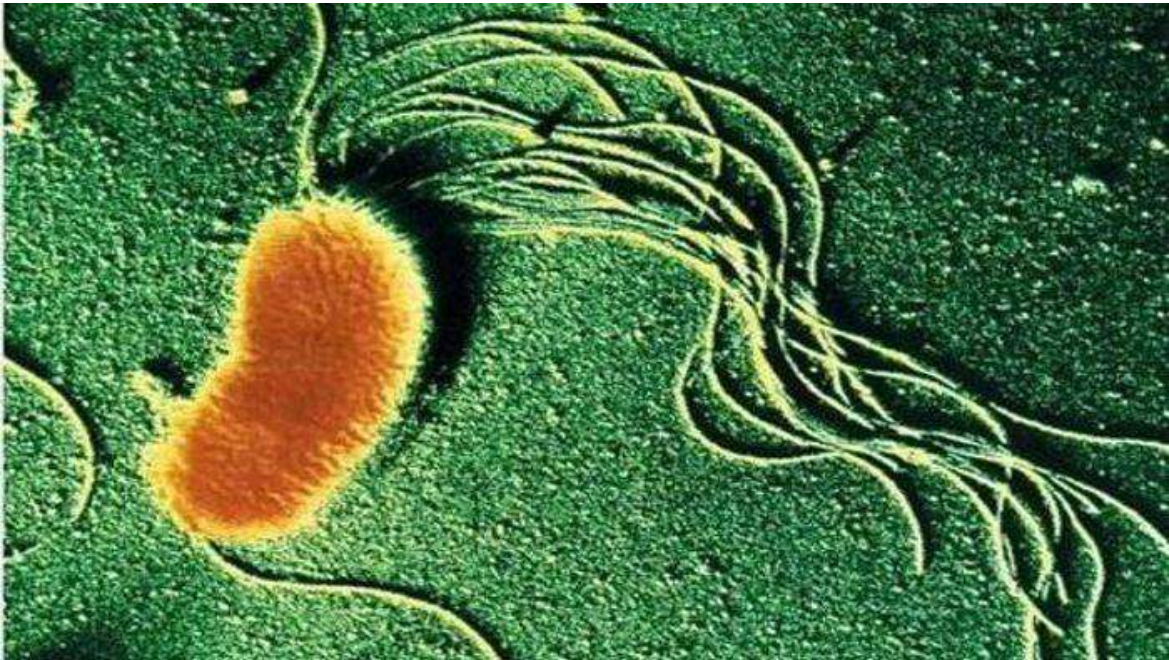




Cofinanciado por el
programa Erasmus+
de la Unión Europea



LAS BACTERIAS ELECTROGÉNICAS: UNA FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE



Autoras: María Calvo
Teresa Cappuyns
Cristina Entrala
Tutora: Nati Saiz
Curso 2019-2020
Colegio La Vall

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
MARCO TEÓRICO	11
CAPÍTULO 1. LAS FUENTES DE ENERGÍA	11
<u>1.1.1. Clasificación de las fuentes de energía.</u>	11
<u>1.1.2. Fuentes de energía sostenibles.</u>	13
<u>1.1.3. Energía Bioeléctrica.</u>	13
CAPÍTULO 2. LA FOTOSÍNTESIS	15
<u>1.2.1. Introducción.</u>	15
<u>1.2.2. Elementos necesarios para que tenga lugar la fotosíntesis.</u>	16
<u>1.2.3. Fases de la fotosíntesis.</u>	23
<u>1.2.4. Factores que influyen en la fotosíntesis.</u>	27
<u>1.2.5. Conclusión.</u>	28
CAPÍTULO 3. LOS MICROORGANISMOS	29
<u>1.3.1. Clasificación de los microorganismos según la inmunidad y el peligro que suponen para el organismo.</u>	29
<u>1.3.2. La rizosfera.</u>	29
<u>1.3.3. Función de los microorganismos.</u>	30
<u>1.3.4. El suelo.</u>	31
CAPÍTULO 4. LAS BACTERIAS ELECTROGÉNICAS	33
<u>1.4.1. El descubrimiento de estas bacterias electrogénicas.</u>	34
<u>1.4.2. Localización de su hábitat natural.</u>	34
<u>1.4.3. Procesos que se llevan a cabo.</u>	34
<u>1.4.4. Aplicaciones básicas de las bacterias Geobacter.</u>	36
<u>1.4.5. El cultivo de microorganismos.</u>	37

CAPÍTULO 5. LA BIOCELDA O CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANA	39
<u>1.5.1. Introducción.</u>	39
<u>1.5.2. Elementos de las MFC.</u>	39
<u>1.5.3. Funcionamiento de las MFC.</u>	40
<u>1.5.4. La producción de energía con las MFC.</u>	41
<u>1.5.5. Ventajas de las MFC.</u>	42
CAPÍTULO 6. LA RELACIÓN ENTRE LAS BACTERIAS, LA FOTOSÍNTESIS Y LAS BIOCELDAS	44
<u>1.6.1. Introducción.</u>	44
<u>1.6.2. ¿Cómo se lleva a cabo?</u>	44
PARTE EXPERIMENTAL	45
EXPERIMENTO 1. CREACIÓN DE CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS	45
OBJETIVO	45
PARTE TEÓRICA	45
<u>2.1.1. Conceptos básicos.</u>	45
PARTE EXPERIMENTAL	46
<u>2.1.2. Lectura del manual de instrucciones.</u>	46
<u>2.1.3. Montaje de las bioceldas microbianas.</u>	48
<u>2.1.4. Mantenimiento y cuidado de las bioceldas.</u>	49
<u>2.1.5. Mediciones.</u>	51
CUESTIONES QUE HAN SURGIDO A LO LARGO DEL PROCESO Y DIFICULTADES	53
CONCLUSIONES	54
EXPERIMENTO 2. CULTIVO DE MICROORGANISMOS	56
OBJETIVO	56
PARTE TEÓRICA	56

<u>2.2.1. ¿Qué es un cultivo?</u>	56
<u>2.2.2. ¿Qué es un medio de cultivo?</u>	56
<u>2.2.3. Crecimiento microbiano.</u>	58
PARTE EXPERIMENTAL	59
<u>2.2.4. Material.</u>	59
<u>2.2.5. Procedimiento.</u>	60
CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	65
INFORMACIÓN	65
IMÁGENES	67
<u>4.2.1. Marco teórico</u>	67
<u>4.2.2. Parte experimental</u>	70
<u>4.2.3. Gráficas</u>	72
ANEXO	73
<u>Resumen de nuestra experiencia en Erasmus +</u>	73
<u>Pila de combustible, ¿es la energía del futuro?</u>	75
<u>Medidas de seguridad.</u>	75
<u>Problema.</u>	75
<u>Tarea.</u>	76
<u>Configuración experimental.</u>	76
<u>Plantas como proveedores de energía</u>	77
<u>¿Qué requisitos previos deben cumplirse para que la fotosíntesis pueda tener lugar?</u>	77
<u>Implementación 1.1.</u>	78
<u>Implementación 1.2.</u>	78
<u>Implementación 1.3.</u>	80
<u>Superconductividad: Inducción electromagnética</u>	81
<u>Materiales necesarios.</u>	81

<u>Experimento.</u>	81
<u>Evaluación.</u>	82
<u>Resumen.</u>	82
<u>Inducción electromagnética de una corriente en bucle en un superconductor</u>	83
<u>Materiales necesarios.</u>	83
<u>Experimento.</u>	83
<u>Evaluación.</u>	84

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queríamos agradecer a la Unión Europea por financiar proyectos tan enriquecedores como Erasmus +, dando la oportunidad a estudiantes de bachillerato de participar en un intercambio y poder recibir formación sobre los diferentes ámbitos de la ciencia en otro país como ha sido Alemania.

Seguidamente, destacaremos la colaboración que ha tenido la empresa Bioo Ed facilitandonos el material necesario para nuestra parte experimental. Haber tenido el kit que nos dio nos permitió hacer una práctica muy completa sobre las bioceldas.

También, ha sido necesaria la ayuda de nuestro colegio La Vall que ha organizado el intercambio y nos ha dejado el laboratorio siempre que lo hemos requerido.

Finalmente, nos gustaría mencionar nuestro agradecimiento a Anna Carreras por acompañarnos a lo largo de esta experiencia, y a Nati Saiz por haber sido nuestra tutora y habernos prestado toda la atención que hemos precisado en cada momento.

RESUMEN

Este trabajo nace a raíz de una estancia en Alemania participando del proyecto Erasmus+, la cual permitió a un grupo de 15 alumnas de 1º de Bachillerato conocer la necesidad de explorar diferentes maneras de obtener energía. La finalidad del trabajo es mostrar una vía mediante la cual se puede obtener energía de forma sostenible y renovable. La investigación se centra básicamente en el estudio de las bacterias del género *Geobacter*: unos microorganismos electrogénicos que habitan en el subsuelo y son capaces de oxidar compuestos orgánicos y así producir energía. También, se contempla la fotosíntesis y la relación que tiene con estas bacterias, ya que es una de sus posibles fuentes de nutrición. Además, se presentan los diferentes aspectos que se tienen que tener en cuenta a la hora de poder obtener energía de la manera más eficiente. Eso incluye el estudio de los diferentes tipos de microorganismos, los suelos en los cuales habitan, la construcción de las bioceldas y, lo más importante, la demostración en el laboratorio de que las bacterias electrogénicas pueden producir electricidad, encendiendo un led.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación que se presenta a continuación está basado en un estudio de las energías renovables, con el fin de profundizar en alguna totalmente natural y capaz de sustituir las fuentes de energía actuales, y de concienciar al mundo de la importancia que tiene dejar de contaminar.

Este tema merece ser investigado porque da respuesta a uno de los grandes problemas a los que se enfrenta actualmente la sociedad. El planeta se está muriendo a causa de la contaminación, gran parte de la cual procede de la producción de energía de manera no sostenible.

Es necesario reducir la emisión de sustancias contaminantes y un paso importante sería sustituir las energías no renovables por otras que dañen menos o, incluso, nada al medio ambiente.

Desde el primer momento, fue decisión de las tres componentes del grupo que el objetivo principal del trabajo sería profundizar en un tema de interés social. En otras palabras, buscar una solución reciente, poco conocida, pero con opciones de resolver un problema que tuviera impacto en todo el mundo; como es la contaminación. Por ello, de entre todos los tipos de fuentes de energía renovable, el proyecto tiene un enfoque especial en la bioelectrogénesis o bioelectricidad. La bioelectricidad se basa en la producción de energía llevada a cabo por seres vivos. Aunque no es muy conocido, es un proceso para obtener energía de manera sostenible muy prometedor.

Este trabajo se centra especialmente en los microorganismos que viven en la tierra y son capaces de llevar a cabo dicho proceso.

Esto nos lleva a la **hipótesis** de la investigación: **¿Es posible la obtención de energía útil mediante estos microorganismos?**

El proyecto no es únicamente fruto del deseo de saciar la curiosidad de tres estudiantes, sino que su objetivo es que todo aquel que lo lea se dé cuenta de la importancia que tiene la naturaleza, porque en ella a lo largo de los siglos se han encontrado soluciones a muchos de los problemas que se han ido planteando. A veces, se maltrata: se usa en beneficio de los humanos, se destruyen bosques y parques naturales, hay sobreexplotación marina, se destruyen ecosistemas..., no solo favoreciendo la contaminación por la alta industrialización o desarrollo tecnológico sino que también por voluntad propia, porque "es necesario". De vez en cuando, no está de más darse cuenta y recordar que no hace falta perder algo para saber lo mucho que lo necesitas.

En este caso, la humanidad depende de la naturaleza y no solo para respirar o alimentarse, sino porque también nos provee de energía renovable. Pero esto último, no todo el mundo lo sabe. Por eso, esta investigación tiene como objetivo hacer eco de los nuevos conocimientos que hemos adquirido a lo largo de estos meses. A las investigadoras se nos da la oportunidad de contribuir en este proceso de cambio dando visibilidad a la importancia de estudiar las energías renovables.

La investigación será desarrollada en diferentes etapas que, en conjunto, darán como resultado un trabajo completo.

Lo primero será entender el tema. Aunque se hayan tenido clases de biología durante años, la materia del colegio no profundiza especialmente en la fotosíntesis y ni siquiera toca el tema de los microorganismos electrogénicos. Así que es totalmente indispensable iniciar la búsqueda por cuenta propia. El objetivo es entender, como mínimo, el proceso de la fotosíntesis al completo antes de iniciar la segunda parte. De la cual forma parte el viaje a Alemania para participar en el proyecto de intercambio científico, financiado por la Unión Europea, que tiene lugar entre estudiantes alemanes y españoles.

La visita será especialmente provechosa para el trabajo, ya que incluye la realización de experimentos en uno de los laboratorios más prestigiosos de Europa, el Forschungszentrum situado en la ciudad de Jülich.

A la vuelta, será necesario empezar a dar forma a la parte escrita del trabajo. Esta estará dividida entre las tres, de manera que cada una se encargará de un tema, entre los cuales, se incluyen: las energías renovables, la fotosíntesis y las bacterias electrogénicas.

Una vez terminada esta fase, será el momento de iniciar el montaje del experimento para poder observar si los microorganismos presentes en la tierra generan electricidad, el cual tendrá lugar en los laboratorios del colegio y será posible gracias a un kit proporcionado por la empresa Bioo Ed. Se basará en la construcción de unas celdas de combustible caseras con el fin de conseguir que los microorganismos que habitan en los diferentes sustratos reúnan la suficiente energía para encender un led. Además, se realizará otro experimento que tendrá como objetivo aprender a cultivar e identificar la presencia de dichos microorganismos en las muestras de tierra.

El principal problema que puede surgir es que no se consiga el contacto con ninguna de las empresas y, por ello, se cierre nuestra vía de obtener una visión profesional. Por otro lado, puede pasar que el experimento no salga adelante de manera que no sería posible interiorizar los conceptos mediante la práctica. Podría suceder por diferentes razones: falta de experiencia o competencia, falta de material, falta de

tiempo...También, sería posible que la información obtenida no sea comprensible para el nivel académico actual de ninguna de las tres.

En cualquiera de los casos, será posible obtener ayuda por parte de las profesoras que siguen la investigación y siempre estarán allí para lo que sea necesario.

Una vez realizado todo este proceso y sorteado, si es posible, los distintos problemas que puedan surgir, el principal deseo es obtener una confirmación de nuestra hipótesis, para así poder verificar la presencia de bacterias electrogénicas en la tierra.

Existe la seguridad de que algo se aprenderá en el proceso de investigación. Como, por ejemplo, conocer los diferentes mecanismos de búsqueda de información: cómo escoger las fuentes fiables y hacer una buena síntesis de los conocimientos importantes; o cómo realizar el proceso para obtener buenos resultados e interpretar dichos resultados, o, simplemente, obtener nueva información sobre las fuentes de energía, la fotosíntesis, la bioenergía...Y también es de vital importancia para las tres aprender de nuestra propia evolución personal y el saber trabajar en equipo buscando y descubriendo las fortalezas de cada una para mejorar día a día la gestión del proyecto.

Para todas es importante comprender que se tiene la capacidad para llevar a cabo un trabajo de tal calibre, que con tiempo y un buen proceso de investigación se pueden hacer muchas cosas, que todos los problemas pueden ser resueltos y que pedir ayuda siempre beneficia y facilita el camino.

Finalmente, y sin más dilaciones, se presenta a continuación el resultado de casi nueve meses de trabajo intenso.

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 1

LAS FUENTES DE ENERGÍA

Una fuente de energía se define como cualquier material o fenómeno, tanto físico como químico, del que se puede obtener energía con fines económicos o biofísicos.

