superficie (siembra por extensión) y en profundidad (siembra por vertido en placa). Para el desarrollo de esta actividad, se utilizó la siembra por vertido en placa, por medio de la cual se realizaron los siguientes pasos.

- Para el conteo de bacteria se preparó medio cultivo en el cual se implementó Agar Plate Count y a partir de las instrucciones del agar se procedió a calcular las cantidades necesarias para el número de cajas de Petri a utilizar.
- Para la prueba se utilizó 40 cajas de Petri, en cual fueron servidas hasta la mitad por 13 mililitros en cada una, multiplicando el número de cajas utilizadas por los ml servidos, se añadió 520 mililitros de agua destilada para diluir el medio, a partir de las instrucciones del Agar 23,5 gramos se debe diluir en 1.000 mililitros de agua destilada, luego se procedió a

determinar los gramos de Agar necesarios a través de la regla de tres simple.

- Consecutivamente, se disolvieron los 12,22 gramos de Agar en los 520 mililitros de agua destilada en un frasco de vidrio, para luego ser llevados a la estufa hasta lograr el punto de ebullición luego de ser agitado constantemente.
- Después se llevó la preparación a la autoclave, al igual los tubos de ensayos en donde se realizaron las diluciones, lo anterior con un contenido de 9 mililitro de agua destilada cada uno.
- Luego se procedió a preparar las diluciones, una vez esterilizados los materiales utilizados. Se peso 1 gramo de suelo limoso y 1 gramo de suelo turba, se diluyo en el primer tubo de ensayo (ambas muestras se hicieron por separado), y fueron mezclados con una micropipeta diluyendo  $10^{-2}$  y de esta manera consecutivamente hasta llegar a  $10^{-6}$  sirviendo paralelamente 1 mililitro de  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$  en sus respectivas cajas de Petri.
- Luego las cajas fueron agitadas hasta homogeneizar las mezclas, para luego ser enfriadas durante 8 a 10 minutos, finalmente se rotularon en la base de la caja para ser colocadas en la estufa a  $37^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas.
- Terminado el proceso anterior se realizó el conteo de hongos aplicando el proceso de vaciado en placas, en el cual se utilizó Agar Rosa de Bengala y a partir de las instrucciones del agar se procedió a calcular las cantidades necesarias para el número de cajas de Petri a utilizar.

- Para la prueba se utilizó 40 cajas de Petri, en cual fueron servidas hasta la mitad por 13 mililitros en cada una, multiplicando el número de cajas utilizadas por los ml servidos, se añadió 520 mililitros de agua destilada para diluir el medio, a partir de las instrucciones del Agar 32,15 gramos se debe diluir en 1.000 mililitros de agua destilada, luego se procedió a determinar los gramos de Agar a utilizar a través de la regla de tres simple.
- Consecutivamente se disolvieron los 16,72 gramos de Agar en los 520 mililitros de agua destilada en el frasco de vidrio, el cual fue tapado para luego ser llevado a la estufa hasta que alcance el punto de ebullición mientras este es agitado constante mente; así mismo se realizó el paso a través de la autoclave, luego las diluciones, el pesos de las muestras de suelo realizando el proceso por separado hasta llegar a  $10^{-6}$  sirviendo paralelamente 1 mililitro de  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$  en sus respectivas cajas de Petri y se colocaron en la estufa a  $22^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas.

**Etapas 3:** Calcular la cantidad de energía producida por la relación planta - suelo con respecto a la familia de plantas labiada e Poaceae y los suelos limosos y turbas, en aras de conocer su potencia y la eficiencia producida mediante la relación establecida.

**Actividad 3.1.** Calcular la cantidad de energía producida por la relación plantas-suelos.

**Descripción:** en esta etapa se procedió a la experimentación, en donde se realizaron pruebas con dos plantas de diferente familias y dos tipos de suelos de

86



CO-SC-CER518726



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

diferente textura, en aras de conocer la eficiencia de producción de la energía eléctrica mediante relación plata-suelo.

Las plantas que se utilizaron fueron: *origanum vulgare* (orégano) y *cymbopogon citratus* (paja de limón), los tipos de suelos que estudiados obedecen al limoso y turba. Para hacer posible el desarrollo del proyecto se tomaron medidas en diferentes horas durante un periodo de 30 días con el propósito de observar la producción de energía eléctrica y el comportamiento de la relación plata-suelo. Estos resultados fueron plasmados en tablas y sus medidas calculadas tomadas mediante los resultados arrojados por el multímetro.

La obtención de la energía eléctrica de la relación planta-suelo fue lograda mediante la conexión del ánodo y cátodo en forma de placas, ubicando en la parte superior el cátodo y en la parte inferior el ánodo de la rizosfera de la planta, con el propósito de que la longitud que se lleva hasta la rizodeposición, logre que la expansión de los electrones sea menor y de esta manera obtener una captación de energía mayor.

También se realizaron otras actividades como, el diseño del módulo (maceta) Ver *Anexo 15*. y el sistema eléctrico que se implementó para la distribución y almacenamiento de la energía producida por la relación planta-suelo, para lograr que el diseño cumpla con el propósito deseado.

Las relaciones planta-suelo que se estipularon fueron:

- **Planta labiada:** *origanum vulgare* (orégano)-suelo limoso (**L+L**) y *origanum vulgare* (orégano)-suelo turba(**L+T**).
- **Planta Poaceae:** *cymbopogon citratus* (paja de limón)-suelo limoso(**P+L**) y *cymbopogon citratus* (paja de limón)-suelo turba(**P+T**).

**Actividad 3.2.** conocer la potencia y eficiencia producida mediante las relaciones establecidas.

**Descripción:** Para conocer la potencia y eficiencia producida mediante la relación planta-suelo se debe tener en cuenta el cálculo de valores entre voltaje y amperaje, logrando con esto calcular la potencia en watts traducida como valor de eficiencia por la relación planta-suelo.

**Etap 4:** Plantear la utilización de la energía eléctrica, producida mediante la relación planta-suelo como una fuente de energía alternativa.

**Actividad 4.1** Plantear la utilización de energía eléctrica producida por la relación planta-suelo, como una alternativa para la satisfacción de las necesidades energéticas en los habitantes de la vereda san Quintín.

**Descripción:** luego de identificar que los tipos de plantas y suelos con mayor relación hacen referencia a la familia de plantas labiada e Poaceae y los suelos limosos y turbas, optamos por plantear la utilización de la energía eléctrica producida mediante la relación planta-suelo como una fuente de energía

alternativa, para satisfacer las necesidades electro energéticas presentes en la vereda San Quintín.

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad, este proceso de generación de luz es muy factible y a la vez sustentable, logrando así aportar al descubrimiento de energías alternativas que promuevan un bajo impacto ambiente, debido a que el hecho de producir energía de forma natural, sin la utilización de agentes contaminantes evita el deterioro al medio ambiente.



## 6. RESULTADOS Y ANALISIS

### 6.1 ETAPA 1: IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS Y SUELOS

#### – Identificación del tipo de plantas:

A través de la observación se identificó dos tipos de familia de plantas, una es labiada tomando como base el “orégano” y la otra Poaceae seleccionando la “paja de limón”. Las anteriores fueron destacadas debido a su aparición en los distintos suelos y por ser utilizadas con propósitos alimenticios y medicinales.


Origanum vulgare llamado comúnmente orégano, es una planta labiada que nace de una delgada cepa de la cual se forma el arbusto de aproximadamente de 45cm de altura, sus hojas con forma avales alrededor de 2 a 5 cm de ancho, sus bordes ligeramente dentados y con vellosidad presente en todas las hojas y tallo. El orégano produce flores que pueden ser rojas o blancas; al igual poseen pequeñas glándulas contenedoras de esencia aromática.



**Ilustración 4:** Labiada (Orenga, Oregarra, Díctamo crítico, Mejorana)  
**Fuente:** autores,2019.

Observaciones de la planta:

Tabla 5: Observaciones de la planta *origanum vulgare*

	<b>Nombre</b>	<i>Origanum</i>
	<b>Científico:</b>	<i>vulgare</i>
	<b>Reino:</b>	Plantae
	<b>División:</b>	Angiospermae
	<b>Clase:</b>	Dicotyledones
	<b>Orden:</b>	Tubiflorae
	<b>Familia:</b>	Labiadas

Fuente: Autores, 2020

Cymbopogon citratus llamada usualmente paja de limón es una planta Poaceae, puede lograr una altura de 1 metro aproximadamente, sus hojas son agrupadas y pueden medir 1 metro de longitud, son lineales, delgadas e inclinadas hacia las puntas con un sutil olor a limón; sus hojas cuentan con bellos que suelen ser rasposos al tener contacto prolongado con ellas y suelen reproducirse a gran escala.



Ilustración 5: *Cymbopogon citratus*

Fuente: Autores, 2020

Tabla 6. Observaciones de la planta *Cymbopogon citratus*

	<b>Nombre Científico:</b>	<i>Cymbopogon citratus</i>
	<b>Reino:</b>	Plantae
	<b>División:</b>	Magnoliophyta
	<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
	<b>Orden:</b>	Poales
	<b>Familia:</b>	Poaceae

Fuente: Autores, 2020

– **Identificación de los tipos de suelos:**

La identificación del suelo limoso se realizó a través del método de Bouyoucos, ejecutando los siguientes pasos y obtenido los distintos resultados.