1.1.1. Clasificación de las fuentes de energía.

A. Según si son renovables o no:

Las fuentes de energía renovables.

Su potencial es inagotable por provenir de la energía que llega a nuestro planeta de forma continua como consecuencia de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de otros planetas de nuestro sistema solar. Se pueden distinguir diferentes tipos:

- Energía solar: Se basa en el aprovechamiento de la energía del sol para producir electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos.
- Energía eólica: Se obtiene a través del sol y el viento. El calentamiento desigual de la superficie terrestre por acción de la radiación solar es el principal causante de las diferencias de presión que da origen a los vientos.
- Energía hidráulica: Se obtiene a partir de la utilización de la energía potencial y cinética asociada con el caudal del agua de un río o las mareas. Se trata de una fuente de energía limpia, ya que no utiliza residuos o sustancias contaminantes.
- Mareomotriz: Es la energía que se obtiene a partir de las mareas.
- La biomasa: Se trata de un tipo de energía renovable que se produce a partir del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente de las sustancias.

Las fuentes de energía no renovables existen en una cantidad limitada en la naturaleza. Se pueden distinguir los siguientes tipos:

- Carbón
- Petróleo.
- Gas natural.
- Uranio.

B. Según el grado de disponibilidad:

Convencionales

Son aquellas que tienen una participación importante en los balances energéticos de los países industrializados. Por ejemplo el carbón, el gas natural, la energía hidráulica, el petróleo y la energía nuclear.

No convencionales

Se incluyen en este grupo las que, por estar en una etapa de desarrollo tecnológico, no cuentan con la participación apreciable en la cobertura de la demanda energética de esos países. La energía solar, la eólica, la mareomotriz y la biomasa son algunos ejemplos.

C. Según la forma de su utilización:

Las fuentes de energía primarias que se obtienen directamente de la naturaleza o de un fenómeno natural. También se las conoce como renovables ya que sus reservas no disminuyen.

En este grupo se incluyen, entre otras:

1. La energía hidráulica
2. La energía solar fotovoltaica
3. La energía eólica
4. La bioenergía

Las fuentes de energía secundarias son transformadas intencionadamente a partir de las fuentes primarias. Al contrario que estas últimas, las secundarias no las podemos clasificar como renovables, debido a que sus reservas disminuyen con el tiempo a medida que se van consumiendo.

Algunos ejemplos que se incluyen en este grupo son: :

1. La energía nuclear: es aquella que se genera mediante un proceso en el que se desintegran los átomos de un material denominado uranio. Los dos sistemas más investigados son la fisión y la fusión nuclear.
2. La energía térmica no renovable: La energía que se produce mediante la combustión de carbón, petróleo o gas natural.

A parte de todos estos criterios de clasificación, las fuentes de energía se separan en dos grupos muy importantes: **las fuentes de energía sostenibles**, que son aquellas que no contaminan el medio ambiente al ser utilizadas para fabricar energía; y por otro lado, **las fuentes de energía no sostenibles** son aquellas que contribuyen al cambio climático mediante las emisiones de CO_2 (dióxido de carbono).

Este proyecto se ha centrado en los problemas que causan el cambio climático y en cómo evitar a toda costa las fuentes de energía no sostenibles, ya que éstas al emitir

gases, causan la contaminación atmosférica que produce lluvia ácida y genera un efecto invernadero global.

1.1.2. Fuentes de energía sostenibles.

Las fuentes sostenibles son aquellas que han estado creadas para evitar contaminar nuestro planeta. Su producción aún no es tan común ya que no en todos los países se tiene medios para instalar u obtener la energía de esta forma. Son ejemplos, la energía eólica, la hidráulica, la mareomotriz...De todas ellas, la más común es la energía solar.



Imagen 1: Las diferentes fuentes de energía.

La energía solar también aporta energía a las plantas, las cuales pueden ser útiles para la creación de energías sostenibles.

1.1.3. Energía Bioeléctrica.

Dentro de las fuentes de energía renovables, se encuentra una poco conocida y muy reciente, en la cual está basada la investigación: la bioelectrogénesis o bioelectricidad.

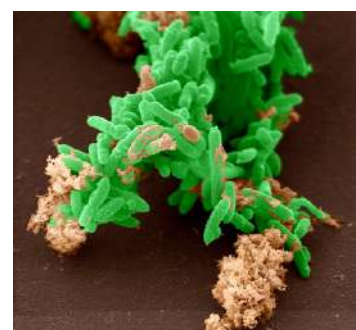


Imagen 2: Bacterias electrogénicas.

Básicamente, se trata de la producción de energía llevada a cabo por seres vivos, en este caso microorganismos.

Se han descubierto muchos microorganismos los cuales pueden realizar un proceso de conversión energética. Se ha visto que algunos son más electrógenos que otros.

Los más utilizados en dicho proceso son las llamadas “bacterias electrogénicas” que se suelen encontrar en ambientes como, por ejemplo, sedimentos de ríos o lagos. De estas bacterias destaca el género *Geobacter*, un tipo de bacterias que habitan en el subsuelo y son capaces de oxidar compuestos orgánicos, como, por ejemplo, los desechos de la fotosíntesis. Para aprovecharla se utilizan las celdas de combustible, que permiten convertir la energía química, generada a partir de la materia orgánica, en eléctrica, mediante la acción de estas bacterias.



Imagen 3: Celda de combustible.

CAPÍTULO 2

LA FOTOSÍNTESIS

1.2.1. Introducción.

La ciencia avanza cada día más y más. Hoy son posibles cosas que antes formaban parte de las novelas de ciencia ficción, y tenemos a nuestro alcance conocimientos con los que antes solo podíamos soñar. Todo ha evolucionado: la medicina, la tecnología, el transporte... Pero hay un proceso que todavía se le resiste a la ciencia, un proceso que ni siquiera los mejores laboratorios pueden reproducir.

A esta cadena de reacciones químicas se la conoce como fotosíntesis.

Se basa en la formación de un compuesto con ayuda de la luz. En otras palabras, la conversión de la energía lumínica en química para la obtención de materia orgánica a partir de materia la inorgánica.

Químicamente, se define con la reacción siguiente:

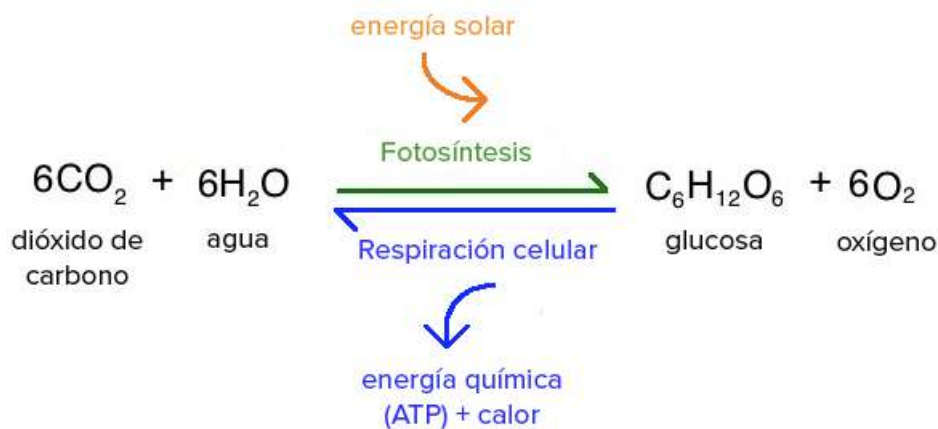


Imagen 4: Reacción química que tiene lugar en la fotosíntesis.

Igualmente, se podría definir, de manera coloquial, como aquella fuente de vida para todos los organismos que habitan el planeta, en especial los heterótrofos.

Estos últimos, al contrario de las plantas, algas y algunas bacterias no son capaces de producir su propio alimento y, por ello, se nutren de la materia orgánica creada por los organismos autótrofos a partir de materia inorgánica.

Por otro lado, la fotosíntesis mantiene la capacidad de vida de la tierra, ya que el desecho que se obtiene de este proceso biosintético es oxígeno, el cual, tras ser

liberado a la atmósfera, es utilizado para respirar por los demás vivientes de este planeta, incluidos los mismos productores del oxígeno.

La fotosíntesis no solo libera oxígeno sino que, según el producto generado al final del proceso, existen dos tipos de fotosíntesis:

- La fotosíntesis oxigénica es la que tiene lugar cuando se libera oxígeno a la atmósfera. Es propia, principalmente, de las plantas, algas y bacterias.

Gracias a estos organismos, la atmósfera pasó a contener oxígeno y, actualmente, gracias a todos ellos se sigue enriqueciendo de este gas.

- La fotosíntesis anoxigénica o bacteriana es la que tiene lugar cuando los productos del proceso son precipitados de azufre. Es propia de las bacterias púrpuras y verdes que habitan en algunas aguas sulfurosas.

Es la forma más sencilla y primitiva de la fotosíntesis.

1.2.2. Elementos necesarios para que tenga lugar la fotosíntesis.

En un proceso tan complejo como la fotosíntesis, intervienen diversos elementos que hacen posibles las reacciones químicas que tienen lugar con el fin de obtener unos productos determinados.

Todo este proceso tiene lugar mayoritariamente dentro de los cloroplastos.

A continuación, definiremos los términos básicos para facilitar la comprensión del proceso que será explicado posteriormente.

- Las hojas.

Son la parte de la planta donde tiene lugar la gran parte del proceso de la fotosíntesis (en la mayoría de las plantas).

Las hojas absorben un 83% de la luz que incide en ellas, aunque solo un 4% es realmente usado en la fotosíntesis. Mediante la energía de los fotones que inciden en las hojas se inicia la fotosíntesis.

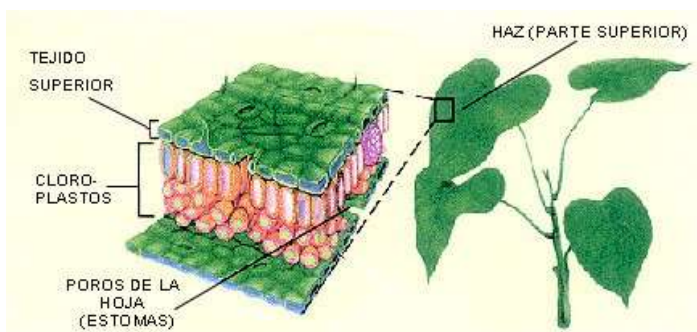


Imagen 5: Estructura de las hojas.

- El mesófilo.

Capa celular intermedia del tejido foliar de las hojas, donde tiene lugar la mayor parte de la fotosíntesis. En otras palabras, se trata de el tejido que se encuentra entre el epidermis superior e inferior de las hojas.

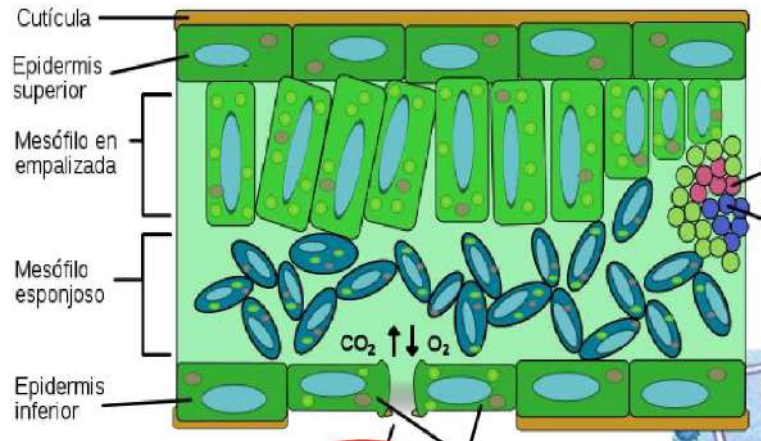


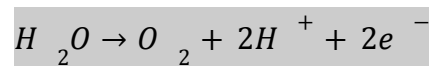
Imagen 6: Estructura interior de una hoja.

- Los pigmentos fotosintéticos

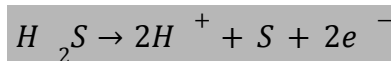
Moléculas orgánicas capaces de captar la energía luminosa y utilizarla para excitar electrones hasta llegar a transferirlos a otros átomos y, iniciar así, una reacción química.

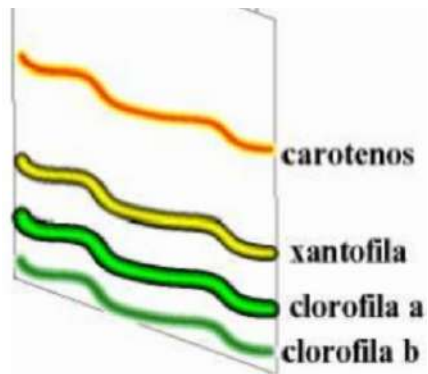
Para recuperar los electrones perdidos por los pigmentos fotosintéticos básicamente hay dos procesos:

- la descomposición de moléculas de agua:



- la descomposición de ácido sulfhídrico que hay en algunas aguas:





Imágenes 7 y 8: Diferentes pigmentos naturales y unas hojas que contienen dichos pigmentos.

- Los fotosistemas

Están constituidos por proteínas transmembrana que constituyen dos subunidades conocidas como el complejo captador de luz o antena y el centro de reacción.

El primero contiene moléculas de pigmentos fotosintéticos que pueden captar la energía luminosa y transmitirla entre las moléculas (energía de excitación) hasta cederla finalmente al pigmento fotosintético del centro de reacción.

Este último contiene dos moléculas de un tipo especial de clorofila α , pigmento diana, que cuando recibe la energía captada por los pigmentos de la antena es capaz de transferir los electrones a otra molécula, conocida como el primer aceptor de electrones, que está presente en el centro de reacción. Estos electrones pasarán a una molécula externa, fuera del centro de reacción. Así, el pigmento diana es capaz de iniciar una reacción de transferencia de electrones (reacción redox), es decir, el pigmento diana repone los electrones perdidos a partir de otra molécula llamada primer donador de electrones.

Existen dos tipos de fotosistemas:

- Fotosistema I (PSI): tiene un pigmento diana que capta la luz de longitud de onda menor o igual a 700 nm, y, por eso, recibe el nombre de clorofila P700.

Es incapaz de romper la molécula de agua para conseguir electrones.

Es más abundante en los tilacoides de estroma.

- Fotosistema II (PSII): tiene un pigmento diana que capta la luz de longitud menor o igual a 680 nm y, por eso, recibe el nombre de clorofila P680.

Puede romper las moléculas de agua para obtener los electrones necesarios para reponer los que ha perdido el pigmento diana.

Es más abundante en los tilacoides de grana.

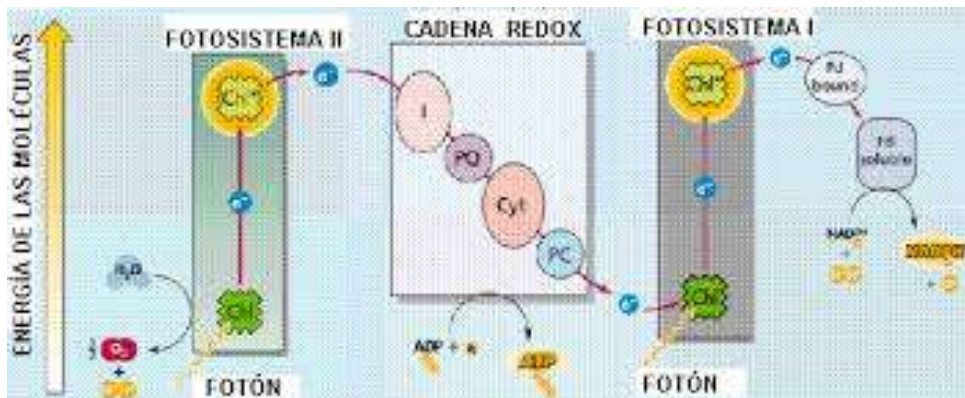


Imagen 9: Explicación visual del proceso que tiene lugar en el interior de los fotosistemas.

- Los cloroplastos.

Son un tipo de plastos o plastidios, es decir, orgánulos característicos de las células vegetales, con capacidad de sintetizar y almacenar sustancias.

Se encuentran en el grupo de los leucoplastos que se caracterizan por ser incoloros y por encontrarse en las células meristemáticas y, en el caso de los cloroplastos, porque la síntesis de la clorofila es estimulada por la luz.

Estos se encargan de capturar la energía luminosa que absorben las hojas y utilizarla para obtener, mediante el proceso de la fotosíntesis, materia orgánica.

Están especializados en llevar a cabo las reacciones de la fotosíntesis.

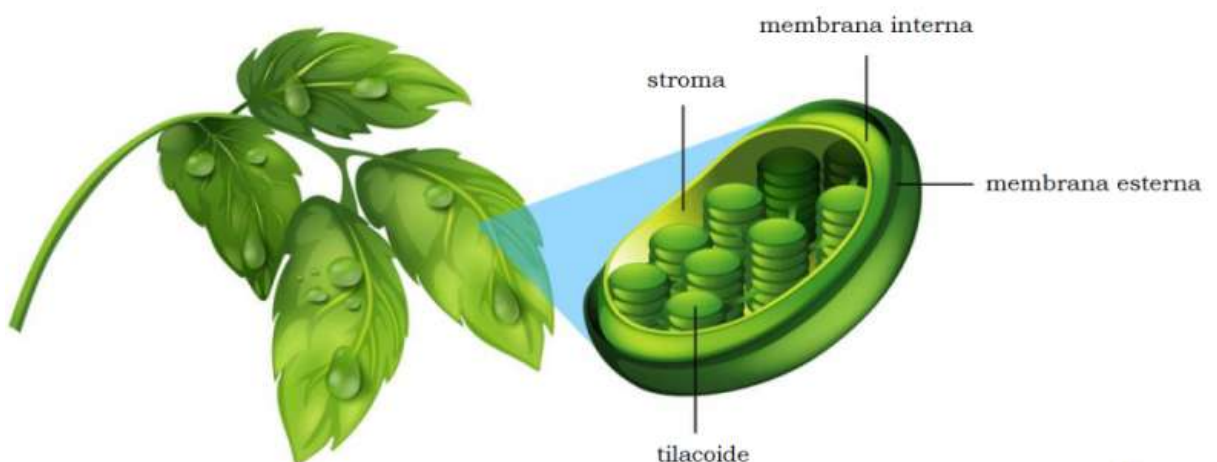


Imagen 10: Localización de los cloroplastos y su composición interior.

- El estroma.

Es el medio líquido que se encuentra en el espacio interior de los cloroplastos delimitado por la membrana plastidial interna. En este se pueden observar un número elevado de elementos, entre los cuales están:

- El DNA plastidial, circular y de doble hélice, como el de las bacterias.
- Los plastroribosomas, diferentes de los ribosomas del citoplasma y de los mitorribosomas de las mitocondrias.
- Enzimas, entre las cuales destacan los que transforman el CO_2 en materia orgánica, y los que permiten la transcripción, traducción y replicación del DNA.
- Las inclusiones de granos de almidón y las inclusiones lipídicas.

- Los tilacoides.

Los numerosos sáculos aplanados que se encuentran inmersos en el estroma se caracterizan por contener pigmentos fotosintéticos en la membrana (membrana tilacoidal), la cavidad interior de la cual recibe el nombre de lumen o espacio tilacoidal.

Existen dos tipos de tilacoides: aquellos que se extienden por todo el estroma son conocidos como los **tilacoides de estroma**, en cambio, los **tilacoides de grana**, son los que pueden ser pequeños, en forma de disco y presentar amontonados como pilas de moneda. Cada pila recibe el nombre de grana.



Imagen 11: Interior de los cloroplastos.

- Los estomas.

Son pequeños poros en la superficie de las hojas que permiten que el CO_2 se introduzca en el mesófilo y el oxígeno se libere al exterior. Es decir, a través de los estomas se produce el intercambio de gases entre el mesófilo y el exterior.

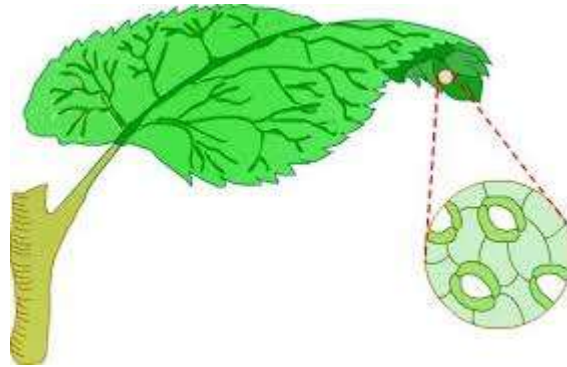


Imagen 12: Localización de los estomas en las hojas.

- La clorofila.

Es un pigmento presente en el interior de las plantas verdes y de algunas bacterias y algas y es responsable del color verde de los organismos en los que se encuentra.

Se trata de una biomolécula esencial en el proceso de la fotosíntesis llevado a cabo por los seres vivos autótrofos.



Imagen 13: Composición química y la estructura visual de la clorofila.

- El ATP (Adenosina Trifosfato).

Molécula pequeña formada por carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y fósforo, que aparece en la gran mayoría de las reacciones que tienen lugar en los seres vivos.

Constituye la principal fuente de energía de los seres vivos.

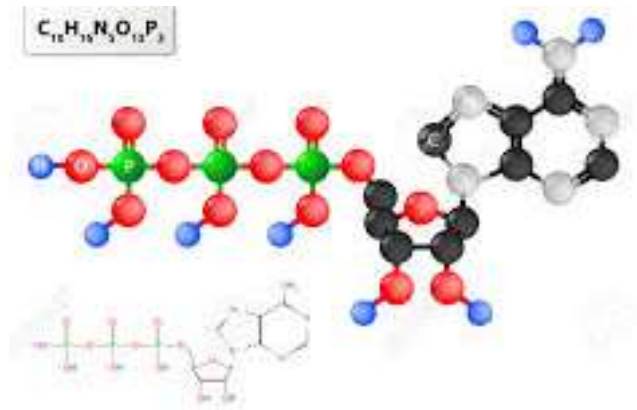


Imagen 14: Estructura molecular y la composición química del ATP.

- El ADP (Adenosina Difosfato).

Molécula que, principalmente, libera energía al formarse, ya que es el resultado de la pérdida de un fosfato del ATP.

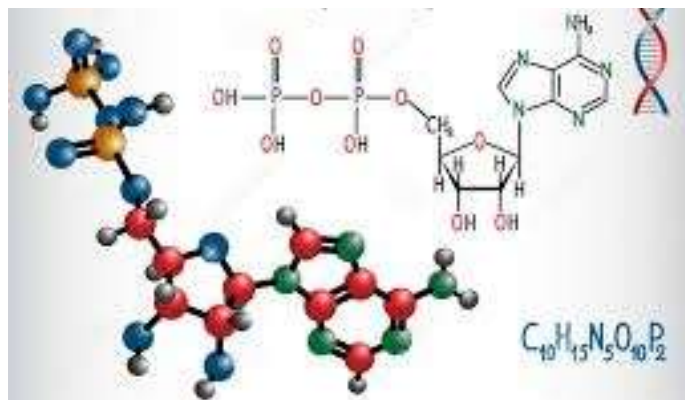


Imagen 15: Composición química y la estructura atómica del ADP.

- El NADPH (Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato).

Biomolécula con poder reductor que es la forma reducida en la reacción redox del NADP+. Interviene en la síntesis de ácidos nucleicos y de lípidos.

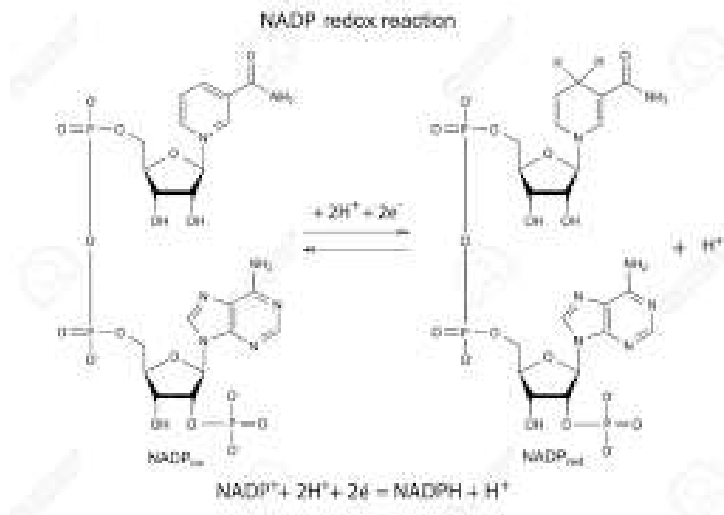


Imagen 16: Estructura química del NADP antes y después de recibir 2 H y 2 e

- La enzima RuBisCo (ribulosa-1,5-bifosfato carboxilasa oxigenasa).

Es la proteína-enzima más abundante en masa de la biosfera y tiene una función muy importante en el Ciclo de Calvin de la fotosíntesis.

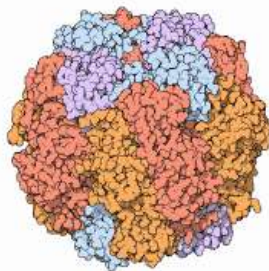


Imagen 17: Estructura visual de la enzima RuBisCo.

1.2.3. Fases de la fotosíntesis.

El proceso de la fotosíntesis se puede dividir en dos fases, que son las siguientes:

Fase Lumínica

Esta parte de la fotosíntesis también es conocida como **etapa fotoquímica**. Estos dos nombres hacen referencia a su característica principal: las plantas necesitan un suministro continuo de energía luminosa durante esta etapa, que tiene lugar en la membrana de los tilacoides.

Esta fase de la fotosíntesis se inicia con la absorción, mediante pigmentos fotosintéticos, de una parte de la luz solar que incide en las hojas de las plantas. Estos pigmentos constituyen un conjunto de fotosistemas. Cuando los fotones son absorbidos y se canalizan hasta los pigmentos, al recibir este aumento de energía, los electrones de estos últimos saltan a un nivel de energía superior, quedando así excitados.

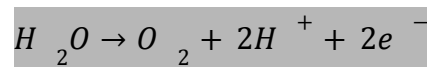
Al estar excitados, los pigmentos se oxidan cediendo electrones a la Clorofila A, que, ya sea por los electrones recibidos o por la luz solar, queda excitada también.

Los electrones excitados de la clorofila A son recibidos por diferentes aceptores, el último de los cuales es el NADP.

Imagen 18: Diferentes partes en las que tiene lugar la fotosíntesis.

Esta reacción, que se basa en la transformación de la energía luminosa en energía química, provoca la creación de dos moléculas que contribuyen a su almacenamiento: el ATP y el NADP. Ambas serán utilizadas más adelante en el ciclo de Calvin, parte principal de la fase oscura de la fotosíntesis.

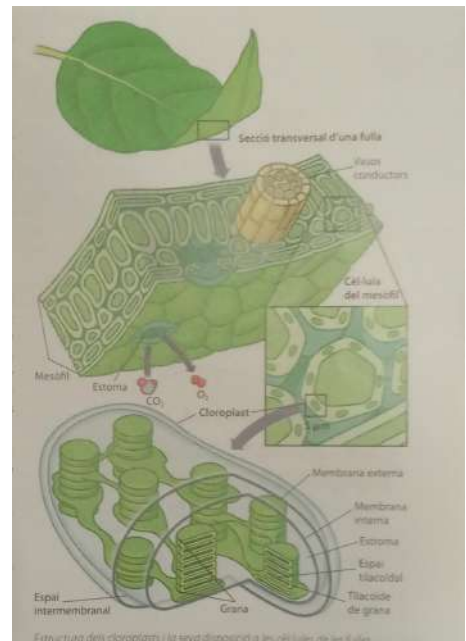
La luz solar también realiza la fotólisis del agua, es decir, que divide las moléculas que la planta ha absorbido, siguiendo la reacción siguiente:



Los electrones sobrantes van a parar a la clorofila A que, tras haberlos perdido cuando estos estaban excitados, se recupera para así poder volver a iniciar la reacción.

Los protones se unen a la molécula de NADP formando así el NADPH que se utiliza en la fase oscura de la fotosíntesis.

Finalmente, los oxígenos generados por la fotólisis son liberados a la atmósfera.



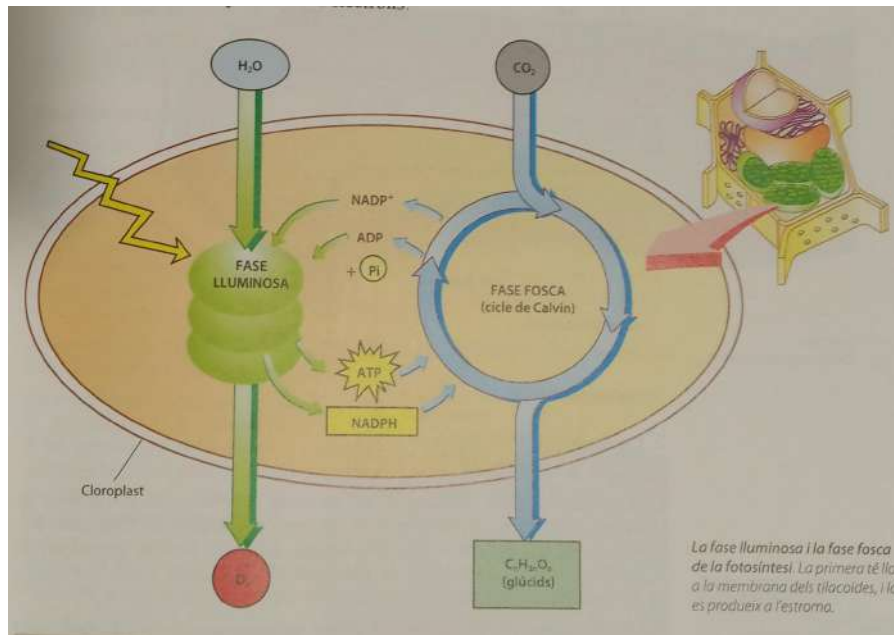


Imagen 19: Esquema de la fase lumínica y de la fase oscura de la fotosíntesis.

Fase Oscura

La segunda parte de este proceso se conoce como fase oscura, término que muchos consideran erróneo, ya que puede tener lugar tanto de día como de noche. Pero, realmente, esta manera de llamarlo hace referencia a que las reacciones que tienen lugar en esta fase son independientes de la luz solar, es decir, que no tienen la necesidad de estar expuestas al sol u otra fuente de energía luminosa, ya que toda la energía que se utiliza proviene de las moléculas de ATP y NADPH, generadas durante la primera parte de la fotosíntesis.

En esta fase tiene lugar el ciclo de Calvin, que recibe este nombre en honor a su descubridor, Melvin Calvin. Otros colaboradores importantes suyos fueron James Bassham y Andrew Benson, todos de la Universidad de California, Berkeley. Este descubrimiento les valió el Premio Nobel de Química en 1961.

En este proceso, principalmente, tiene lugar la **fijación del carbono** que se incorpora al organismo en forma de glucosa.