- Se limpio la zona para la extracción de muestras.
- Se prosiguió a tomar la muestra de forma manual de aproximadamente 50 gramos de suelo ver *Anexo 4*, tras ser empacado en bolsas completamente selladas, con el fin de evitar la absorción de la humedad en el ambiente.
- Luego en el laboratorio se procedió a tamizar la muestra, siendo esta tamizada se tomaron 20 gramos, se depositaron en el recipiente mezclador (vaso de electro plata) ver *Anexo 5*, luego se llevó hasta 1/3 de volumen

junto al agua, se le agregaron 10 ml de solución dispersante y se dejó reposar por cinco (5) minutos; finalizado el tiempo se procedió nuevamente a la mezcladora por 10 minutos.

- Se depositó en una probeta aforada hasta un litro y se agitó de forma manual por veinte (20) segundos en pro de remover todo el material.
- Pasado cuarenta (40) segundo se realizó la lectura a través del hidrómetro, el cual apunta 17 g/cm<sup>3</sup> de arena. Luego de una pausa de dos (2) horas se retoma nuevamente la lectura real la cual marco un 1,7 g/cm<sup>3</sup> de arcilla Ver Anexo 6. En ambos se logró calcular una temperatura de 25,5°C respectivamente.
- Finalizado dicho proceso se tomó veinte (20) gramos adicionales para ser estudiados en el laboratorio y calcular la muestra seca. Este proceso fue realizado mediante el horno para retirar el grado de humedad existe en la muestra. Para luego obtener como resultado 18,726 gramos de muestra complemente seca.
- Una vez finalizado el procedimiento en laboratorio se continua con los cálculos, en ellos se corrigió la humedad del suelo de la siguiente forma:

Ecuación 2.

$$\%h = \frac{pn - ps}{ps} \times 100$$

$$\%h = \frac{20g - 18.726g}{18.726g} \times 100 = 6.803g$$

$$20g \times \frac{6.803\%}{100\%} = 1.360g$$

$$g \text{ masa suelo seco} = 20g - 1.360g = 18.64g$$

- Determinado el cálculo de corrección de humedad se continua con la determinación de la textura del suelo:

Tabla 7: Datos para la determinación de la textura.

Muestra	Lectura hidrómetro		Lectura real		Temperatura (°C)
	Tiempo(s)		Tiempo (s)		
	40	7200	40	7200	
Agua	1000	1000	1,7 g/cm <sup>3</sup>	1,7 g/cm <sup>3</sup>	25,5
Suspensión	1011	1004	17 g/cm <sup>3</sup>	1,7 g/cm <sup>3</sup>	25,5

*Fuente: Los autores, 2020.*

- Luego de la determinación de la textura de suelo se procedió con la corrección de la temperatura de este mismo:

Tabla 8: Corrección de la temperatura

TEMP. °C	CORRECCIÓN	TEMP. °C	CORRECCIÓN		
15.0	-	1.62	21.5	+	0.18
15.5	-	1.44	22.0	+	0.90
16.0	-	1.26	22.5	+	1.08
16.5	-	1.08	23.0	+	1.26
17.0	-	0.90	23.5	+	1.44
17.5	-	0.72	24.0	+	1.62
18.0	-	0.54	24.5	+	1.80
18.5	-	0.36	25.0	+	1.98
18.0	-	0.18	25.5	+	2.11
19.5	-	0	26.0	+	2.34
20.0	+	0.18	26.5	+	2.52
20.5	+	0.36	27.0	+	2.70
21.0	+	0.54	27.5	+	2.858
			28.0	+	3.06

*Fuente: (mexicana, 2000)*



De acuerdo a la temperatura obtenida durante la práctica se hacen las correcciones pertinentes y se obtiene como resultado un factor de corrección de 2,11.

- Después de obtener el factor de corrección se realiza la lectura corregida.

Ecuación 3.

$$LC = L_{\text{real}} - L_{\text{H}_2\text{O}} \mp \text{Corrección por temperatura}$$

A los 40 segundos

$$LC = 17 - (1,7) + 2.11 = 17,41$$

A las 2 horas:

$$LC = 1,7 - (1,7) + 2.11 = 2,11$$

- Con base a los datos y correcciones obtenidas se procede al cálculo del tipo de suelo de la siguiente manera:

Ecuación 4.

$$\% \text{ Arena Total} = 100 - \left( \frac{\text{Lectura corregida a los 40''} \times 100}{g \text{ masa suelo seco (MMS)}} \right)$$

$$\% \text{ Arena Total} = 100 - \left( \frac{17,41 \times 100}{18.64} \right) = \mathbf{6,59\%}$$

Ecuación 5.

$$\% \text{ Arcilla Total} = \left( \frac{\text{Lectura corregida a 2 horas} \times 100}{g \text{ masa suelo seco (MMS)}} \right)$$

$$\% \text{ Arcilla Total} = \left( \frac{2,11 \times 100}{18.64} \right) = \mathbf{11,31\%}$$

95



CO-SC-CER518726

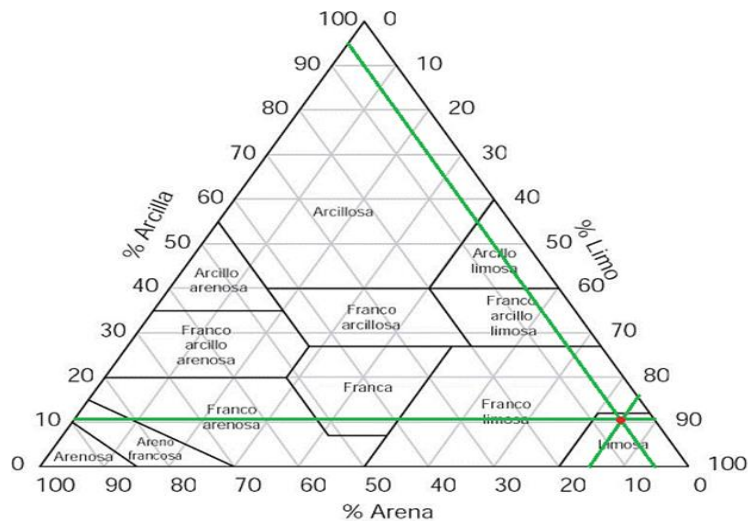


Ecuación 6.

$$\% \text{ Limo} = 100 - (\% \text{ Arenas} + \% \text{ Arcillas})$$

$$\% \text{ Limo} = 100 - (6,59\% + 11,31\%) = \mathbf{82,1\%}$$

- A partir de las ecuaciones implementadas se obtuvieron los siguientes resultados: arena 6,59%, arcilla 11,31% y limo 82,1%.
- Una vez calculados los porcentajes de las partículas de arena, arcillas y limo, procedemos a determinar la textura de la muestra del suelo. Para esto ubicamos cada uno de los porcentajes obtenido en el diagrama de texturas como se muestra en la *Figura 1*, en donde el punto en que se cruzan las tres líneas, es la textura correspondiente a la muestra analizada, la cual indica el suelo limoso.



**Ilustración 6.** Textura correspondiente a la muestra analiza

**Fuente:** Los autores, 2020

Para la identificación del suelo turba en la vereda san Quintín se llevó acabo la utilización del método de von Post, el cual nos permite determinar el grado de descomposición o humificación de la turba, no se implementó el método de Bouyoucos ya que este tipo de suelo no hace parte de la clasificación del diagrama de textura.

Fue seleccionada una muestra del suelo de aproximadamente 30gr, de la cual se extrajo una pequeña cantidad con la mano. Luego de ser escurrida y triturada se logró observar el color y la naturaleza del residuo; a partir de este mecanismo se determinó el grado de descomposición del suelo hallando valores de H1 a H10 (norma DIN 11.540) de los cuales nos permiten identificar el tipo de suelo.

*Tabla 9: Identificación del tipo de turba según la norma DIN 11.540*

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
H1	Turba completamente sin descomponer que, cuando se aprieta, libera agua casi transparente. Las plantas siguen siendo fácilmente identificables. No hay material amorfo presente.
H2	Turba casi enteramente sin descomponer la que, cuando se aprieta, libera agua clara o amarillenta. Las plantas todavía siguen siendo fácilmente identificables. No hay material amorfo presente.
H3	Turba muy ligeramente descompuesta que, cuando se aprieta, libera agua marrón fangosa, pero de la que no pasa turba entre los dedos. Las plantas permanecen todavía identificables, y no hay ningún material amorfo presente.
H4	Turba ligeramente descompuesta que, cuando se aprieta, libera agua oscura muy fangosa. Sin pulpa de turba que pase entre los dedos, pero los restos de plantas están ligeramente pastosos y han perdido algunas de sus características identificables.
H5	Turba moderadamente descompuesta que, cuando se aprieta, libera agua muy

	"fangosa" con una muy pequeña cantidad de turba granular amorfa que escapa entre los dedos. La estructura de los restos de plantas es bastante indistinta, aunque todavía es posible reconocer ciertas características. El residuo es muy pastoso.
H6	Turba moderadamente altamente descompuesta con una estructura de plantas muy indistinta. Cuando se aprieta, alrededor de un tercio de la turba se escapa entre los dedos. El residuo es muy pastoso, pero muestra la estructura de las plantas más claramente que antes de apretar.
H7	Turba altamente descompuesta. Contiene una gran cantidad de material amorfo con estructura de plantas muy vagamente reconocible. Cuando es exprimida, aproximadamente la mitad de la turba se escapa entre los dedos. El agua que se libera, si alguna, es muy oscura y casi pastosa.
H8	Turba muy altamente descompuesta con una gran cantidad de material amorfo y estructura de las plantas muy indistinta. Cuando se aprieta, alrededor de dos tercios de la turba se escapa entre los dedos. Una pequeña cantidad de agua pastosa puede ser liberada. El material vegetal que queda en la mano consiste en residuos tales como raíces y fibras que se resisten a la descomposición.
H9	Turba prácticamente totalmente descompuesta en la que casi no hay estructura de plantas reconocible. Cuando se exprime es una pasta bastante uniforme.
H10	Turba totalmente descompuesta sin estructura de plantas discernible. Cuando es exprimida, toda la turba húmeda se escapa entre los dedos.

*Fuente: basado en la norma DIN 11.540*

De acuerdo a la tabla anterior se seleccionó la muestra H3 dado que en se libera agua marrón fangosa, pero de la que no pasa turba entre los dedos. Las plantas permanecen todavía identificables, y no hay ningún material amorfo presente. Ver Anexo 7.

## 6.2 ETAPA 2: ANALISIS DE LOS SUELOS LIMOSOS Y TURBA

- **Análisis a través del método fisicoquímico (conductividad):**

Para el análisis de la conductividad del suelo limoso y turba se obtuvieron muestras del campo; dichas muestras fueron analizadas en el laboratorio implementado el método fisicoquímico a través de un medidor de conductividad, este permitió medir la capacidad que posee el suelo al conducir la energía y aprovechar la sal presente. Dicho lo anterior, se llevaron la muestra al laboratorio donde se procedieron a implementar los siguientes pasos:

- De las muestras recolectadas se tomaron cien (100) gramos de suelo seco limoso y cien (100) gramos de suelo turba seca. *Ver Anexo 8.*
- Luego se llevaron por separadas las muestras a un vaso Vickers, procurando impedir la pérdida muestra en su traslado. *Ver Anexo 9*
- Después se tomó doscientos (200) mililitros de agua destilada, de los cuales fueron depositados cien (100) mililitros para el suelo limoso y cien (100) mililitros para el suelo turba, para luego ser mezclados por un laxo de diez minutos. *Ver Anexo 10.*
- Una vez concluido el proceso se filtraron ambas muestras utilizando papel filtro, con el fin de realizar la respectiva medición de conductividad, *Ver Anexo 11.* dándonos como resultado lo siguiente:

Conductividad eléctrica suelo limoso: 1,5 dS/m con un PH de 6.8

Conductividad eléctrica suelo turba: 1,7 dS/m con un PH de 6.5

*Tabla 10: Clasificación de los suelos según su conductividad eléctrica*

CATEGORÍA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DS/M
Suelo normal	<2
Suelo salino	>2
Ligeramente salino	2 - 4
Medianamente Salino	4 – 8
Fuertemente salino	8 – 16
Extremadamente salino	>16

*Fuente. Conductividad eléctrica por Jimena Jaschek 2016*

*Tabla 11: Clasificación del PH de los suelos*

PH	CALIFICACIÓN
< 4,5	Muy fuerte acido
4,5 – 5,1	Fuertemente acido
5,2 – 5,8	Acido
5,9 – 6,8	Débilmente acido
6,8 – 7,2	Neutro
7,3 – 7,6	Débilmente alcalino
7,7 – 8,0	Alcalino
8,1 – 8,5	Fuertemente alcalino
8,5	Muy fuertemente alcalino

*Fuente: guía de estudio análisis de suelos por Lic. Adriana Plasencia 2017*

Con base a los resultados obtenidos los suelos están en un rango de conductividad según la *Ver tabla 10* menor a 2 decisiemens por metros (dS/m), siendo este un suelo normal en el cual el crecimiento de las plantas no se ve afectado por un alto contenido de sal, verificándolo con el PH que va de un rango

de 5,9 a 6.8 siendo un suelo débilmente ácido. Esto nos da entender que a mayor conductividad eléctrica mayor es la salinidad, además estos suelos por ser capas de almacenar gran cantidad de agua pueden alcanzar valores más altos de conductividad eléctrica.

- **Análisis a través del método fisicoquímico (intercambio catiónico)**

Para el análisis del intercambio catiónico se implementó el método fisicoquímico del acetato de amoníaco, mediante el cual se calculó la cantidad de cationes intercambiables que neutralizan la carga negativa del suelo, obteniendo como resultado el valor de intercambio catiónico de los presente suelos. Para su elaboración se realizaron los siguientes pasos:

- De la muestra extraída se tomaron 5 gramos de suelo limoso y turba, ambas muestras fueron depositadas en diferentes vasos precipitado, agregándoles a ambos 25 mililitros de solución saturada.
- Luego fueron colocados en un agitador mecánico durante treinta (30) minutos, finalizado el tiempo se filtró uno por uno al vacío en un embudo Bouchner, para luego lavar el exceso de sal con 5 mililitro de alcohol etílico.
- A ambos suelos se le añadieron veinticinco (25) mililitros de solución extractora, para luego filtrar las muestras. *Ver anexo 12.*
- Estando las muestras en vasos de Erlenmeyer se le agregaron diez (10) mililitro de solución de formaldehidos y tres (3) gotas de fenolftaleína. *Ver Anexo 13.*

- Se titularon con hidróxido de sodio con la finalidad de obtener un color rosado pálido permanente. *Ver Anexo 14*
- Finalizado el proceso en el laboratorio se procedió a calcular el intercambio catiónico presente en el suelo limoso y turba mediante la ecuación.

Ecuación 1.

$$IC = \frac{V * 0,1 * 100}{pm}$$

Siendo (pm) peso de la muestra, (V) como los mililitros de NaOH (hidróxido de sodio) utilizados en la titulación de la muestra.

- Intercambio catiónico para suelo limoso.

$$IC = \frac{14 * 0,1 * 100}{5 gr} = 28 meq/l$$

- Intercambio catiónico para suelo turba.

$$IC = \frac{68 * 0,1 * 100}{5 gr} = 136 meq/l$$

Tabla 12: Clasificación del CIC de los suelos.

MATERIAL		CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO (MEQ/L)
Materia orgánica		200 - 400
<b>Textura del suelo</b>		
Arena		1 - 5
Franco arenoso		5 - 10
Francos	franco	5-15 si su PH es superior 3,5 a 8,0 este puede aumentar en 29 meq/l
	Franco limoso	
	limoso	
Franco arcilloso		15-30
Arcilloso		>30
Turba		60 – 120 si el PH es de 3,5 a 8,0 aumenta en 140 meq/l

Fuente: página web agricultura; fertilidad del suelo por Jose Enrique Diaz Curiel, Ing. Agrónomo y Asesor Nutriólogo de Cultivos Vegetales.

Estos resultados cumplen con los rangos establecidos en la *tabla 12* siendo el suelo limoso un rango de 28 miliequivalentes por litros (meq/l) y el suelo turba de 136 meq/l estos rango nos dan a entender que nuestros suelos son capaces de retener e intercambiar nutrientes, siendo estos suelos poseedores de buena materia orgánica, la cual proporciona una capacidad de retención de nutrientes a las plantas, es decir, mayor capacidad de intercambio catiónico y mejoramiento de la fertilidad del suelo, teniendo en cuenta que los suelos turbas son mayores conductores.

- **Análisis a través del método microbiológico**

El análisis microbiológico se implementó para conocer la cantidad de microorganismos presentes en los suelos estudiados, por medio del cual se utilizó el método de conteo en placa. El objetivo de esta técnica, radica en contar las colonias que se desarrollan en medio del cultivo, durante un tiempo estimado y a

partir de la temperatura de incubación. Se presentan dos modalidades de siembra: en superficie (siembra por extensión) y en profundidad (siembra por vertido en placa). Para el desarrollo de esta actividad, se utilizó la siembra por vertido en placa, por medio de la cual se realizaron los siguientes pasos:

- Para el conteo de bacteria se preparó un medio de cultivo en el cual se implementó Agar Plate Count y a partir de las instrucciones del agar se procedió a calcular las cantidades necesarias de medio a utilizar para el número de cajas de Petri a utilizar.
- En la prueba se utilizó 40 cajas de Petri, en las cuales fueron servidas hasta la mitad por 13 mililitros en cada una, multiplicando el número de cajas utilizadas por los ml servidos, se añadió 520 mililitros de agua destilada para diluir el medio, a partir de las instrucciones del Agar 23,5 gramos se debe diluir en 1.000 mililitros de agua destilada, luego se procedió a determinar los gramos de Agar necesarios a través de la regla de tres simple.

$$23,5 \text{ gr} \text{ -----} \rightarrow 1000 \text{ ml} \rightarrow$$

$$X \text{ <-----} 520 \text{ ml}$$

$$X = 12,22 \text{ gr de medio de cultivo Agar Plate Count}$$

- Consecutivamente, se disolvieron los 12,22 gramos de Agar en los 520 mililitros de agua destilada en un frasco de vidrio, para luego ser llevados a la estufa hasta lograr el punto de ebullición luego de ser agitado constantemente.

104



CO-SC-CER518726



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

- Después se llevó la preparación a la autoclave, al igual los tubos de ensayos en donde se realizaron las diluciones, lo anterior con un contenido de 9 mililitro de agua destilada cada uno.
- Luego se procedió a preparar las diluciones, una vez esterilizados los materiales utilizados. Se peso 1 gramo de suelo limoso y 1 gramo de suelo turba, se diluyo en el primer tubo de ensayo (ambas muestras se hicieron por separado), y fueron mezclados con una micropipeta diluyendo  $10^{-2}$  y de esta manera consecutivamente hasta llegar a  $10^{-6}$  sirviendo paralelamente 1 mililitro de  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$  en sus respectivas cajas de Petri.
- Luego las cajas fueron agitadas hasta homogeneizar las mezclas, para luego ser enfriadas durante 8 a 10 minutos, finalmente se rotularon en la base de la caja para ser colocadas en la estufa a  $37^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas.
- Terminado el proceso anterior se realizó el conteo de hongos aplicando el proceso de vaciado en placas, en el cual se utilizó Agar Rosa de Bengala y a partir de las instrucciones del agar se procedió a calcular las cantidades necesarias para el número de cajas de Petri a utilizar.
- Para la prueba se utilizó 40 cajas de Petri, en cual fueron servidas hasta la mitad por 13 mililitros en cada una, multiplicando el número de cajas utilizadas por los ml servidos, se añadió 520 mililitros de agua destilada para diluir el medio, a partir de las instrucciones del Agar 32,15 gramos se debe diluir en 1.000 mililitros de agua destilada, luego se procedió a determinar los gramos de Agar a utilizar a través de la regla de tres simple.