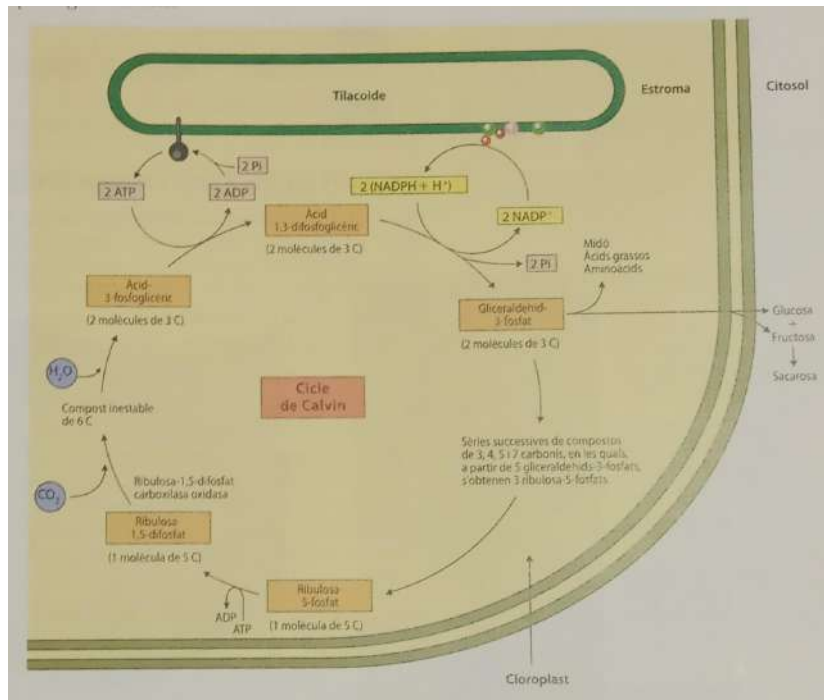


Imagen 20: Esquema del Ciclo de Calvin.

La fase oscura de la fotosíntesis se divide principalmente en tres etapas:

- En la primera fase, conocida como la fijación, tiene lugar la fijación del carbono, proveniente del dióxido de carbono que obtiene la planta de la atmósfera, a una molécula de cinco carbonos: la ribulosa-1,5-difosfato. Con esta unión, y gracias a la acción de la enzima RuBisCo, se produce un compuesto inestable de seis carbonos que se divide en dos moléculas de ácido 3-fosfoglicérico o PGA.
- Seguidamente, se inicia la segunda fase o la reducción, en la cual este ácido se reduce, es decir, que gana electrones, y se convierte en un gliceraldehído-3-fosfato o PGAL.

Para que esto tenga lugar, es necesaria la acción del ATP y NADP producidos durante la fase luminosa, que aportan la energía y elementos necesarios para que se lleve a cabo.

- Por último, en la fase regenerativa, la utilización de las moléculas PGAL creadas para fines distintos.

Una de cada seis es empleada para crear una molécula de glucosa, ácidos grasos, aminoácidos y, en general, cualquier molécula necesaria para la planta; mientras que las otras pasan a convertirse en una molécula de ribulosa-1,5-difosfato, y así poder volver a empezar el ciclo.

Esto quiere decir que todo el Ciclo de Calvin se produce tal como ha sido explicado pero multiplicado por seis.

En resumen, se utilizan seis moléculas de dióxido de carbono del aire junto con seis de agua para que, al unirse a seis de ribulosa-1,5-difosfato, se obtengan doce moléculas de PGA, y así hasta llegar a la creación de, por ejemplo, una glucosa.

1.2.4. Factores que influyen en la fotosíntesis.

Se ha podido comprobar experimentalmente que en el rendimiento de la fotosíntesis influyen los factores siguientes:

- La temperatura:

Cada especie está adaptada a vivir en un intervalo de temperaturas.

Dentro de este intervalo, la eficacia del proceso aumenta junto con la temperatura, para la mayor movilidad de las moléculas en la fase oscura, hasta llegar a una temperatura en que se inicia la desnaturalización de las enzimas, y el rendimiento lógicamente disminuye.

- La concentración de CO₂:

Si la intensidad luminosa es elevada y constante, el rendimiento del proceso fotosintético aumenta en relación directa con la concentración de CO₂ en el aire, hasta llegar a un valor determinado a partir del cual el rendimiento se estabiliza, que es cuando todas las enzimas están siempre ocupadas.

- La concentración de O₂:

Cuanta más concentración de oxígeno hay en el aire, menos rendimiento fotosintético hay, a causa de los procesos de fotorespiración.

- La intensidad luminosa:

Cada especie está adaptada para vivir dentro de un intervalo de intensidad de luz. Hay especies de penumbra o esciófilas y especies fotófilas.*

Dentro de cada intervalo, cuanta más intensidad, más rendimiento, hasta superar determinados límites, en que se produce la fotooxidación irreversible de los pigmentos fotosintéticos.

- La escasez del agua:

La escasez del agua en el suelo y de vapor de agua en el aire disminuye el rendimiento fotosintético.

*Plantas esciófilas o de penumbra: aquellas que prefieren vivir en zonas oscuras (de penumbra). Alcanzan la saturación de luz con poca intensidad. Puede realizar la fotosíntesis con muy poca luz (como, por ejemplo, los helechos y las orquídeas).

Plantas heliófilas o fotófilas: precisan una fuerte iluminación. No alcanzan la saturación de la luz hasta que la intensidad es muy elevada (como, por ejemplo, las hortensias y las begonias).

Esto se debe a que, ante la falta de agua, se cierran los estomas para evitar la desecación de la planta, y entonces se dificulta la entrada de CO₂.

Además, el aumento de la concentración de oxígeno interno provoca la fotorrespiración.

1.2.5. Conclusión.

La fotosíntesis es uno de los procesos más significativos e importantes de la naturaleza, ya que, no solo nos permite respirar porque genera oxígeno constantemente, sino que, como veremos más adelante, puede ser usada como fuente de energía renovable para disminuir la contaminación del planeta.

CAPÍTULO 3

LOS MICROORGANISMOS

Para que una planta pueda sobrevivir son necesarios los siguientes factores: luz solar, agua, sales minerales y el sustrato del suelo.

El suelo, que es vital para la supervivencia de la planta, es también el hábitat de muchos seres vivos, entre ellos, un conjunto de microorganismos que por ser microscópicos tienen una gran sencillez tanto en su estructura como en su organización.

1.3.1. Clasificación de los microorganismos según la inmunidad y el peligro que suponen para el organismo.

- Microorganismos beneficiosos : Se trata de microorganismos que producen beneficios para el ser humano, ya sea formando parte de la microbiota o mediante la producción de productos de interés para los seres humanos como queso, cerveza, antibióticos, yogur o pan. Aunque parezca que los microorganismos son malos, la mayoría de ellos son beneficiosos, y se incluyen en este grupo algunas bacterias y hongos.

- Microorganismos patógenos: Incluimos en este grupo a aquellos microorganismos que son capaces de producir enfermedades en sus huéspedes y pueden ser tanto bacterias como hongos. Su mecanismo



consiste en infectar a las células, reproducirse en ellas, matarlas o bien dañarlas y producir enfermedades. Las bacterias, además, son capaces de producir toxinas que provocan daños. El grado de patogenicidad de un microorganismo depende del estado inmune de la persona infectada.

Imagen 21: Algunas bacterias son capaces de parasitar a los seres vivos.

1.3.2. La rizosfera.

Las raíces de las plantas son el refugio y la fuente de alimentos de muchos de estos organismos.

La mayor concentración de microorganismos se encuentra en la zona cercana a las raíces en lo que se conoce con el nombre de **rizosfera**. En esta se encuentran

numerosos seres en mayor densidad que en suelo normal y a la vez estos microorganismos protegen a las raíces de otros patógenos. Es el lugar de destino de la materia orgánica, en concreto los glúcidos producidos por la fotosíntesis y que la planta no utiliza.

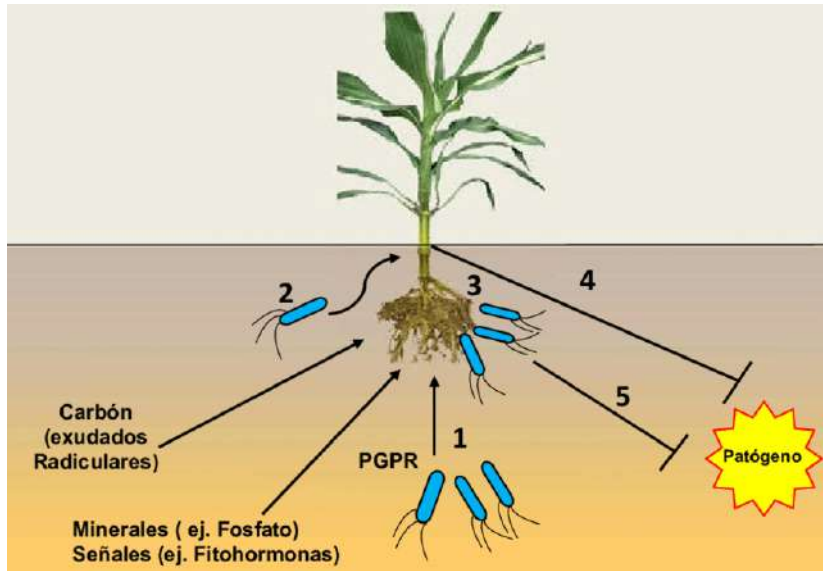


Imagen 22: La rizosfera con algunos microorganismos a su alrededor.

Su actividad bioquímica produce unos exudados radiculares, aquellas sustancias que son liberadas alrededor del medio por raíces sanas e intactas, que contienen, según las especies vegetales, entre el 10 y el 50 % de la energía fijada por la fotosíntesis. Estos exudados ricos en compuestos carbonatados sirven de alimento a los microorganismos de la rizosfera que, a cambio, proporcionan los minerales que necesita la planta.

Los diferentes organismos que encontramos en los suelos tienen funciones básicas para el mantenimiento de una buena estructura y funcionamiento de la tierra. Transportan fragmentos orgánicos y minerales, mezclándolos, facilitando la formación del complejo arcillo-húmico. Este complejo está constituido por arcilla, materia orgánica y calcio.

1.3.3. Función de los microorganismos.

Cada microorganismo tiene una función específica, por ejemplo:

- las algas tienen función fotosintética.
- las cianobacterias fijan el nitrógeno atmosférico.

Pero la mayoría de los mencionados utilizan la materia orgánica o la mineral como fuente de nutrientes y energía. Muchos de ellos se dedican a romper la materia orgánica de plantas y animales. Las bacterias de la rizosfera son capaces de generar una amplia variedad de metabolitos secundarios, que pueden tener una influencia positiva sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas: mejoran la disponibilidad de

minerales y nutrientes en el suelo, aumentan la capacidad de fijación de nitrógeno, disminuyen la susceptibilidad a las heladas, y facilitan el establecimiento de las plantas.

1.3.4. El suelo.

El suelo es el hábitat ideal para el desarrollo de los microorganismos, ya que su estructura constituye un entramado en el que pueden acomodarse tanto en el exterior como en el interior de los agregados (cualquier combinación de arena, grava o roca triturada en su estado natural o procesado).

Los principales tipos de suelo que podemos encontrar son:



El suelo arenoso:

Es áspero y seco al tacto porque las partículas que lo componen están muy separadas entre ellas y no mantienen bien el agua. Las plantas en suelos arenosos no tienen la oportunidad de aprovechar bien los nutrientes de forma eficiente por la velocidad con la que el agua se drena. Retiene mejor la temperatura, así que en cuanto llega la primavera resulta más cálido que otro tipo de suelo.

Imagen 23: Suelo arenoso de Castilla y León.

Suelos calizos:

Se trata de un suelo especialmente seco y muy árido. Se seca muy rápido y no puede adquirir de forma correcta los nutrientes de la tierra a través de las plantas, aunque hay algunos árboles que pueden resistir.



Imagen 24: Suelo calizo de Jumilla (Murcia).



Suelos limosos:

Retienen el agua por más tiempo, así como los nutrientes. 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. En los suelos limosos pueden crecer casi todos los tipos de árboles y plantas, salvo las que necesitan condiciones muy secas.

Imagen 25: Suelo limoso de Albufera.

Suelos humíferos:

Aquellos suelos que ya cuentan con material orgánico descompuesto. En este tipo de suelos podemos ver organismos o microorganismos que pueden ser muy beneficiosos para sembrar. De esta manera, los suelos humíferos son los más elegidos para desarrollar actividades del terreno agrícola. Son **tierras muy fértiles**.



Imagen 26: Cultivo de fresas en Huelva.

Suelos pedregosos:

Formado por toda clase de rocas y piedras, al no retener el agua resultan muy malos para cultivar.



Imagen 27: Suelo pedregoso de Crevillent (Valencia).

CAPÍTULO 4

LAS BACTERIAS ELECTROGÉNICAS

La bioelectrogénesis se define como la generación de energía eléctrica a partir de energía química proveniente de procesos biológicos generados por organismos vivos. Existen muchos microorganismos que pueden ser eficientes a la hora de realizar dicho proceso de conversión energética, pero algunos lo son más que otros. Los microorganismos más utilizados en los procesos de generación de energía eléctrica son las llamadas “bacterias electrogénicas” que suelen encontrarse en ambientes anaerobios (sin oxígeno), como sedimentos de lagos o ríos. Entre ellas destacan las bacterias del género *Geobacter*, que son capaces de respirar minerales del subsuelo terrestre.

Las bacterias del género *Geobacter* forman parte de un tipo de bacterias que habitan de forma natural en el subsuelo y pueden oxidar totalmente compuestos orgánicos, empleando diferentes elementos o sustancias como aceptores de electrones.

Este género se encuentra clasificado en el grupo Deltaproteobacteria de la familia Geobacteraceae.

Son bacterias gram-negativas, es decir, que se caracterizan por tener espacio periplasmático, un espacio entre la superficie externa de la membrana citoplasmática y la interna de la membrana.

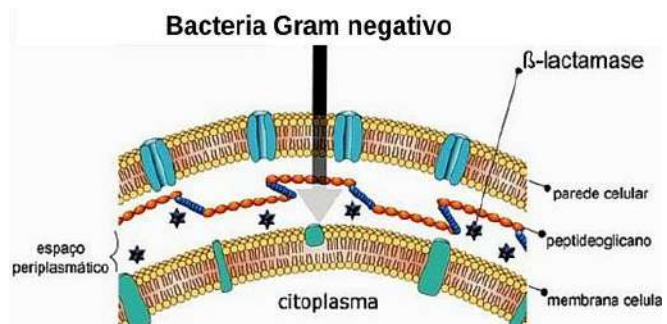


Imagen 28: Bacteria gram-negativa.

Además tiene una forma recta o ligeramente curvada, y su tamaño varía entre los 1,2-2,0 μm de longitud por unos 0,5- 0,6 μm de diámetro. Poseen dos tipos de apéndices celulares:

- **Los flagelos:** que permiten el desplazamiento de la bacteria por deslizamiento en su hábitat, evitando situaciones peligrosas para el microorganismo.
- **Los pilis:** que son estructuras que conducen electricidad y su función principal es transferir los electrones desde la superficie externa hasta aquellos materiales que se reducen. Estas estructuras se encuentran a un lado de la célula.

Estos dos tipos de apéndices celulares son esenciales para la respiración, ya que le permiten moverse de una partícula sólida a otra una vez se le haya agotado el óxido respirable.

1.4.1. El descubrimiento de estas bacterias electrogénicas.

Estos microorganismos fueron descubiertos en el 1978 en unos sedimentos de agua dulce del río Potomac por Derek Lovley y su equipo de investigadores de la universidad de Massachusetts Amherst. A las primeras bacterias se les nombró *Geobacter metallireducens*.