32,15 gr -----> 1000 ml

X <----- 520 ml

X= 16,72 gr de medio de cultivo Agar Plate Count.

- Consecutivamente se disolvieron los 16,72 gramos de Agar en los 520 mililitros de agua destilada en el frasco de vidrio, el cual fue tapado para luego ser llevado a la estufa hasta que alcance el punto de ebullición mientras se es agitado constantemente.
- Después se llevó la preparación a la autoclave, al igual los tubos de ensayos en donde se realizaron las diluciones, lo anterior con un contenido de 9 mililitro de agua destilada y micropipeta para cada uno.
- Luego se procedió a preparar las diluciones, una vez esterilizados los materiales utilizados. Se peso 1 gramo de suelo limoso y 1 gramo de suelo turba, se diluyo en el primer tubo de ensayo (ambas muestras se hicieron por separado), y fueron mezclados con una micropipeta diluyendo  $10^{-2}$  y de esta manera consecutivamente hasta llegar a  $10^{-6}$  sirviendo paralelamente 1 mililitro de  $10^{-2}$  a  $10^{-6}$  en sus respectivas cajas de Petri.
- Luego las cajas fueron agitadas hasta homogeneizar las mezclas, para luego ser enfriadas durante 8 a 10 minutos, finalmente se rotularon en la base de la caja para ser colocadas en la estufa a  $22^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas. Ambas pruebas nos arrojaron como resultado lo siguientes datos, en donde

106



CO-SC-CER518726



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129

Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380

Valledupar Cesar Colombia

se observó que en ambos suelos se presentaron mayores cantidades de bacteria que de hongos.

Tabla 13: Valores obtenidos del conteo de bacteria tanto para suelo limoso

CONTEO DE BACTERIAS			
TRATAMIENTOS	COLONIAS	FACTOR DE DILUCIÓN	PROMEDIO (U.F.C) / GR DE SUELO LIMOSO
TB1	235	10 <sup>-6</sup>	235000000
TB2	235	10 <sup>-6</sup>	235000000
TF1	235	10 <sup>-6</sup>	235000000
TF2	235	10 <sup>-6</sup>	235000000

Fuente: Los autores, 2020

Tabla 14: Valores obtenidos del conteo de bacteria tanto para suelo turba

TRATAMIENTO	COLONIAS	FACTOR DE DILUCIÓN	PROMEDIO (U.F.C) / GR DE SUELO TURBA
TB1	231	10 <sup>-6</sup>	231000000
TB2	231	10 <sup>-6</sup>	231000000
TF1	231	10 <sup>-6</sup>	231000000
TF2	231	10 <sup>-6</sup>	231000000

Fuente: Los autores, 2020

Esta determinación nos indica que las bacterias aumentan con respecto al suelo presente en la zona ya que a mayor densidad de raíces y materia orgánica descompuesta hay mayor número de bacterias, dándonos a entender que Las bacterias, en climas cálidos, son extremadamente activas en la descomposición de materia orgánica, impidiendo la acumulación de humus. Por eso no se acumula materia orgánica en suelos tropicales, como ocurre en climas templados (Valenzuela B & Visconti M, 2018).

Tabla 15: Valores obtenidos del conteo de hongos tanto para suelo limoso

CONTEO DE HONGOS			
TRATAMIENTOS	COLONIAS	FACTOR DE DILUCIÓN	PROMEDIO (U.F.C) / GR DE SUELO LIMOSO
TB1	79,5	10 <sup>-4</sup>	795000
TB2	79,5	10 <sup>-4</sup>	795000
TF1	79,5	10 <sup>-4</sup>	795000
TF2	79,5	10 <sup>-4</sup>	795000

Fuente: Los autores, 2020

Tabla 16: Valores obtenidos del conteo de hongos tanto para suelo turba

TRATAMIENTO	COLONIAS	FACTOR DE DILUCIÓN	PROMEDIO (U.F.C) / GR DE SUELO TURBA
TB1	75,5	10 <sup>-4</sup>	755000
TB2	75,5	10 <sup>-4</sup>	755000
TF1	75,5	10 <sup>-4</sup>	755000
TF2	75,5	10 <sup>-4</sup>	755000

Fuente: Los autores, 2020

Estos resultados nos indicaron que el suelo limoso presento más colonias de hongos que el suelo turba y esto es debido a que el nivel de concentración de materia orgánica presente incrementa la composición de microbiota afectando el crecimiento de hongos.

### 6.3 ETAPA 3. CÁLCULO DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR LA RELACIÓN PLANTA – SUELO Y LA EFICIENCIA PRODUCIDA

- **Cálculo de la cantidad de energía producida por la relación planta – suelo:**

Las plantas que se utilizaron fueron: *origanum vulgare* (orégano) y *cymbopogon citratus* (paja de limón), los tipos de suelos que estudiados obedecen al limoso y turba. Para hacer posible el desarrollo del proyecto se tomaron medidas en diferentes horas durante un periodo de 30 días con el propósito de observar la producción de energía eléctrica y el comportamiento de la relación planta-suelo. Estos resultados fueron plasmados en tablas y sus medidas calculadas tomadas mediante los resultados arrojados por el multímetro.

La obtención de la energía eléctrica de la relación planta-suelo fue lograda mediante la conexión del ánodo y cátodo en forma de placas, ubicando en la parte superior el cátodo y en la parte inferior el ánodo de la rizosfera de la planta, con el propósito de que la longitud que se lleva hasta la rizodeposición, logre que la expansión de los electrones sea menor y de esta manera obtener una captación de energía mayor.

También se realizaron otras actividades como, el diseño del módulo (maceta) Ver *Anexo 15* y el sistema eléctrico que se implementó para la distribución y almacenamiento de la energía producida por la relación planta-suelo, para lograr que el diseño cumpla con el propósito deseado.

Tabla 17: Relaciones planta-suelo establecida

Planta labiada:	Planta Poaceae:
<i>origanum vulgare</i> (orégano)-suelo limoso(L+L)	<i>cymbopogon citratus</i> (paja de limón)-suelo limoso(P+L)
<i>Origanum vulgare</i> (orégano)-suelo turba (L+T).	<i>Cymbopogon citratus</i> (paja de limón)-suelo turba (P+T).

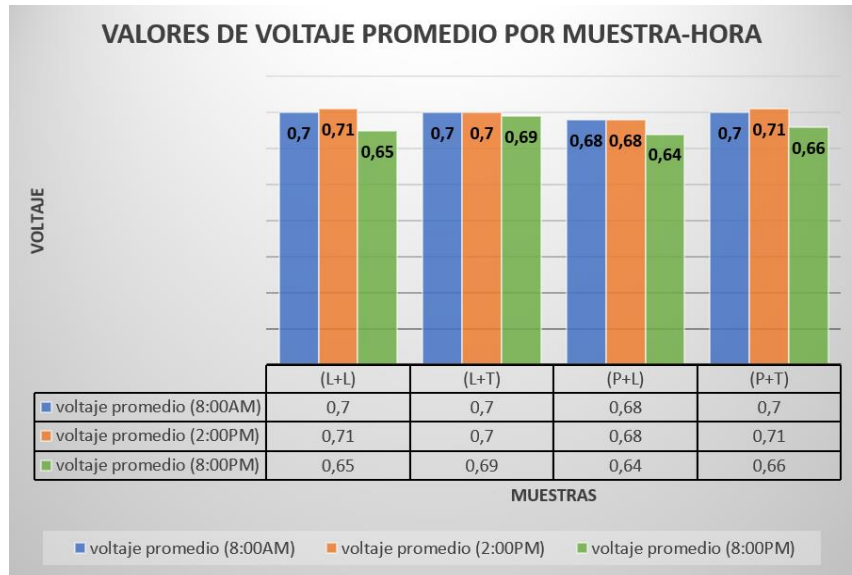
Fuente: Los autores, 2020.

Tabla 18. Voltaje producido en la relación planta-suelo

tabla: LECTURA DE VOLTAJES EN LAS RELACIONES PLANTA-SUELO															
Fecha (día)	hora	Voltaje				hora	Voltaje				hora	Voltaje			
		L+L	L+T	P+L	P+T		L+L	L+T	P+L	P+T		L+L	L+T	P+L	P+T
1	8:00 a. m.	0,73	0,74	0,58	0,74	2:00 p. m.	0,73	0,78	0,58	0,71	8:00 p. m.	0,69	0,72	0,6	0,68
2	8:00 a. m.	0,76	0,73	0,63	0,64	2:00 p. m.	0,75	0,71	0,59	0,7	8:00 p. m.	0,5	0,71	0,63	0,66
3	8:00 a. m.	0,68	0,57	0,69	0,65	2:00 p. m.	0,72	0,59	0,68	0,69	8:00 p. m.	0,69	0,66	0,69	0,65
4	8:00 a. m.	0,69	0,75	0,65	0,69	2:00 p. m.	0,7	0,75	0,65	0,68	8:00 p. m.	0,7	0,74	0,65	0,65
5	8:00 a. m.	0,72	0,68	0,6	0,65	2:00 p. m.	0,61	0,68	0,61	0,7	8:00 p. m.	0,61	0,68	0,61	0,65
6	8:00 a. m.	0,68	0,69	0,73	0,78	2:00 p. m.	0,7	0,68	0,77	0,76	8:00 p. m.	0,68	0,68	0,65	0,62
7	8:00 a. m.	0,69	0,64	0,75	0,7	2:00 p. m.	0,73	0,65	0,71	0,6	8:00 p. m.	0,69	0,65	0,68	0,6
8	8:00 a. m.	0,79	0,65	0,65	0,67	2:00 p. m.	0,72	0,65	0,54	0,67	8:00 p. m.	0,8	0,64	0,63	0,67
9	8:00 a. m.	0,67	0,71	0,76	0,69	2:00 p. m.	0,75	0,71	0,76	0,7	8:00 p. m.	0,66	0,71	0,66	0,64
10	8:00 a. m.	0,63	0,73	0,72	0,67	2:00 p. m.	0,68	0,74	0,79	0,7	8:00 p. m.	0,68	0,74	0,63	0,63
11	8:00 a. m.	0,61	0,78	0,79	0,63	2:00 p. m.	0,65	0,79	0,79	0,71	8:00 p. m.	0,61	0,7	0,65	0,68
12	8:00 a. m.	0,7	0,69	0,74	0,79	2:00 p. m.	0,73	0,61	0,73	0,73	8:00 p. m.	0,51	0,69	0,64	0,64
13	8:00 a. m.	0,73	0,72	0,75	0,71	2:00 p. m.	0,73	0,71	0,75	0,75	8:00 p. m.	0,67	0,71	0,67	0,68
14	8:00 a. m.	0,72	0,67	0,71	0,7	2:00 p. m.	0,71	0,67	0,72	0,69	8:00 p. m.	0,63	0,65	0,58	0,65
15	8:00 a. m.	0,64	0,64	0,65	0,72	2:00 p. m.	0,64	0,62	0,65	0,73	8:00 p. m.	0,65	0,64	0,61	0,66
16	8:00 a. m.	0,69	0,63	0,69	0,76	2:00 p. m.	0,68	0,64	0,61	0,78	8:00 p. m.	0,68	0,64	0,67	0,65
17	8:00 a. m.	0,7	0,79	0,65	0,68	2:00 p. m.	0,71	0,8	0,63	0,68	8:00 p. m.	0,65	0,8	0,63	0,67
18	8:00 a. m.	0,61	0,71	0,63	0,63	2:00 p. m.	0,62	0,78	0,58	0,67	8:00 p. m.	0,63	0,72	0,6	0,68
19	8:00 a. m.	0,69	0,67	0,62	0,67	2:00 p. m.	0,7	0,61	0,7	0,67	8:00 p. m.	0,66	0,75	0,58	0,67
20	8:00 a. m.	0,64	0,63	0,77	0,78	2:00 p. m.	0,65	0,67	0,61	0,78	8:00 p. m.	0,64	0,69	0,61	0,64
21	8:00 a. m.	0,59	0,8	0,69	0,63	2:00 p. m.	0,72	0,79	0,7	0,64	8:00 p. m.	0,6	0,7	0,6	0,63
22	8:00 a. m.	0,63	0,66	0,79	0,63	2:00 p. m.	0,69	0,69	0,79	0,74	8:00 p. m.	0,7	0,66	0,7	0,63
23	8:00 a. m.	0,79	0,61	0,69	0,69	2:00 p. m.	0,82	0,67	0,61	0,72	8:00 p. m.	0,7	0,71	0,67	0,65
24	8:00 a. m.	0,7	0,71	0,69	0,74	2:00 p. m.	0,68	0,76	0,75	0,7	8:00 p. m.	0,57	0,71	0,75	0,68
25	8:00 a. m.	0,74	0,75	0,61	0,65	2:00 p. m.	0,71	0,71	0,62	0,66	8:00 p. m.	0,57	0,68	0,61	0,66
26	8:00 a. m.	0,67	0,72	0,69	0,78	2:00 p. m.	0,69	0,72	0,75	0,78	8:00 p. m.	0,69	0,72	0,68	0,69
27	8:00 a. m.	0,72	0,79	0,65	0,75	2:00 p. m.	0,78	0,78	0,65	0,78	8:00 p. m.	0,65	0,66	0,64	0,68
28	8:00 a. m.	0,65	0,66	0,6	0,7	2:00 p. m.	0,71	0,67	0,67	0,69	8:00 p. m.	0,68	0,69	0,66	0,69
29	8:00 a. m.	0,76	0,68	0,61	0,69	2:00 p. m.	0,76	0,68	0,67	0,7	8:00 p. m.	0,7	0,69	0,65	0,67
30	8:00 a. m.	0,79	0,71	0,6	0,64	2:00 p. m.	0,7	0,71	0,65	0,7	8:00 p. m.	0,63	0,72	0,6	0,7
31	8:00 a. m.	0,78	0,76	0,67	0,71	2:00 p. m.	0,73	0,76	0,69	0,72	8:00 p. m.	0,65	0,68	0,66	0,69
<b>PROMEDIO</b>		0,70	0,70	0,68	0,70		0,71	0,70	0,68	0,71		0,65	0,69	0,64	0,66

Fuente: Los autores, 2020.





Gráfica 1: Valores de voltajes promedio por muestra-hora  
 Fuente: Los autores, 2020.

Posterior a todo esto se efectuó el análisis de la *tabla 18*. En esta se evidencia la cantidad de energía producida en unidad de voltajes promedio, también se verifico las mediciones durante un periodo de 30 días con horarios de (8:00 am),(12:00 pm) y (8:00pm) por cada relación planta-suelo, permitiéndonos identificar que la relación que tuvo mayor cantidad de energía producida es la **(L+T)** que hace referencia a la relación *origanum vulgare* (orégano)-suelo turba con unos valores promedio de voltaje durante las horas de 0,7-0,7-0,69 voltios.

Esto nos permite deducir que el tipo de suelo turba es un factor muy importante debido a su capacidad de conducción eléctrica de 1.7 desisiemens por metros (dS/m) y su alto valor de intercambio catiónico de 136 miliequivalentes por litros (meq/l). En cuanto a las plantas en horarios de la mañana, al medio día y gran parte de la tarde pueden producir voltajes más alto con respecto a la interacción

planta-suelo, a diferencia de en horas nocturnas; esto se debe a que el proceso de la fotosíntesis tiende absorbe el 100% de la energía lumínica del sol antes de su puesta.

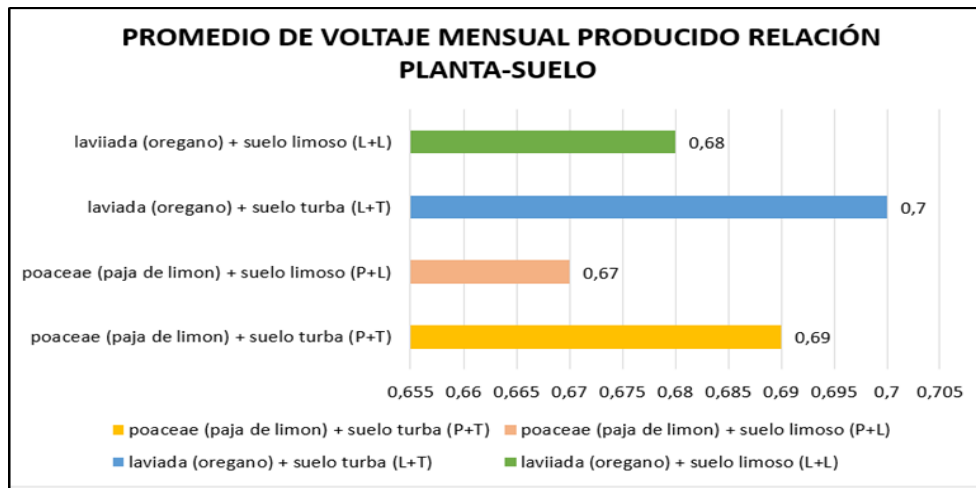
- **Potencia y eficiencia producida mediante las relaciones establecidas.**

Para conocer la potencia y eficiencia producida mediante la relación planta-suelo se debe tener en cuenta el cálculo de valores entre voltaje y amperaje, logrando con esto calcular la potencia en watts traducida como valor de eficiencia por la relación planta-suelo.

*Tabla 19: Valores de Promedio de voltaje mensual producido en la práctica.*

MUESTRAS		PROMEDIO DE VOLTAJE MENSUAL PRODUCIDO
L+L	Labiada (orégano) + suelo limoso	0,68
L+T	Labiada (orégano) + suelo turba	0,70
P+L	Poaceae (paja de limón) + suelo limoso	0,67
P+T	Poaceae (paja de limón) + suelo turba	0,69

*Fuente: Los autores, 2020.*



*Gráfica 2: Promedio de voltaje mensual producido relación planta suelo*  
*Fuente: Los autores, 2020.*

Durante la realización del proyecto logramos deducir que, para lograr una mayor eficiencia y aumento de la producción de energía mediante el diseño de placas, optamos por trabajar con celdas de tierra donde la conexión entre ellas fue tipo en (serie) para adquirir un aumento del voltaje producido y mencionado anteriormente. Con el fin de implementarlo en un nuevo diseño de relación planta-suelo con el uso de placas y utilización de celdas de tierra.

Para la obtención de los resultados se implementó la medición del voltaje producido, por cada celda en un periodo de 7 días mediante el uso del multímetro en una sola medición por día.