Ellos le asignaron la capacidad de producir magnetita en ambientes sedimentarios terrestres. Más tarde se descubrió que podían respirar uranio, que es perjudicial para el medio ambiente; y convertirlo en un elemento neutro, además de poder respirar otros elementos como ácidos húmicos que son otro tipo de sustancia perjudicial; y derivados del petróleo. También se estudió su capacidad para generar electricidad a partir de materia orgánica y la identificación de sus nanocables conductores, los pilis.

Después de su primer hallazgo se han encontrado más de 20 especies de la familia *Geobacter*, que tienen diferentes capacidades como la de moverse hacia sustancias metálicas y que viven en espacios anaeróbicos.

1.4.2. Localización de su hábitat natural.

Estas bacterias del género *Geobacter* se encuentran principalmente en los fondos marinos y en las orillas de los ríos. No necesitan cuidados ni oxígeno para sobrevivir. Debido a sus apéndices celulares y la capacidad que tienen de transferir electrones, los científicos las describen como redes eléctricas vivientes y, además, muy beneficiosas para nosotros.

1.4.3. Procesos que llevan a cabo.

Esta bacteria adquiere los electrones de los desechos que se encuentran en lugares fangosos o húmedos y, al no haber oxígeno, respira metales como: hierro (III) u otros hierros. Los electrones que se encuentran en su exterior oxidan a los metales y se convierten en óxidos de metal.

Este proceso es posible ya que estas bacterias poseen una red de Citocromos tipo C multihemo, una proteína que funciona como mecanismo de transporte electrónico y vincula entre si la membrana interna (el periplasma) y la membrana externa, con el objetivo de transferir los electrones desde una sustancia que está oxidada a otra que se reduce o acepta electrones. Por ejemplo: la bacteria adquiere electrones de la materia orgánica y los cede a un ión férrico Fe^{3+} (forma insoluble) que se reduce en un ión ferroso Fe^{2+} (forma soluble): $Fe(s) + 1/2 O_{2(g)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$

Esta bacteria tiene cables biológicos, que son equivalentes a los eléctricos y que se sitúan a su alrededor como si fueran pelos, con la diferencia que estos conducen electricidad. Se llaman "nanocables microbianos" o Pilis. Gracias a ellos consiguen electrones y llevan a cabo las reacciones.



Los microorganismos de tipo Geobacter se pueden alimentar de casi todo. Hasta de todo aquello de lo que ningún otro microorganismo puede. Incluso se llegan a alimentar de la contaminación cuando convierten los desechos orgánicos de los petróleos en dióxido de carbono (CO_2) y también convierten metales radiactivos solubles, como el plutonio y el uranio, en formas insolubles. Así se reduce el riesgo de contaminar el agua subterránea.

Y además, en este proceso generan electricidad.

Imagen 29: Los nanocables microbianos.

Los científicos denominan “el Santo Grial” a la bacteria perfecta. Esta sería aquella que se alimentara y excretara electrones y que pudiera existir únicamente con electricidad. Pero se dice que esta bacteria no es solo un sueño hoy en día, sino que es un tipo de geobacter.

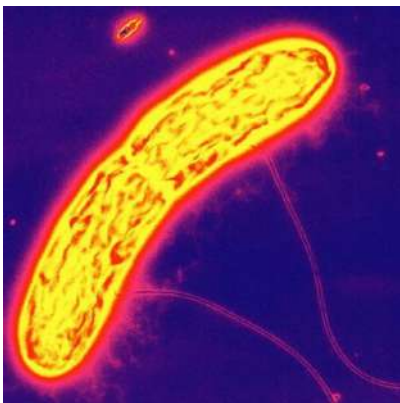


Imagen 30: La Geobacter metallireducens.

En 2015 se descubrió que los electrodos que se alimentan de electrones y los electrones que los excretan forman un grupo y entre ellos se pasan electrones creando una red eléctrica. Estas reacciones no se podrían llevar a cabo sin la ayuda de las otras bacterias, ya que entre ellas se forman cables que pueden llegar a medir varios centímetros.

Sobrevivir gracias a los electrones es una manera inteligente de vivir si se encuentran en lugares con recursos tan escasos como es el fondo marino o el subsuelo profundo. Lo único que necesitan es un electrodo del cual obtener electrones.

Así, también pueden adquirir electrones de desechos tóxicos como los petroleros, limpiando la contaminación del planeta y generando electricidad limpia en el proceso.

1.4.4. Aplicaciones básicas de las bacterias Geobacter.

De acuerdo con las características de estos microorganismos, los científicos e investigadores han determinado una serie de oficios y aplicaciones donde este grupo de bacterias puede ser de gran utilidad.

Estos son los siguientes:

- **La biodegradación y biorremediación.**

- La biodegradación: es la descomposición de materiales ambientales peligrosos gracias a la acción de organismos vivos.
- La biorremediación: consiste en utilizar bacterias para eliminar sustancias contaminantes que pueden ser de naturaleza física, biológica o química y pueden encontrarse en todos los estados de la materia, es decir, sólidas, líquidas o gaseosas. Este proceso ayuda a mejorar ecosistemas dañados y acelerar procesos naturales, como, por ejemplo, la depuración de aguas residuales.

- **La nanotecnología.**

Es el estudio, diseño, elaboración, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través de la explotación de fenómenos, propiedades y control de la materia en una escala tan pequeña como un nanómetro. El desarrollo de esta tecnología puede permitir solucionar problemas como el almacenamiento, producción y conversión de energía eléctrica; la producción agrícola o la remediación de la contaminación atmosférica.

- **Producción de hidrógeno.**

El hidrógeno es un elemento químico básico, ligero, incoloro y no tóxico. Además puede ser comprimido y almacenado en forma líquida y gaseosa bastante tiempo. Es más ligero que el aire y tiene un bajo nivel de contaminantes ya que el único producto en su combustión es agua. El hidrógeno representa energía almacenada que se puede quemar como cualquier combustible para producir calor, como combustible de motores o para la generación de la energía eléctrica.

1.4.5. El cultivo de microorganismos.

Desde hace unos años, se iniciaron investigaciones para acelerar el proceso de reproducción de estas bacterias electrogénicas y que así tener un gran número de ellas.

El proceso de reproducción de estas bacterias es por fisión binaria y tardan aproximadamente 19 horas en duplicarse.

El crecimiento de esta población consta de una serie de fases:

1. En la primera fase, las células se acostumbran a su nuevo ambiente.
2. En la segunda fase, la población se duplica. A temperatura y pH favorables es más eficiente aunque se vayan produciendo en intervalos regulares igualmente.
3. La tercera fase, la cual se llama estacionaria, se produce cuando el número de células que mueren iguala a la de células nuevas que se producen.
4. La cuarta fase, también llamada fase de muerte, se alcanza cuando la tasa de células destruidas es mayor que la de crecimiento.

El crecimiento de esta especie se produce cuando el pH está entre 6'2 y 7'4 mientras que si el pH es inferior a 5 o superior a 8 no se produce ningún incremento del número de bacterias. Además la temperatura se ha de encontrar entre los 22-30 grados.

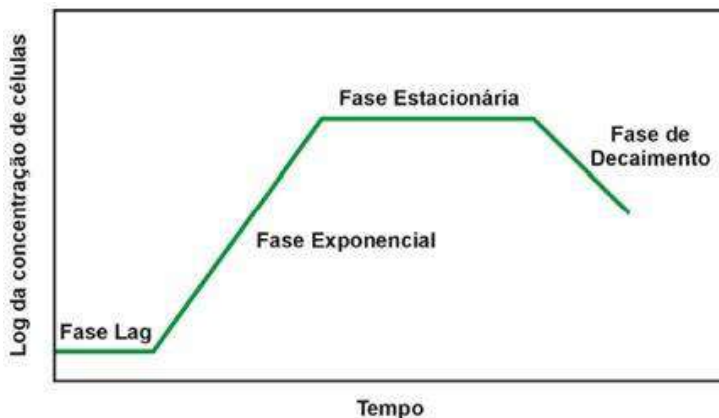


Gráfico 1: Fases del crecimiento de bacterias.

Después de realizar muchos estudios sobre cómo utilizar estas bacterias para crear energía limpia, los investigadores han llegado a algunas conclusiones muy interesantes, entre las cuales también se encuentran algunas desventajas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Degradan contaminantes.	Pueden ser una gran molestia ya que corroen el hierro, como por ejemplo: las tuberías o sistemas de calefacción.
Crean energía limpia.	Los costes son muy elevados ya que aún se están investigando.
No necesitan mediadores entre el electrodo y la bacteria, porque ella misma crea unos nanocables biológicos.	Hay mucha demanda de este tipo de energía y pocos medios aún para producirla.
No requieren mantenimiento y viven produciendo energía varios años.	Al necesitar desechos para consumir, pueden cambiar la manera de reciclar las basuras. Eso requeriría un gasto económico importante.
No requieren una infraestructura definida para funcionar.	

CAPÍTULO 5

LA BIOCELDA O CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANA

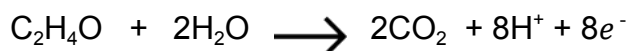
1.5.1. Introducción.

Hace varios años se descubrió que las bacterias podían utilizarse para generar hidrógeno a través de los procesos de electrólisis que tienen lugar en las células de combustible microbianas (MFC). Este dispositivo utiliza microorganismos para convertir la energía química en eléctrica a través de reacciones químicas catalizadas por las bacterias del género *Geobacter*.

1.5.2. Elementos de las MFC.

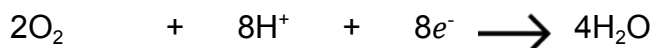
La MFC consiste básicamente en dos compartimentos, anódico y catódico, que están separados por una membrana permeable de intercambio de protones. Estos son dispositivos capaces de producir energía eléctrica a través de una reacción química. El ánodo es el electrodo que pierde electrones en una reacción de oxidación. El cátodo es el electrodo negativo, que en la reacción química sufre una reacción de reducción, donde su estado de oxidación se reduce cuando recibe electrones.

La reacción que tiene lugar en el ánodo, donde la bacteria *Geobacter* interactúa con la materia orgánica “acetato” oxidándola completamente es :



El oro se puede utilizar como material para fabricar el ánodo, debido a su alta conductividad eléctrica, maleabilidad y resistencia a la oxidación. También es recomendable el grafito.

La reacción de oxidación donde se reduce el oxígeno puro con los protones y electrones para formar agua es la siguiente:



Los materiales con los que se deben construir los cátodos tienen que ser conductores, biocompatibles y químicamente estables.

La membrana de intercambio de protones separa los dos electrodos. Esta membrana permite que los protones (H^+) fluyan a través, pero impide el paso de electrones. Así los electrones se ven forzados a fluir por el circuito eléctrico. Utilizan una membrana de polímero sólido (una película de plástico delgada) como electrolito.

Los materiales comúnmente más utilizados son electrodos de grafito, filtro de grafito papel carbón, tela de carbono y carbón vítreo reticulado.

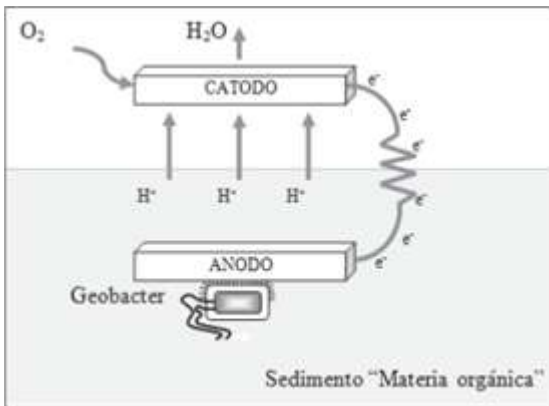


Imagen 31: Funcionamiento de una celda microbiana de sedimento.

1.5.3. Funcionamiento de las MFC.

Cada compartimento tiene un potencial de reducción, es decir, una tendencia, en una reacción redox, a adquirir electrones o cederlos. Se produce por la reacción de dos semiceldas que no están en equilibrio.

Dentro de cada una, se produce una reacción redox (tipo de reacción química en donde se transfieren electrones entre dos especies, en este caso, entre iones).

Cuanto más positivo sea el potencial estándar de reducción de un electrodo, mayor será su tendencia a reducirse, y cuanto más negativo sea, mayor será su tendencia a oxidarse.

El compartimento anódico se debe conservar con una concentración de oxígeno muy baja, porque estas bacterias oxidan la materia que se encuentra en este compartimento y generan dióxido de carbono, protones y electrones. Estos electrones viajan a través de una resistencia que conecta el ánodo y el cátodo originando una pequeña corriente (electricidad) que puede ser medida y utilizada para realizar trabajo. Los protones son transferidos por medio de la membrana permeable al compartimento catódico, que también se encuentra sin oxígeno. Allí se combinan los protones, los electrones y el oxígeno con el fin de generar agua.

La transferencia de electrones sobre el electrodo es directa, por lo tanto, permiten que los electrones se transfieren desde la materia orgánica hasta el ánodo directamente.

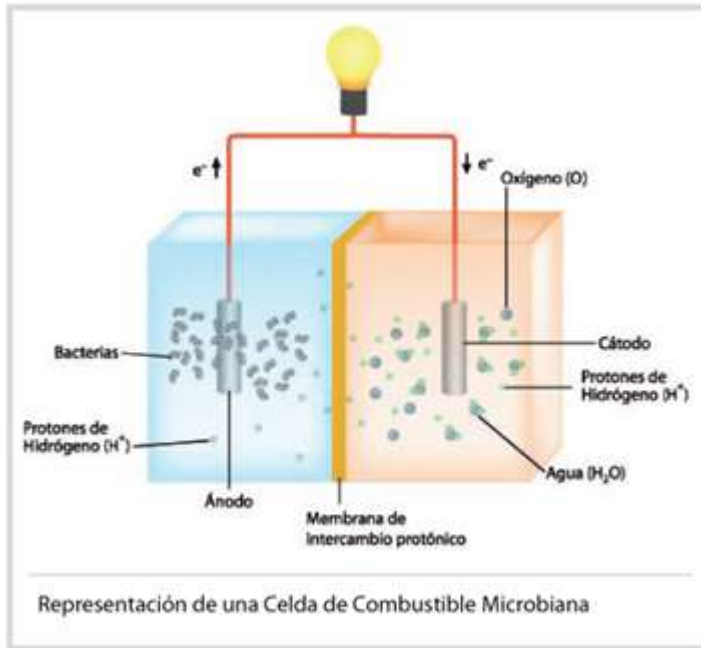


Imagen 32: Explicación gráfica de la MFC.

1.5.4. La producción de energía con las MFC.

Para producir energía eléctrica con las celdas de combustible microbianas son necesarios una serie de elementos:

1. La celda de combustible microbiana.
2. Un regulador o controlador de carga.
3. Un inversor: elemento que puede transformar corriente directa en alterna.

Una vez se tienen, se conectan en el mismo orden en el cual han sido mencionados.

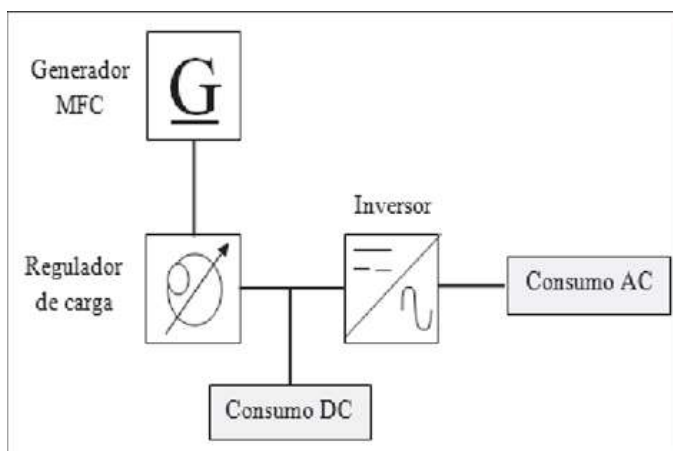


Imagen 33: Muestra de cómo puede llegar la energía del generador MFC al consumidor.