*Tabla 20: Relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en labiada (orégano) + suelo limoso*

RELACIÓN #1	LABIADA (ORÉGANO) + SUELO LIMOSO										TOTAL, DÍA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DÍA 1	0,68	0,67	0,63	0,51	0,58	0,63	0,69	0,69	0,69	0,68	6,45
DÍA 2	0,68	0,68	0,54	0,67	0,61	0,67	0,67	0,56	0,67	0,67	6,42
DÍA 3	0,69	0,68	0,67	0,7	0,63	0,65	0,67	0,63	0,7	0,65	6,67
DÍA 4	0,68	0,66	0,69	0,68	0,7	0,65	0,65	0,69	0,62	0,6	6,62
DÍA 5	0,63	0,61	0,56	0,68	0,68	0,64	0,7	0,6	0,63	0,67	6,40
DÍA 6	0,58	0,63	0,59	0,68	0,65	0,67	0,7	0,7	0,68	0,61	6,49
DÍA 7	0,56	0,65	0,67	0,53	0,63	0,54	0,68	0,68	0,64	0,67	6,25
<b>PROMEDIO PRODUCIDO</b>											6,47
<b>AMPERAJE</b>											1.21

*Fuente: Los autores, 2020*

Con base a los resultados de la *tabla 20*, se calculó la potencia generada por la relación labiada (orégano) + suelo limoso implementando la *ecuación 7*.

Ecuación 7

$$P = V * I$$

P= Potencia (watts)

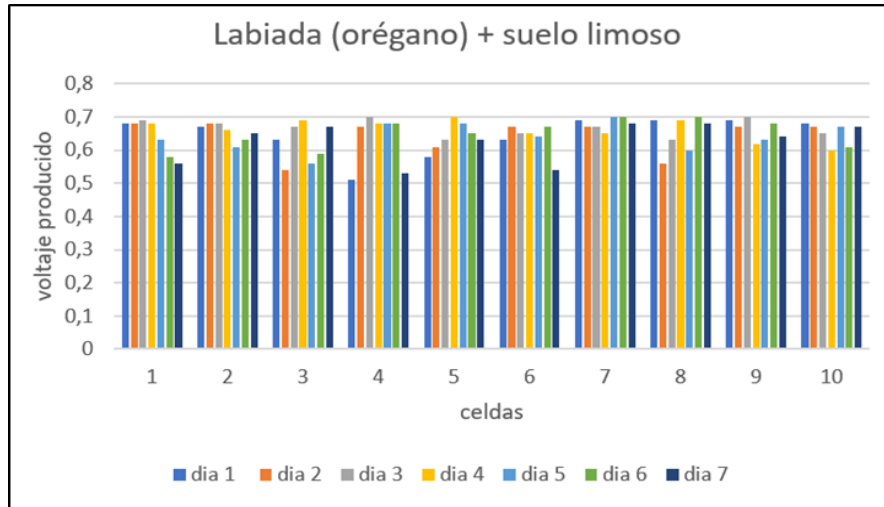
V= Voltaje (v)

I= Intensidad" Amperaje" (A)



Remplazando en la ecuación anterior

$$P = 6,47 * 1,21 = 7,82 \text{ watts}$$



Gráfica 3: Comparación de las relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en labiada (orégano) + suelo limoso

Fuente: Los autores, 2020

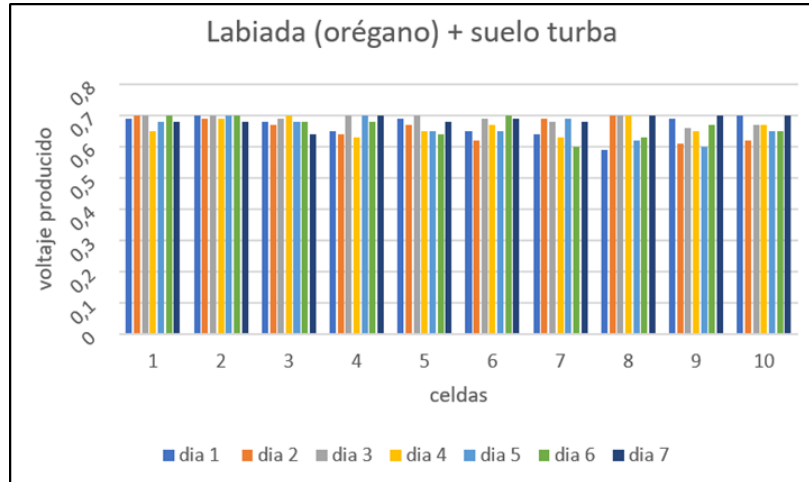
Tabla 21: Relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en labiada (orégano) + suelo turba

RELACIÓN #2 CELDAS	LABIADA (ORÉGANO) + SUELO TURBA										TOTAL, DÍA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
día 1	0,69	0,7	0,68	0,65	0,69	0,65	0,64	0,59	0,69	0,7	6,68
día 2	0,7	0,69	0,67	0,64	0,67	0,62	0,69	0,7	0,61	0,62	6,61
día 3	0,7	0,7	0,69	0,7	0,7	0,69	0,68	0,7	0,66	0,67	6,89
día 4	0,65	0,69	0,7	0,63	0,65	0,67	0,63	0,7	0,65	0,67	6,64
día 5	0,68	0,7	0,68	0,7	0,65	0,65	0,69	0,62	0,6	0,65	6,62
día 6	0,7	0,7	0,68	0,68	0,64	0,7	0,6	0,63	0,67	0,65	6,65
día 7	0,68	0,68	0,64	0,7	0,68	0,69	0,68	0,7	0,7	0,7	6,85
<b>Promedio producido</b>											<b>6,71</b>
<b>Amperaje</b>											<b>1.5</b>

Fuente: Los autores, 2020

Con base a los resultados de la *tabla 21*, se calculó la potencia generada por la relación labiada (orégano) + suelo turba reemplazando en la *ecuación 7*.

$$P = 6,71 * 1,5 = 10 \text{ watts}$$



Gráfica 4: Comparación de las relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en labiada (orégano) + suelo turba

Fuente: Los autores, 2020

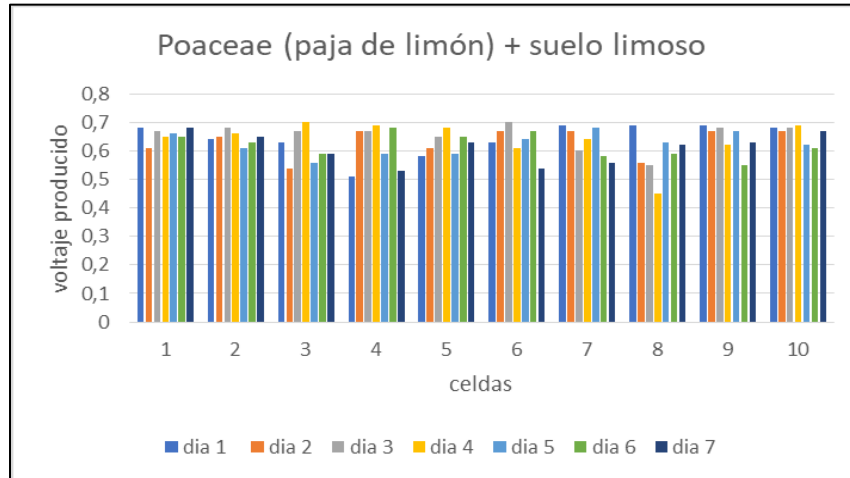
Tabla 22: Relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en Poaceae (paja de limón) + suelo limoso

RELACIÓN #3	POACEAE (PAJA DE LIMÓN) + SUELO LIMOSO										TOTAL, DÍAS
CELDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
día 1	0,68	0,64	0,63	0,51	0,58	0,63	0,69	0,69	0,69	0,68	6,42
día 2	0,61	0,65	0,54	0,67	0,61	0,67	0,67	0,56	0,67	0,67	6,32
día 3	0,67	0,68	0,67	0,67	0,65	0,7	0,6	0,55	0,68	0,68	6,55
día 4	0,65	0,66	0,7	0,69	0,68	0,61	0,64	0,45	0,62	0,69	6,39
día 5	0,66	0,61	0,56	0,59	0,59	0,64	0,68	0,63	0,67	0,62	6,25
día 6	0,65	0,63	0,59	0,68	0,65	0,67	0,58	0,59	0,55	0,61	6,2
día 7	0,68	0,65	0,59	0,53	0,63	0,54	0,56	0,62	0,63	0,67	6,1
<b>Promedio producido</b>											<b>6,32</b>
<b>Amperaje</b>											<b>1,12</b>

Fuente: Los autores, 2020

En base a los resultados de la *tabla 22* se calculó la potencia generada por la relación Poaceae (paja de limón) + suelo limoso reemplazando en la *ecuación 7*.

$$P = 6,32 * 1,12 = 7 \text{ watts}$$



Gráfica 5: Comparación de las relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en Poaceae (paja de limón) + suelo limoso

Fuente: Los autores, 2020

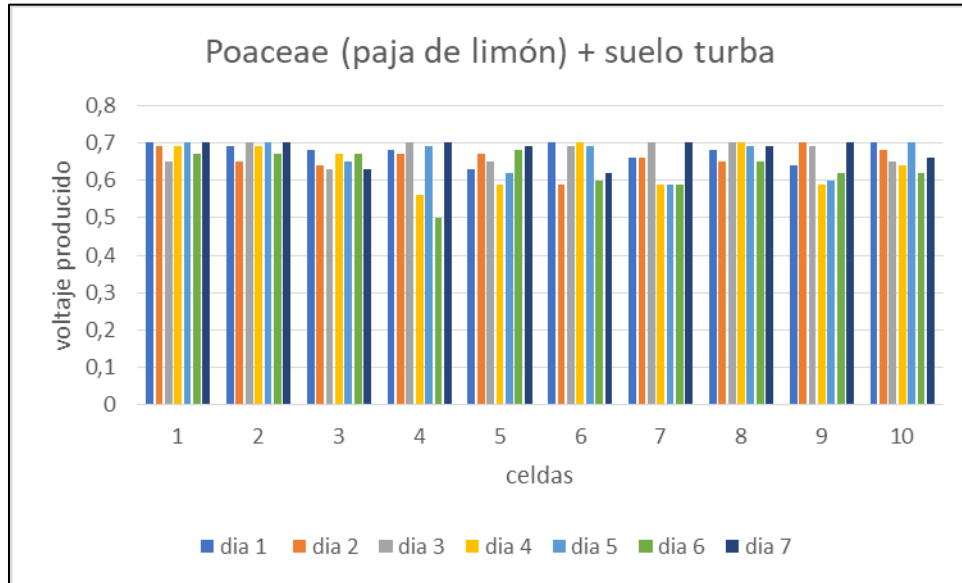
Tabla 23: Relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en Poaceae (paja de limón) + suelo turba

RELACIÓN #4 POACEAE (PAJA DE LIMÓN) + SUELO TURBA											
CELDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL, DÍAS
día 1	0,7	0,69	0,68	0,68	0,63	0,7	0,66	0,68	0,64	0,7	6,76
día 2	0,69	0,65	0,64	0,67	0,67	0,59	0,66	0,65	0,7	0,68	6,6
día 3	0,65	0,7	0,63	0,7	0,65	0,69	0,7	0,7	0,69	0,65	6,76
día 4	0,69	0,69	0,67	0,56	0,59	0,7	0,59	0,7	0,59	0,64	6,42
día 5	0,7	0,7	0,65	0,69	0,62	0,69	0,59	0,69	0,6	0,7	6,63
día 6	0,67	0,67	0,67	0,5	0,68	0,6	0,59	0,65	0,62	0,62	6,27
día 7	0,7	0,7	0,63	0,7	0,69	0,62	0,7	0,69	0,7	0,66	6,79
<b>Promedio producido</b>											<b>6,60</b>
<b>Amperaje</b>											<b>1.4</b>

Fuente: Los autores, 2020

En base a los resultados de la *tabla 23*, se calculó la potencia generada por la relación Poaceae (paja de limón) + suelo turba reemplazando en la *ecuación 7*.

$$P = 6,60 * 1,4 = 9,2 \text{ watts}$$



Gráfica 6: Comparación de las relaciones de planta-suelo implementando celdas de tierra con placas en Poaceae (paja de limón) + suelo turba

Fuente: Los autores, 2020

Mediante los resultados obtenidos a través de la medición del voltaje e intensidad, en un periodo de 7 días con mediciones de una sola hora al día, como lo muestra la *tabla 20, 21, 22 y 23* se calculó la potencia para las distintas relaciones planta-suelo. Dándonos como resultado que la relación con mayor producción de energía es la **(L+T)** que hace referencia a la relación *origanum vulgare* (orégano)-suelo turba con un valor promedio de voltaje de 6,71 (V) y un amperaje de 1,5 (A), con una potencia energética calculada de 10 (watts).

Lo anterior se debe a la implementación de placas y celdas de tierra generando un aumento de voltaje y de esta manera logrando una mayor eficiencia en corto periodo de tiempo en la relación planta-suelo.

#### **6.4 FASE 4. PLANTEAR LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

- **Utilización de la energía eléctrica producida por la relación planta-suelo como alternativa para satisfacer necesidades energéticas presentes en la vereda san Quintín:**

Luego de identificar que los tipos de plantas y suelos con mayor relación hacen referencia a la familia de plantas labiada e Poaceae y los suelos limosos y turbas, optamos por plantear la utilización de la energía eléctrica producida mediante la relación planta-suelo como una fuente de energía alternativa, para satisfacer las necesidades electro energéticas presentes en la vereda San Quintín.

La forma en cómo se aprovechará la energía obtenida de la relación planta-suelo, es utilizando electrodos con forma de placas para transferir los electrones a un medio de almacenamiento como primera instancia y para aumentar la eficiencia de estos se implementarán celdas de tierras conectando en serie a los electrodos en forma de placas, logrando de esta manera un aumento en la tensión (voltaje) y en la intensidad (amperaje) de la energía producida.

Además, la energía eléctrica que produce la relación planta-suelo proviene de la interacción de sus raíces con las bacterias del suelo, ubicando en la parte superior el cátodo y en la parte inferior el ánodo de la rizosfera de la planta, con el

propósito de que la longitud en donde se va llevar la rizodeposición se reduzca logrando así que la expansión de los electrones sea menor y de esta manera se obtenga una mayor captación de energía.

Esto fue logrado gracias a que las plantas en el proceso de la fotosíntesis liberan sustancias o residuos orgánicos, que al entrar en contacto con los microorganismos del suelo liberan electrones generando de esta manera electricidad. En la ejecución de la fotosíntesis las plantas liberan oxígeno y adsorben dióxido de carbono presente en la atmosfera y a la vez producen glucosa.

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad, este proceso de generación de luz es muy factible y a la vez sustentable, logrando así aportar al descubrimiento de energías alternativas que promuevan al bajo impacto ambiental, ya a que el hecho de producir energía de forma natural, sin la utilización de agentes contaminantes evita el deterioro al medio ambiente.



## 7. CONCLUSIONES

Al Identificar qué tipo de plantas y suelos se presentan en la Vereda san Quintín. mediante la técnica de observación se logró identificar diversos tipos de familias de plantas, de las cuales se seleccionaron dos muestras, que hacen referencia a la familia labiada tomando como base el “orégano” y de la familia Poaceae la “paja de limón”. Las familias labiada y Poaceae crecen en una amplia gama de suelos, con una capacidad de adaptarse rápida, es fácil encontrarla en laderas, zanjas húmedas, en caminos, matorrales y en jardines, entre otros. Dentro de estas familias se destacaron el orégano y la paja de limón debido a su uso frecuente con propósitos alimenticios, medicinales entre otros por los habitantes de la vereda.

En cuanto a la identificación de los tipos de suelo existentes en la vereda, se implementó como instrumento el método de Bouyoucos obteniendo los siguientes resultados en porcentaje, arena 6,59%, arcilla 11,31% y limo 82,1%, permitiéndonos identificar que el suelo es de textura limosa arrojando como resultado un suelo limoso.

Para identificación del suelo turba se implementó el método von Post permitiéndonos determinar el grado de descomposición o humificación de la turba, mediante una tabla de clasificación con un rango de H1 a H10 según la (norma DIN 11.540) dándonos como resultado H3 lo que nos permite indicar que la Turba es muy ligeramente descompuesta, que cuando se aprieta libera agua marrón fangosa, pero de la que no pasa turba entre los dedos.



Al analizar los suelos limosos y turba, a través del método fisicoquímico (conductividad, intercambio catiónico y microbiológico), encontramos que los suelos turba presenta valores de conductividad eléctrica 1,7 dS/m, intercambio catiónico de 136 meq/l. mayor que el suelo limoso que presenta los siguientes valores de conductividad eléctrica de 1,5 dS/m, intercambio catiónico de 28 meq/l.

Con base a los resultados obtenidos se demuestra que los suelos están en un rango de conductividad menor a 2 dS/m siendo este un suelo normal, lo cual significa que el crecimiento de las plantas no se ve afectado por un alto contenido de sal, verificándolo con el PH que va de un rango de 5,9 a 6.8 siendo un suelo débilmente ácido; con respecto a los resultados de intercambio catiónico ambos suelos cumplen con los rangos establecidos según la tabla de intercambio catiónico.

Estando el suelo limoso en un rango de 28 meq/l y el suelo turba de 136 meq/l. se puede inferir que estos son capaces de retener e intercambiar nutrientes, siendo poseedores de buena materia orgánica que proporcionan capacidad de retención de nutrientes en las plantas, es decir, mayor capacidad de intercambio catiónico mejorando la fertilidad del suelo.

En cuanto al análisis de microorganismos los suelos limosos arrojaron un valor de 235000000 U.F.C en bacterias en comparación con las turbas un 231000000 U.F.C en bacteria. Esta determinación nos indica que las bacterias aumentan con respecto al suelo ya que a mayor densidad de raíces y materia orgánica descompuesta hay mayor número de bacterias. Además, el suelo limoso presento más colonias de hongos con un valor de 795000 U.F.C, mientras que los turbas



755000 U.F.C de colonias de hongos, esto debe a que el nivel de concentración de materia orgánica incrementa la composición microbiota afectando el crecimiento de hongos.

Posterior a todo esto se efectuó el análisis de los resultados obtenidos de la medición del voltaje e intensidad, los cuales arrojaron que la relación con mayor producción de energía es la (L+T) que hace referencia a la relación origanum vulgare (orégano) - suelo turba con un valor promedio de voltaje de 6,71 (V) producido y un amperaje de 1,5 (A), con una potencia energética calculada de 10 (watts). Esto se debe a la implementación de placas y celdas de tierra que generan un aumento de voltaje logrando una mayor eficiencia en la relación planta-suelo.



## 8. RECOMENDACIONES

- Se propone la utilización de la energía eléctrica obtenida a través de la relación planta y suelo, como fuente de abastecimiento para las necesidades electro energéticas.
- Al momento de realizar el proyecto planta-suelo, se recomienda analizar los suelos con mayor nivel de conductividad, pero no, muy salinos con el fin de garantizar el desarrollo adecuado de las plantas.
- Utilizar otros tipos de plantas con la finalidad de comprobar su efectividad en comparación a la relación establecida en el proyecto, y así conocer cuáles presentan mayor viabilidad al momento de experimentar la obtención de la energía alternativa.
- Para mejorar la producción energética se recomienda aumentar el número de placas con celdas de tierra en pro de lograr una mayor potencia energética.
- Se plantea la utilización de la Energía limpia como contribución al desarrollo sostenible.