Se utilizan un número de sistemas eléctricos con módulos de celdas de combustible microbiana determinado, acorde con la cantidad de energía que se necesite.

1.5.5. Ventajas de las MFC.

Las MFC tiene muchas ventajas:

- Son muy eficientes.
- Al no tener partes en movimiento son muy silenciosas.
- No usan la combustión como mecanismo de generación de energía, lo que las hace prácticamente libres de contaminación. La energía producida es limpia.
- Pueden conectarse en paralelo para suplir cualquier requerimiento energético.
- Pueden ser fabricadas de distintos tamaños y para distintas aplicaciones.
- Los precios de las celdas de combustible no son altos cuando se los compara con los gastos anuales de electricidad y gas natural, con lo que su compra se amortiza en pocos meses. Con respecto a los costes de mantenimiento, éstos se consideran mínimos o casi nulos.

También han demostrado tener aplicaciones más allá de la generación de energía como son:

- **La biorremediación de aguas residuales:** recibe este nombre cualquier proceso que utiliza organismos vivos para absorber, degradar o transformar los contaminantes y retirarlos, inactivarlos o atenuar su efecto en el agua. La eliminación de nutrientes, como carbono, nitrógeno, fósforo y sulfuro de las aguas residuales, normalmente sirve para recuperar potencialmente recursos minerales útiles, y, también, agua, pero por otra parte requiere grandes cantidades de energía. Por lo tanto, el desarrollo de tecnologías, como las MFCs, podría significar un gran avance, al llevar a cabo la recuperación simultánea de energía, agua y nutrientes desde las aguas residuales, tanto agrícolas como industriales.

- **Como biosensor para el análisis de contaminantes y el seguimiento y control de procesos biológicos.**

No cabe duda de que es una tecnología prometedora, aunque actualmente se encuentra más en fase de laboratorio que implantada a escala real.

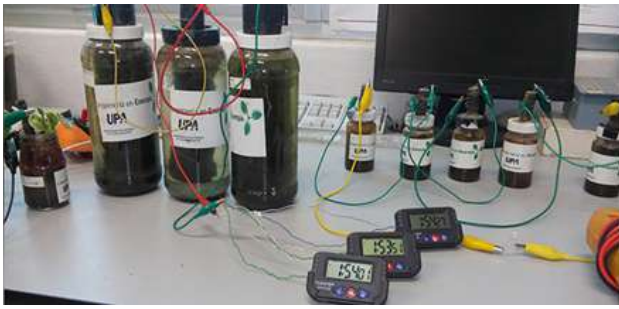


Imagen 34: Un proyecto de generación de energía sustentable realizado en la Universidad Politécnica de Aguascalientes (UPA).

CAPÍTULO 6

LA RELACIÓN ENTRE LAS BACTERIAS, LA FOTOSÍNTESIS Y LAS BIOCELDAS

1.6.1. Introducción.

Como ya se ha explicado anteriormente durante el proceso de fotosíntesis se segregan moléculas de agua, oxígeno y materia orgánica. Los dos primeros son expulsados a través de los estomas de las hojas y la materia orgánica por las raíces.

1.6.2. ¿Cómo se lleva a cabo?

Todos estos desechos orgánicos ahora quedan en contacto con los microorganismos que viven en la tierra y junto a ellos son descompuestos. Mediante este proceso de descomposición liberan electrones.

Las bacterias del género *Geobacter* gracias a sus nanocables biológicos atraen los electrones y llevan a cabo sus funciones vitales generando electricidad.

Para que esta electricidad sea consumible es necesaria una biocelda que cree un circuito y así la energía se utilice.

Este proceso se lleva a cabo rompiendo la materia orgánica desechada en moléculas de dióxido de carbono, que es liberado al aire; moléculas de agua que se forman mediante unas reacciones químicas y la ayuda de una biocelda. Para que sea posible se realizan los siguientes pasos:

1. Primeramente, se rompe el material orgánico desprendiendo protones y electrones.
2. En la tierra se coloca una membrana que separa dos electrodos: un ánodo y un cátodo.
3. Los electrones son atraídos por el ánodo y mediante un cable producen electricidad a una bombilla o cualquier aparato electrónico.
4. Más tarde los electrones vuelven por otro cable y pasando por el cátodo llegan al circuito llevando energía, que es utilizada por el oxígeno y el hidrógeno para crear moléculas de agua.

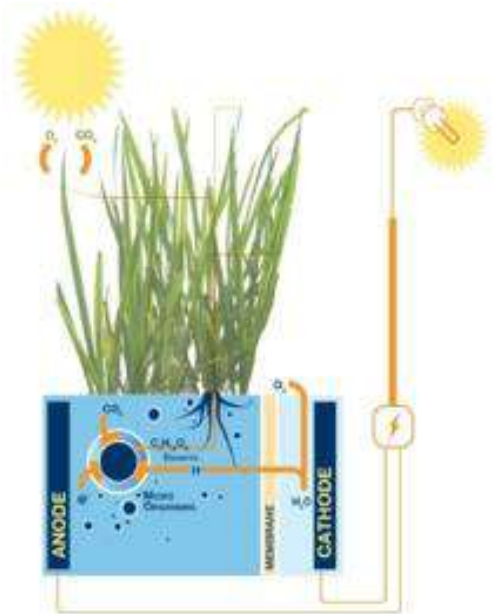


Imagen 35: Cómo podemos transformar la electricidad para que sea consumible.

PARTE EXPERIMENTAL

EXPERIMENTO 1. CREACIÓN DE CELDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS

OBJETIVO: Montar unas celdas de combustible para demostrar que las bacterias electrogénicas pueden producir electricidad encendiendo un led.

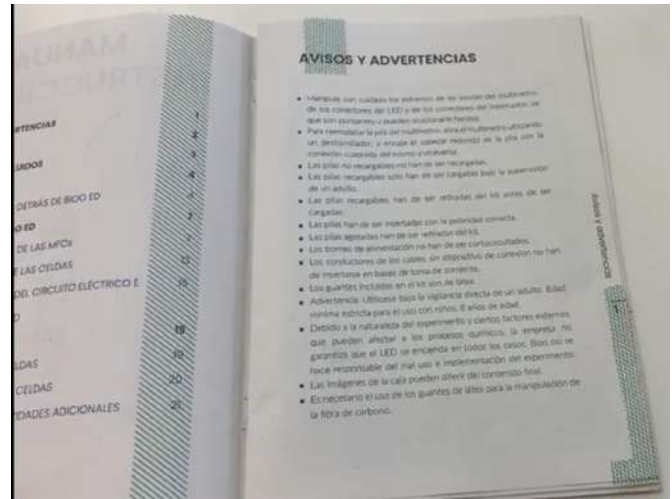
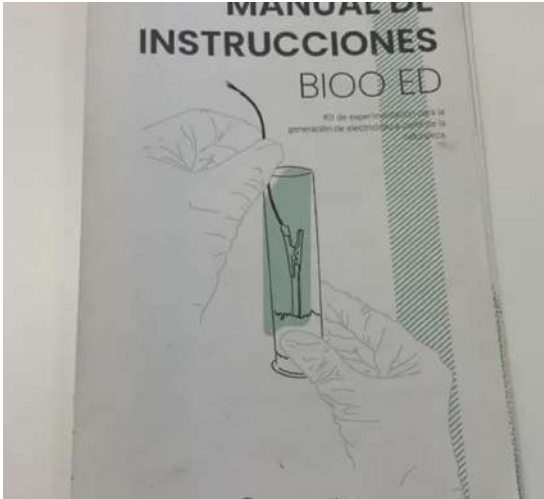
PARTE TEÓRICA

2.1.1. Conceptos básicos

- Cátodo: (tiene polaridad positiva) polo negativo de una pila eléctrica.
- Ánodo: tiene polaridad negativa.
- Reacción de oxidación-reducción (redox): son reacciones químicas que transfieren electrones entre los reactivos, alternando su estado de oxidación. Un elemento libera electrones y otro los acepta.
- Led: es un tipo de diodo utilizado en ordenadores, relojes... que emite luz.
- Condensador: componente eléctrico para aumentar la capacidad eléctrica y la carga sin aumentar el potencial. Consiste en dos conductores separados por un medio aislante.
- Pulsador: botón que sirve para poner en funcionamiento un mecanismo.
- Placa: es una superficie constituida por caminos de material conductor sobre una base no conductora. Conecta eléctricamente y sostiene un conjunto de componentes electrónicos.
- Cable: hilo metálico que sirve como conductor, puede tener una envoltura aislante.
- Pinzas: tenaza metálica con dos brazos articulados por un eje y con unas puntas fuertes, planas o cónicas.
- Voltaje: potencial eléctrico expresado en voltios.
- Voltímetro: instrumento para medir en voltios la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito.

PARTE EXPERIMENTAL

El siguiente experimento consiste en el montaje de bioceldas, las cuales serán construidas utilizando el material de un kit que ha facilitado la empresa Bioo Ed. Para poder llevarlo a cabo, han sido necesarios los siguientes pasos.



2.1.2. Lectura del manual de instrucciones.

El Kit contiene:



1. Pinzas



2. Butilo



3. Recipiente de cartón



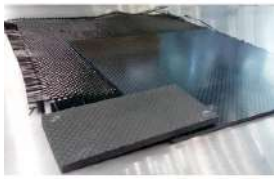
4. Lápiz agitador



5. Viales



6. Sondas



7. Fibra de carbono



8. Piezas de grafito



9. Cucharilla mezcladora



10. Guantes



11. Recipiente de plástico



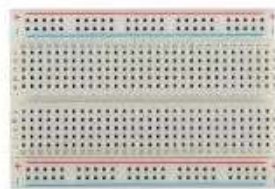
12. Multímetro



13. Aditivo (sacarosa)



14. Cables



15. Placa de pruebas



16. Pulsador



17. Led



18. Condensador



19. 3 sustratos diferentes

Antes de iniciar el experimento fue necesario comprobar si teníamos las cantidades suficientes de material para poder realizar los experimentos correctamente, cosa que no era así.

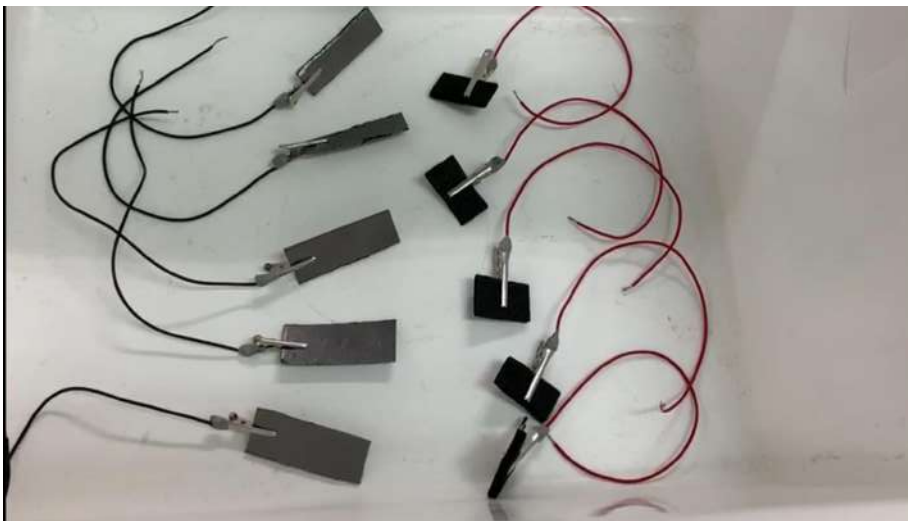
Una vez conseguido el material faltante, se inició el proceso de montaje de las celdas.

2.1.3. Montaje de las bioceldas microbianas.

El siguiente experimento consiste en la construcción de bioceldas, hechas gracias a un kit que ha facilitado la empresa Bioo Ed.

Para poder llevarlo a cabo, han sido necesarios los siguientes pasos:

- Para empezar, se montaron los cátodos y los ánodos de nuestras celdas. Para ello, se unió cada pinza con una sonda, previamente pelada, mediante una masilla adhesiva (butilo). Después, se cortaron los trozos de carbono y de grafito y se juntaron a las pinzas, de manera que el resultado fue el siguiente: 5 pinzas con grafito (las sondas de color rojo) y 5 con carbono (las sondas de color negro).



- A continuación, se inició la preparación del sustrato.

Primeramente, se puso en un recipiente el sustrato y se agregó la mitad de agua que de sustrato. Luego, se repartió el sustrato en los viales y se puso la sonda negra en el centro del vial y la roja a un extremo de tal manera que la fibra de carbono estuviese en contacto con el aire.

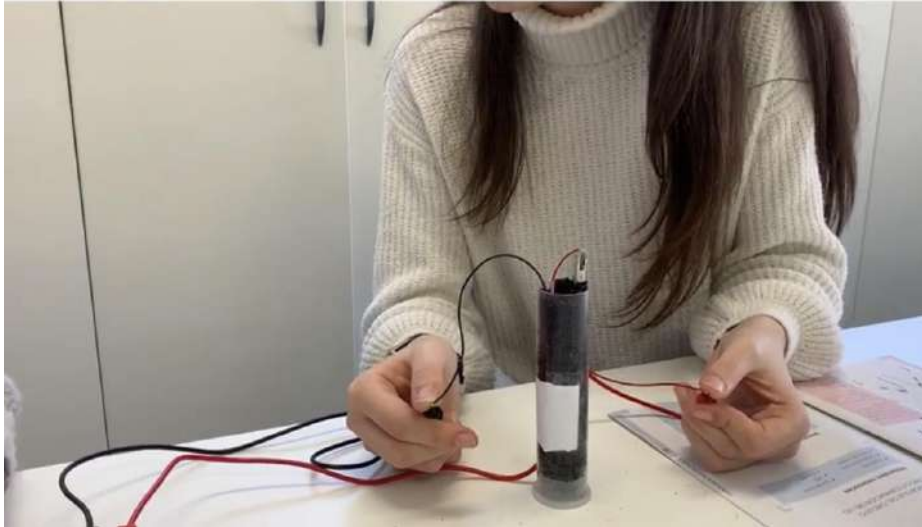


Imagen de la medición de los sustratos con la ayuda del voltímetro.

Este procedimiento fue llevado a cabo con una muestra de 3 sustratos que nombramos, para poder diferenciarlos, como A, B y C.

Para mantener las celdas, fue necesario alimentarlas con agua y algunas con azúcar.

2.1.4. Mantenimiento y cuidado de las bioceldas.

Una vez montadas las celdas, el siguiente paso consistía en regar la tierra que contenía las bacterias y medir su voltaje diariamente. Este proceso lo hicimos durante 4 semanas. El objetivo era conseguir el voltaje suficiente para encender un led (1,8V-2,5V), mediante la construcción de un circuito formado por diferentes celdas. En otras palabras, era necesario alcanzar la suficiente energía como para encender un led juntando diferentes celdas.



Imagen del circuito eléctrico montado a partir de celdas de los diferentes sustratos.

De esta manera, también se pudo comprobar qué sustrato era mejor para cultivar las bacterias electrogénicas.

Aunque parecía la parte más sencilla del experimento fue la que más problemas dio.