## 9. BIBLIOGRAFÍA

Francisco Alcaraz, A. (2000). *Flora basica de la Región de Murcia*. Cartagena: AGRUPACION ESPAÑOLA DE CLUBES ORIEN.

Alcaldía de Pueblo Bello. (10 de 04 de 2019). Obtenido de Gobierno Digita: <http://www.pueblobello-cesar.gov.co/>

Álvarez, J. C. (s.f.). Obtenido de <https://elementos.org.es/zinc>

Caballero, R., Bustos, A., & Román, R. (2001). Salinidad del suelo bajo horarios de riego tradicionales y mejorados en el centro de España. *DIGITAL.CSIC*, 9.

Carvajal, R. R. (2001). *PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS y BIOLÓGICA DEL SUELO*. Santafé de Bogotá: produmedios.

Cecilia Bembibre. (2012). *Circuito eléctrico*. definiciones ABC.

Colino Martinez, A., & R. C. (2010). *FUENTES ENERGÉTICAS*. hispanomericana: Dialnet.

D. A., & Miranda. (24 de 08 de 2015). Medio ambiente. *El suelo, recurso natural clave para el progreso*, pág. 1.

EcuRed - Enciclopedia cubana. (14 de Diciembre de 2010). *EcuRed - Enciclopedia cubana*. Obtenido de <https://www.ecured.cu/%C3%81nodo>

Energía, A. I. (2015). 10 argumentos a favor de las energías renovables - Sostenibilidad para todo. *Revista National Geographic*, 10.

F. U. (2012). *Corriente alterna*. Definición ABC.

Fernández, N. O. (2014). *FOTOSINTESIS*. Hidalgo: Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo(SUV).

Geólogos. (17 de 04 de 2010). El arrecife devónico de Arnao. *16ª PROMOCIÓN DE GEÓLOGOS DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO*, pág. 3.

González, R. (2012). *QUÉ ES LA ENERGÍA ELÉCTRICA*. TWENERGY.

Hernandez, G., Ruiz, A., Diaz, J., & Barrantes, G. (2003). *Degradación de suelos y sus efectos sobre la productividad*. Costa Rica.: Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia.

Infoagro, R. (2017). Composición química del suelo y su pH. *Revista Infoagro*, 1.

Infoagro, Revista. (2019). Importante información acerca de los tipos de suelo. *Revista Infoagro*, 1.

Inter electrica, 2017. (17 de Enero de 2017). *Noticias Nacionales*. Obtenido de INTER ELECTRICAS La Alianza Eficaz: <http://www.transformadores.com.co/NOTICIAS/imprimir.php?idnoticiasn=4535&nottip=1>

Jalirlaritzta, J. (2017). *Degradación del suelo*. Gobierno Vasco: Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda.

López, A. J. (2005-2006 ). *MANUAL DE EDAFOLOGÍA*. Sevilla : Agrícola de la Universidad de Sevilla .

mexicana, N. o. (2000). *METODO AS-09*. MEXICO: Norma oficial mexicana .

Miñarro Juaquin, R. (2002). *Principio de conservación de la energía*. European Southern Observatory 3 ESO.

Ortega , G. M. (2014). *Composición y clasificación de los suelos*. paraguay: ABC Color.

Plaster, E. J. (2000). *LA CIENCIA DEL SUELO Y SU MANEJO*. Paraninfo S.A.

Sánchez, M. (2013). *tipos de plantas*. sevilla: JARDINERIA ON.

Torres, J. (2018). *Conductores Eléctricos: Tipos y Características Principales*. Venezuela: Lifeder.

Universidad Nacional Autónoma de México "UNAM". (2017). *Portal de Química General*. Obtenido de [http://quimicageneralpapimeunam.org.mx/tabla%20periodoca/TABLA%20PERIODICA\\_archivos/page0199.htm](http://quimicageneralpapimeunam.org.mx/tabla%20periodoca/TABLA%20PERIODICA_archivos/page0199.htm)

Valenzuela B, I. G., & Visconti M, E. (2018). Influencia del clima, uso del suelo y profundidad sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales andinos del departamento Norte de Santander, Colombia. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS*, 11.

Y, G., Ramirez , W., & Sanchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *SCIELO*, vol.35 no.2.



## ANEXOS

### ANEXOS 1. Familia labiada, tomando como base el “orégano”



### ANEXO 2. Familia Poaceae seleccionando la “paja de limón”



### ANEXO 3. Muestra tomada en campo en bolsas.

128



CO-SC-CER518726





#### **ANEXO 4. Peso de las muestras**



#### **ANEXO 5. Muestra depositada en un vaso de electro plata para ser mezclado**

129



CO-SC-CER518726



[www.unicesar.edu.co](http://www.unicesar.edu.co)  
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129  
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380  
Valledupar Cesar Colombia



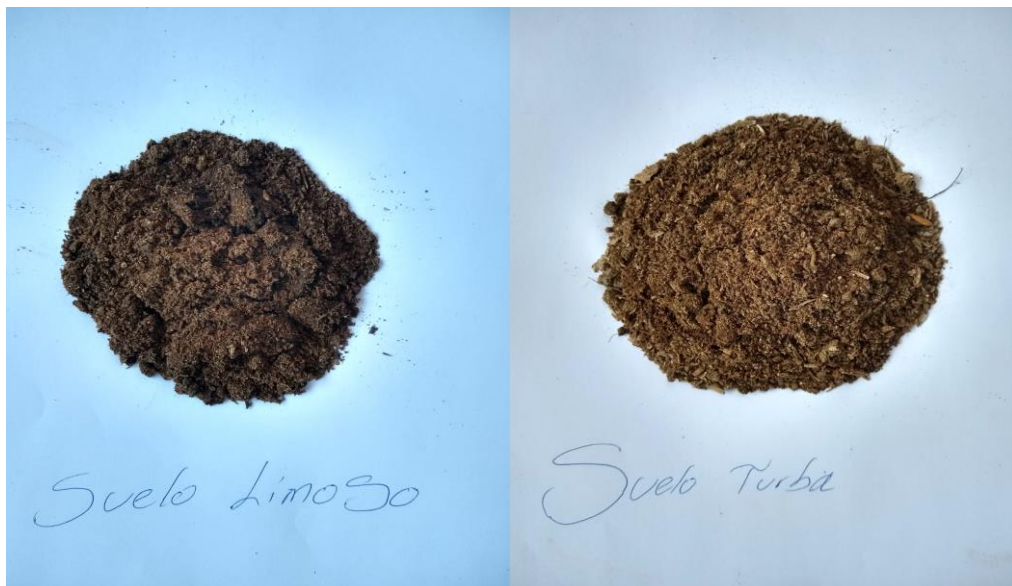
**ANEXO 6. Toma de lectura después de 2 horas.**



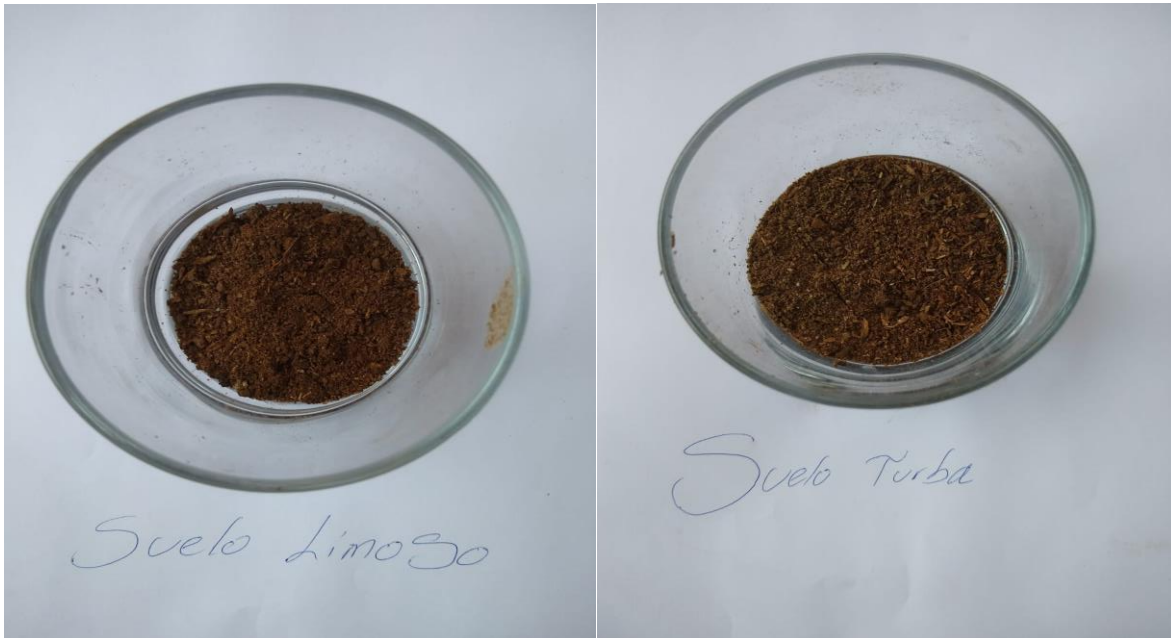
**ANEXO 7. Identificación del suelo turba**



**ANEXO 8. Toma de muestra para laboratorio de conductividad eléctrica**



**ANEXO 9. Muestras de suelos en vasos Vickers**



**Anexo 10. Muestra con contenido de agua destilada**



**ANEXO 11. Muestra faltada para toma de valor de conductividad eléctrica**



**ANEXO 12. Vertimiento de solución extractora en el suelo para ser filtrada**



**ANEXO 13. a la muestra se le añade solución formaldehído.**



**ANEXO 14. Titulación de la muestra con hidróxido**



**ANEXO 15. Diseño del modulo**