Primero, se inició el montaje de las celdas de un único sustrato, su cultivo y medición, durante un par de días hasta iniciar también el proceso con los demás sustratos.

Una vez se tuvo claro el proceso de montaje de las celdas para la obtención de datos coherentes se decidió avanzar en el montaje del resto de bioceldas con los demás sustratos.

Estas semanas fueron muy útiles para ordenar las ideas e intentar descubrir la respuesta a algunos interrogantes que habían surgido a lo largo del desarrollo del proceso anterior.

Cuando se tuvieron más claros los pasos a seguir el equipo se organizó, de tal manera que 2 miembros del grupo se dedicaban al montaje de las celdas, al cultivo y medición de voltajes y el tercer miembro se dedicaba a investigar el montaje de la placa y del circuito para poder conectar el led cuando llegara el momento.

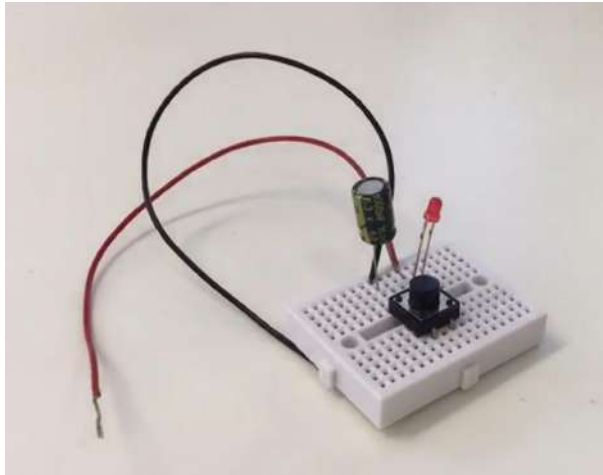


Imagen del montaje del led.

En las semanas siguientes, la rutina a seguir fue más o menos la misma: mientras dos se encargaban de regar, medir y apuntar los voltajes de los tres sustratos, la otra intentaba resolver los problemas que habían aparecido con los voltajes y el led hablando con diferentes personas.

2.1.5. Mediciones.

Cada sustrato era diferente de los demás, ya que el objetivo era determinar qué sustrato era mejor para la vida de los microorganismos y, por tanto, contenía más bacterias electrogénicas.

Los sustratos A, B y C fueron proporcionados por la empresa Bioo Ed, la cual había enviado el kit entero.

Del sustrato A y C se montaron cuatro celdas, y del sustrato B, dos. Esto se debe a que del sustrato B se fabricaron cuatro celdas pero, pasados unos días, daban un voltaje negativo o muy bajo. Así que se volvieron a montar. Como solo se iban a utilizar dos en el circuito, que serían aquellas regadas con azúcar (seguramente); fue decisión unánime crear tan solo dos celdas, las cuales serían regadas con sacarosa y agua.

El riego de las celdas de los diferentes sustratos se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Dos celdas de cada sustrato (marcadas en amarillo en las tablas siguientes) fueron escogidas para que, además de recibir agua, también fueran regadas con azúcar.
- El resto de las celdas eran regadas diariamente solamente con agua.

Esto demostró que, en los últimos días de medición, los voltajes de aquellas muestras regadas únicamente con agua eran superiores a los de las muestras que además recibía sacarosa.

La siguiente tabla recoge los voltajes que alcanzaron las celdas de los diferentes sustratos durante nuestro experimento.

Antes de leerlas, hay que tener en cuenta que:

- Las muestras marcadas en amarillo son aquellas regadas con sacarosa.
- Del sustrato C el primer día no tomamos medidas porque fue necesario un día para familiarizarnos con el kit.

● **Sustrato A**

	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
DÍA 1	350 mmv	74 mmv	40 mmv	45 mmv
DÍA 2	398 mmv	119 mmv	104 mmv	92 mmv
DÍA 3	388 mmv	225 mmv	224 mmv	312 mmv
DÍA 4	580 mmv	15 mmv	88 mmv	304 mmv
DÍA 5	445 mmv	320 mmv	480 mmv	632 mmv
DÍA 6	382 mmv	385 mmv	486 mmv	425 mmv
DÍA 7	--	515 mmv	640 mmv	--

● **Sustrato B**

	MUESTRA A	MUESTRA B
DÍA 1	84 mmv	63 mmv
DÍA 2	136 mmv	325 mmv
DÍA 3	73 mmv	396 mmv
DÍA 4	--	--
DÍA 5	-0,31 mmv	451 mmv
DÍA 6	113 mmv	300 mmv
DÍA 7	--	--

- **Sustrato C**

	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D
DÍA 1	--	--	--	--
DÍA 2	285 mmv	257 mmv	318 mmv	108 mmv
DÍA 3	312 mmv	246 mmv	326 mmv	124 mmv
DÍA 4	450 mmv	337 mmv	389 mmv	123 mmv
DÍA 5	654 mmv	630 mmv	443 mmv	442 mmv
DÍA 6	216 mmv	390 mmv	453 mmv	484 mmv
DÍA 7	--	702 mmv	476 mmv	330 mmv

CUESTIONES QUE HAN SURGIDO A LO LARGO DEL PROCESO Y DIFICULTADES

Principalmente, las cuestiones que surgieron a lo largo del proceso fueron las siguientes:

- ¿Por qué no funciona el led? (ya que se intentó encender con una pila y no funcionaba, pese a estar el circuito construido exactamente como indicaban las instrucciones)
- ¿Por qué alcanzado un cierto voltaje, al conectar varias celdas, el voltímetro indica 1 en vez de indicar el voltaje real?

Ambas cuestiones fueron resueltas a lo largo del experimento.

El único momento de estrés fue cuando, a pesar haber regado las bacterias durante varios días consecutivos y de que, matemáticamente, la suma de los voltajes de las celdas daba más que suficiente para encender el led, este no se encendía.

El primer pensamiento fue que era el voltaje, que se perdía al conectar varios viales juntos, ya que, de repente, el voltímetro indicaba 1 sin importar el número de celdas conectadas.

Después de un tiempo, descubrimos que ese 1 significaba, en nuestro voltímetro, que el voltaje era mayor o igual a 2, y que por lo tanto el led debería encenderse, sin embargo, no lo hacía.

Finalmente, como último recurso, se decidió cambiar el led, no fuera que estuviera fundido, y así era. Tras este cambio, se conectaron varias celdas y se consiguió encender un led, culminando así el trabajo de investigación sobre la bioenergía y las bacterias electrogénicas.

Los principales obstáculos del trabajo fueron la falta de tiempo, ya que solo se podía realizar durante la hora de clase semanal que había y los patios de 20 minutos aproximadamente, y la falta de claridad en las instrucciones del kit. Esto, junto con la falta de experiencia por parte de las que realizaban el trabajo, ya que no habían realizado jamás un experimento de este estilo.

CONCLUSIONES

Se inició el experimento con 3 sustratos, de los cuales se elaboraron entre dos y cuatro muestras. De cada sustrato se regaron algunas muestras con agua y otras con una solución de agua y sacarosa.

Tras varias semanas de observación del comportamiento de cada una de las muestras, evaluándolas según el voltaje que producían, llegamos a las conclusiones siguientes:

1. Parece ser que el azúcar influye en que el voltaje aumente en los primeros días y se mantenga así durante el resto de días a excepción de la muestra D del sustrato C.
2. Los voltajes más altos durante los últimos días pertenecen a aquellas muestras regadas únicamente con agua.
 - En el sustrato A, las muestras C y D.
 - En el sustrato B, la muestra B.
 - En el sustrato C, la muestra B.
3. Se producen caídas de voltaje importantes en todos los sustratos, sin ninguna razón aparente.
 - Del sustrato A, en las muestras B y C entre los días 3 y 4.
 - Del sustrato B, en la muestra A entre los días 3 y 5.

Estas variaciones en los voltajes fue a lo único a lo que no se encontró solución. Primeramente, se achacó el problema a los cables, que, según algunas de las personas a quienes se preguntó, eran de mala calidad; o al hecho de que quizás se habían regado mal las celdas, ahogando las geobacter a veces. Aunque esta segunda hipótesis quedó descartada al repetir el sustrato B, que daba negativo, y aún así observar que los voltajes seguían siendo tan dispares como antes.

4. En el sustrato C, al contrario de los demás sustratos, hay una subida regular que puede deberse a que el montaje se hizo con más precisión o al hecho de que no sufrieron inundaciones en nuestros intentos de regarlas como es debido.

Se tiene que tener en cuenta que si se hubiera dispuesto de más tiempo, que se vio interrumpido por la epidemia del COVID-19, se hubieran repetido las series de experimentos para obtener resultados más concluyentes.

Pese a todo, con ayuda de nuestras profesoras y compañeras, y con mucho trabajo, se consiguió alcanzar el objetivo: comprobar que las bacterias electrogénicas generan electricidad y aprender de todos los errores cometidos durante esta parte del trabajo de investigación.

5. Si se hubiese dispuesto de más tiempo, se hubiese planteado hacer una serie de experimentos para responder a otras cuestiones que se han planteado a lo largo del proceso de investigación.

- ¿Cómo podríamos saber cuál es el mejor sustrato para producir más energía?

Para saber qué sustrato es el idóneo para poder encender de una manera más eficaz y rápida el led, sería recomendable conectar todas las muestras de cada sustrato y medir su voltaje total con el voltímetro. Es muy importante que todas las muestras sean del mismo sustrato.

Este procedimiento se haría con los diferentes tipos de sustrato que se hayan utilizado y, de este modo, podríamos comprobar cuál es el sustrato que tiene mayor voltaje y el mejor para encender el led.

- ¿Cómo podríamos encender más de un led?

Para empezar, determinamos el número de leds que queremos encender. Después, según el voltaje que sea requerido, unimos el número de celdas necesarias para llegar al voltaje que sea necesario y lo ponemos todo en un mismo circuito.

EXPERIMENTO 2.CULTIVO DE MICROORGANISMOS

OBJETIVO: Hacer un cultivo de bacterias en el laboratorio para determinar las bacterias Gram negativas.

PARTE TEÓRICA

2.2.1. ¿Qué es un cultivo?

Es el crecimiento de microorganismos de forma controlada en un medio artificial.

2.2.2. ¿Qué es un medio de cultivo?

Una mezcla de nutrientes que permiten el crecimiento de los microorganismos. Este medio va a contener los nutrientes y las condiciones óptimas de pH, humedad, temperatura, aireación, concentración de sales y fuerza iónica necesarias para que pueda permitir el desarrollo y crecimiento de microorganismos. Producen réplicas de sí mismos y necesitan los elementos presentes en su composición química.

Requieren energía metabólica para sintetizar macromoléculas y mantener gradientes químicos esenciales a través de sus membranas.

Los medios de cultivo pueden ser diversos. Se clasifican según:

A. Su consistencia.

- **Sólidos:** al medio de cultivo sólido se le añade un agente gelificante o solidificante. Se preparan en erlenmeyer, se dejan enfriar y luego se pueden pasar o bien a una placa o bien a un tubo.

Los gelificantes más habituales son:

- Agar Agar: es un alga que se caracteriza por ser inerte frente a los microorganismos y porque es líquido a la temperatura de ebullición y solidifica entre los 45-50°C.
- Gelatina.
- Líquidos o caldos: contienen los nutrientes y, en lugar de añadir el agar, tienen el agua que se utiliza para diluir el medio de cultivo. Se preparan en tubo.

- **Semisólidos:** contienen agar (<5-10%). Se utilizan cuando queremos observar movilidad bacteriana. Se hace en tubo y se utiliza la siembra en picadura con asa recta.

B. Su composición.

- **Químicamente definidos:** se conoce exactamente la composición y la concentración de cada uno de los nutrientes que componen el medio de cultivo
- **Complejos o indefinidos:** Contienen sustancias altamente nutritivas, pero de composición indefinida. La ventaja de este medio de cultivo es que contiene muchos factores de crecimiento, por lo que podemos cultivar en él un gran número de microorganismos. El inconveniente es que no conocemos lo que el microorganismo está consumiendo.

C. El uso que se les da.

- **Enriquecidos:** son aquellos medios en los cuales a un medio base se le añaden determinadas sustancias nutritivas que son necesarias para el crecimiento de un microorganismo exigente.
- **De enriquecimiento:** se utilizan solamente cuando se sospecha que el microorganismo de la muestra se encuentra en un número muy pequeño. Se le aportan los nutrientes y se espera que crezcan de 6 a 8 horas. Esto se utiliza, por ejemplo, cuando se sospecha la contaminación en alimentos por Salmonella.
- **Diferenciales:** incorpora determinadas sustancias que nos permiten diferenciar entre dos tipos de microorganismos.
 - Selectivos: llevan incorporadas determinadas sustancias que inhiben el crecimiento de un microorganismo y facilita el crecimiento del microorganismo que nos interesa.

- **Transporte y mantenimiento:** se utilizan cuando la muestra no se puede procesar inmediatamente después de haberla tomado.

2.2.3. Crecimiento microbiano

El crecimiento bacteriano necesita de una serie de sustancias y de factores que faciliten su desarrollo.

- **Temperatura:**

Todos los microorganismos necesitan de una determinada temperatura para desarrollarse a su velocidad máxima. La mayoría de los gérmenes capaces de producir enfermedad en el hombre crecen mejor a temperaturas próximas a los 37° C, que es la temperatura normal del cuerpo humano. Por ello son capaces de crecer dentro de nuestro organismo y producir enfermedades.

- **Humedad:**

El agua es un elemento indispensable para la vida, incluida la de los microorganismos. Cuanto mayor sea el contenido en agua de un alimento más fácil será que crezcan en él los gérmenes, contaminándolo y alterando.

- **Acidez pH:**

El pH óptimo en el que se desarrollan la mayoría de los microorganismos es neutro, que oscila entre 5-7. En ocasiones, como consecuencia del metabolismo bacteriano, se producen residuos que acidifican el medio. Para mantener el medio neutro se utilizan tampones. El más utilizado es el de sales fosfato.

- **Oxígeno O₂:**

Es un importante aceptor final de electrones en la respiración y un poderoso oxidante, que genera diversas especies tóxicas. Los microorganismos se pueden separar en tres categorías:

- Los que usan el oxígeno y lo pueden detoxificar.
- Los que no lo usan ni lo pueden detoxificar.
- Los que no lo usan pero lo pueden detoxificar.

- **Nutrientes:**

Los alimentos con mayor contenido de proteínas y azúcares son más favorables para el crecimiento y desarrollo de microorganismos.

- Carbono:

Es un elemento que forma parte de la estructura básica de la materia viva. Se usa cuando no nos importa el tipo de microorganismo que crezca en ese cultivo. Forma el esqueleto de los tres más importantes nutrientes (glúcidos, lípidos y proteínas) que se utilizan para la obtención de energía así como material celular. Los microorganismos que utilizan compuestos orgánicos como fuente de carbono se llaman heterótrofos y aquellos que utilizan el CO₂ como fuente de carbono se llaman autótrofos.

- Oligoelementos:

Como potasio, sodio, hierro, magnesio, calcio y cloruro para facilitar los procesos enzimáticos y mantener los gradientes químicos a través de la membrana celular.

- Factores orgánicos de crecimiento:

Compuestos orgánicos esenciales que el organismo es incapaz de sintetizar.

PARTE EXPERIMENTAL

Para realizar el experimento, se utilizó un medio de cultivo sólido en placa y tubo con agar nutritivo, ya que se puede utilizar para todo tipo de bacteria y permite distinguir mejor las colonias pequeñas.

Anteriormente, el medio de cultivo se conservó en un lugar fresco, seco, sin luz solar (nevera).

2.2.4. Material.

Para crear el medio de cultivo fue necesario:

- Agua destilada o desmineralizada con un pH próximo a 7.
- Un erlenmeyer.
- Vidrio de reloj.
- Probeta.
- Agitador magnético.
- Mechero bunsen.
- Placas de petri.
- Asa de siembra.
- Tubos Hungate.
- Medio Ravot.
- Portaobjetos.
- Metanol.

- Tinte violeta de genciana.
- Lugol.
- Acetona.

2.2.5. Procedimiento.

Fase 1. Preparación en placas de Petri.

Se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Medir en una probeta la cantidad de agua destilada necesaria, 330 ml.
2. Añadir al erlenmeyer 10 gramos de agar.
3. Agitar.
4. Se lleva a cabo el proceso de esterilización, el proceso por el cual se destruyen completamente la vida microbiana que tiene el medio. Para ello se utiliza un agitador magnético, que a la vez calienta.
5. Se deja reposar y se tapa el erlenmeyer con un papel hasta que vuelva a estar a temperatura ambiente.
6. Con el mechero bunsen se flambea la boca del erlenmeyer y se va dosificando el medio en las diferentes placas de petri.
7. Se colocan una encima de la otra y se dejan enfriar hasta que se solidifique el medio.

Fase 2. Obtención de la muestra.

Una vez ya estaban las placas de Petri listas, se coge con una espátula, previamente esterilizada con alcohol de 70%, muestras de las bacterias de la tierra. El resto de muestras se guardan en bolsas estériles.

Fase 3. Siembra en tubos Hungate y placas de Petri.



Se mezcla con agua destilada y se inyecta 0,1 ml en tubos Hungate con medio de cultivo anaeróbico. Seguidamente los tubos se incuban a 30°C en una estufa. Una vez las colonias han crecido se aíslan los microorganismos y se hace una asa se siembra por estrías, es decir, se coge con el asa de siembra una muestra y se deposita en uno de los extremos superiores de la placa de Petri. A partir de ahí se realizan movimientos en zig-zag desde un extremo de la placa al otro.

Imagen 20: Siembra por estría en Placas de Petri.

Es importante no levantar el asa hasta acabar de sembrar toda la placa. Se incuban a 30°C durante 5-10 días y se va observando el crecimiento de las colonias. Después se hace una selección visual de colonia, según su morfología y color, y se siembra cada colonia en medio Ravot. Cuando crecen se trasladan a las bioceldas.



Imagen 21: Siembra por estría en los Tubos de Hungate.

Fase 4. Tinción Gram.

Para observar la existencia de bacterias Gram negativas se hace la tinción de Gram, un tipo de tinción que se realiza sobre las bacterias para observarlas mejor bajo el microscopio. Según la distribución del peptidoglicano de la pared celular que las envuelve, se tiñen de una forma u otra.

El proceso es muy sencillo, y los pasos a seguir serían:

1. Recoger la muestra de bacterias a estudio mediante un asa de siembra. Extender dicha muestra sobre un portaobjetos y dejarla secar.
2. Fijar la muestra mediante un alcohol (metanol).
3. Aplicar el tinte de violeta de genciana sobre el portaobjetos y esperar un minuto.
4. Enjuagar la muestra con agua y aplicar un fijador del violeta de genciana (lugol). El lugol y el violeta de genciana forman un complejo insoluble en agua capaz de penetrar en la pared de las células bacterianas.
5. Lavar de nuevo el portaobjetos con una mezcla de alcohol y acetona durante unos segundos.

Ya se puede observar la muestra al microscopio donde se visualizarán de color violeta las gram positivas y de color rosa-rojizo las gram negativas. Debido a que las bacterias electrogénicas son gram negativas, podremos diferenciar entre todas ellas cuales son las que nos interesan.

CONCLUSIONES

El motivo por el cual se empezó este trabajo de investigación fue profundizar en una fuente de energía renovable, la cual no fuera tan conocida pero aun así fuese beneficiosa para el medio ambiente, como es la bioelectricidad. Esta es más barata, contamina menos y, al utilizarla, se aprovecha un proceso metabólico sin la necesidad de alterarlo.

En un principio se planteó estudiar la fotosíntesis como fuente para obtener energía pero, a medida que avanzaba la investigación, las bacterias electrogénicas nos llamaron la atención, ya que, no solo tienen relación con la fotosíntesis, sino que son capaces de transferir electrones al ánodo en ausencia de mediadores redox artificiales. Además, a su capacidad de producir magnetita en los ambientes sedimentarios terrestres, se le añade su capacidad de respirar uranio, biodegradar anaeróticamente compuestos aromáticos derivados del petróleo, respirar ácidos húmicos en ambientes naturales y respirar electrodos conductores produciendo así electricidad. Por no hablar de la existencia de pili conductores (nanowires) como posibles mecanismo de transferencia electrónica sobre óxidos de hierro.

De tal manera que la hipótesis acabó siendo: “¿Es posible la obtención de energía útil mediante el uso de microorganismos electrogénicos, en concreto del género *Geobacter*?”

Los objetivos a los cuales se pretendía llegar con esta investigación eran diversos.

El primero era saber si las bacterias realmente producían electricidad. Para ello, se realizó una parte experimental en la cual se prepararon sustratos conectando dos electrodos (un ánodo y un cátodo) a través de unos cables, y gracias a un voltímetro fue posible comprobar que sí podían llegar a producir electricidad.* Mediante este experimento, también se pudo estudiar las bioceldas y sus diferentes usos, como parte esencial del trabajo. Descubrimos que las células de combustible microbianas/ bioceldas son en realidad biorreactores, que albergan la oxidación de un combustible orgánico catalizada por microorganismos. También que gracias a ellas se puede hacer el tratamiento de aguas residuales, integrándolas en un hábitat natural, y así obtener energía de manera limpia.

Como parte de la investigación, también se buscaron diferentes estudios que estuvieran investigando las bioceldas. Se encontró uno muy interesante que se está

*Video explicativo de la realización del experimento: <https://www.youtube.com/watch?v=SWaExwJndzM>

llevando a cabo en El Instituto Nacional de las Investigaciones Nucleares junto con la facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México y se basa en la extracción de microorganismos electrogénicos del lodo del río Lerma (México), además de la búsqueda de los mejores materiales y las condiciones óptimas para que la biocelda tenga el máximo rendimiento.

El siguiente reto era demostrar que la electricidad que producen estas bacterias puede ser utilizada en nuestro día a día, convirtiendo así la bioelectricidad en una fuente de energía sostenible. Para comprobarlo, se hizo un experimento creando un circuito eléctrico entre los diferentes sustratos de tierra, los cuales contenían dichos microorganismos, con el que se pudo encender un led.

Por último, nos interesaba conocer la disponibilidad que se tiene hoy en día, tanto en medios como en conocimiento, para aplicarla en la vida ordinaria. Para que se reprodujeran a gran escala, se encontró la manera de hacerlo mediante el cultivo de microorganismos, y se pudo comprobar al elaborar el experimento 2. Desgraciadamente, aún no se ha conseguido todo lo que este proceso requiere.

Durante este trabajo de investigación han surgido numerosas dificultades. La principal ha sido tener que interiorizar procesos tan complejos como la fotosíntesis, ya que para alumnas de primero de bachillerato exige un nivel más elevado del que se tiene.

Al llegar a la parte experimental, el primer obstáculo que nos encontramos fue la falta de material. Aparte, en el experimento 1, hubieron varios problemas para conseguir realizar el montaje y mantenimiento óptimo de las bioceldas. Además, a causa del COVID-19, no se puede llegar a realizar el experimento 2 ni repetir el experimento 1 para así poder obtener unas conclusiones más cercanas a la realidad.

La lección principal que se ha aprendido al realizar este proyecto es la importancia de la comunicación y compenetración del equipo. Además, se ha asimilado un conocimiento sobre un ámbito que interesa al grupo y se ha llevado a cabo una investigación siguiendo el método científico. Sin duda, ha sido un trabajo útil que ha superado todas las expectativas.

Después de comentarlo con la tutora, nos dimos cuenta de que esta investigación podría tener una continuidad en un futuro. Para ello, se han sugerido protocolos y posibles cuestiones que se podrían llegar a resolver.

En definitiva, estos conocimientos, no solo han permitido que se haya realizado el proyecto correctamente, sino que, además, han ayudado a las alumnas a profundizar en un ámbito de la ciencia que es de su agrado y en el cual se ven trabajando en un futuro.

BIBLIOGRAFÍA

INFORMACIÓN

- A. Jimeno y M. Ballesteros (2009). *Biología 2 Batxillerat*. Barcelona, Spain: Projecte La Casa del Saber.
- A. Jimeno y L. Ugedo (2016). *Biología Sèrie Observa 1*. Barcelona, Spain: Projecte La Casa del Saber.
- Bellver, Elena. "Tipos De Suelos y Características." *Tendencias.com*, 3 Apr. 2020, <https://tendencias.com/eco/tipos-de-suelos/>.
- Carga. "¿Qué Son Los Agregados?" *Comunidad 360*, Comunidad 360, 29 June 2018, www.360enconcreto.com/blog/detalle/191qu233-son-los-agregados.
- Chuet-Missé, Juan Pedro. "Las Plantas También Pueden Ser Fuente De Electricidad." *La Vanguardia*, 18 Jan. 2017, <https://www.lavanguardia.com/natural/20170118/413415278331/planta-electricidad.html>.
- User, Super. "5. ¿Cómo Se Clasifican Las Fuentes De Energía?" *Foro Nuclear*, www.foronuclear.org/es/100957-faqs-sobre-energia/capitulo/115488-icomo-se-clasifican-las-fuentes-de-energia.
- "Introducción a la fotosíntesis." (Artículo). *Khan Academy*, Khan Academy, <https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/introduction-to-stages-of-photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis>
- M, Dolly, et al. "CELIDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS (CCMS): UN RETO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA." *Información Tecnológica*, Centro De Información Tecnológica, https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000600004.
- M, Dolly, et al. "CELIDAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS (CCMS): UN RETO PARA LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA." *Información Tecnológica*, Centro De Información Tecnológica, https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000600004.
- Martínez, Yaiza. "Raíces Vegetales y Bacterias: Una Inesperada Fuente De Electricidad." *Tendencias 21. Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura*, www.tendencias21.net/Raices-vegetales-y-bacterias-una-inesperada-fuente-de-electricidad_a14300.html.
- Miguelangel.perezmesa. "Plant-e Consigue Generar Electricidad a Partir De Plantas." *Blogthinkbig.com*, 11 June 2015, <https://blogthinkbig.com/generar-electricidad-partir-plantas>.

- Portillo, Germán. "Fuentes De Energía Del Mundo. Conoce Todo Sobre Ellas." *Renovables Verdes*, 19 Feb. 2019, <https://www.renovablesverdes.com/fuentes-de-energia/>.
- Portillo, Germán. "Fuentes De Energía Del Mundo. Conoce Todo Sobre Ellas." *Renovables Verdes*, 19 Feb. 2019, www.renovablesverdes.com/fuentes-de-energia/.
- Varela, Itziar, et al. "¿Qué Son El Ánodo y El Cátodo?" *Lifeder*, 25 Oct. 2019, www.lifeder.com/anodo-y-catodo/.
- Viagra, Buy. "Los Mil y Un Usos De Los Microorganismos." *Conogasi*, 20 Sept. 2018, <http://conogasi.org/articulos/los-mil-y-un-usos-de-los-microorganismos/>.
- www.ecoembes.com, Ecoembes |. "¿Se Puede Generar Energía Eléctrica a Partir De Las Plantas?" *Ecoembes, Revista Circle*, 29 Oct. 2018, <https://www.revistacircle.com/2018/10/29/generar-energia-electrica-a-partir-de-plantas/>.
- "¿Qué Es La Biomasa?" *APPA*, 8 May 2020, www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/.
- "Ánodo." *EcuRed*, <https://www.ecured.cu/Ánodo>.
- "Ánodo." *EcuRed*, www.ecured.cu/%C3%81nodo.
- "Capítulo 5: Cultivo De Microorganismos." *AccessMedicina*, <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1507&ionid=102890796>
- "Cultivo De Microorganismos." *EcuRed*, www.ecured.cu/Cultivo_de_microorganismos.
- "Definición De Los Electrodo." *Scribd*, Scribd, <https://es.scribd.com/document/167616260/Definicion-de-los-electrodos>.
- "El Cultivo De Bacterias En El Laboratorio." *Alkemi*, 22 Nov. 2017, <https://alkemi.es/blog/como-cultivar-bacterias-en-el-laboratorio/>.
- "Factores Que Influyen En El Crecimiento Microbiano." *Factores Que Influyen En El Crecimiento Microbiano*, 6 Mar. 2020, <https://mascapacitacioncrudosymarinados.wordpress.com/factores-que-influyen-en-la-supervivencia-y-crecimiento-de-microorganismos-en-los-alimentos/>.
- "Fuel Cell Basics." *Fuel Cell & Hydrogen Energy Association*, www.fchea.org/fuelcells.
- "Función Del Periplasma." *¿Cómo Funciona?*, 27 Aug. 2019, funcionde.com/periplasma/. <https://funcionde.com/periplasma/>
- "La Energía De Las Plantas." *La Energía De Las Plantas | Creacionismo.net*, <http://www.creacionismo.net/genesis/Artículo/la-energía-de-las-plantas>
- "La Rizósfera De Los Cultivos: La Clave Oculta Para El Rendimiento Sostenible De La Agricultura: Intagri S.C." *Página De Inicio*, www.intagri.com/index.php/articulos/suelos/la-rizosfera-de-los-cultivos-la-clave-oculta-para-el-rendimiento.
- "Los Mil y Un Usos De Los Microorganismos." *Conogasi*, 20 Sept. 2018, <http://conogasi.org/articulos/los-mil-y-un-usos-de-los-microorganismos/>.

- "Microorganismos." *Caracteristicas.co*,
<https://www.caracteristicas.co/microorganismos/>.
- "Proceso De La Fotosíntesis - Fotosíntesis." Google Sites,
<https://sites.google.com/site/3ronatfotosintesis/proceso-de-la-fotosintesis>.
- "Qué Es La Energía Mareomotriz - Energiacomprometida.es." *Energya*, 5 Apr. 2018, www.energyavm.es/que-es-la-energia-mareomotriz/.
- "Reacciones De Oxidación-Reducción (Redox) (Artículo)." *Khan Academy*,
Khan Academy,
<https://es.khanacademy.org/science/chemistry/oxidation-reduction/redox-oxidation-reduction/a/oxidation-reduction-redox-reactions>.

IMÁGENES

4.2.1. Marco teórico

- Imagen 1: Portillo, Germán. "Fuentes De Energía Del Mundo. Conoce Todo Sobre Ellas." *Renovables Verdes*, 19 Feb. 2019,
www.renovablesverdes.com/fuentes-de-energia/.
- Imagen 2: *Google Search*, Google,
www.google.com/search?q=bacterias%2Belectrogenicas&safe=strict&source=lms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwju56u038zpAhWRkhQKHd8dDfMQ_AUoAXoECAsQAw&biw=1366&bih=657.
- Imagen 3: "Así Funcionan Las Celdas De Combustible - EADIC - Cursos y Master Para Ingenieros y Arquitectos." *EADIC*, 7 Dec. 2016,
www.eadic.com/asi-funcionan-las-celdas-de-combustible/.
- Imagen 4: Fotosíntesis vs. respiración celular. En "Introducción a la fotosíntesis" por Khan Academy.
<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/introduction-to-stages-of-photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis>
- Imagen 5: Cloroplastos y fotosíntesis (Abril 18, 2006). Blogspot.
<http://lafotosintesis.blogspot.com/2006/04/cloroplastos-y-fotosntesis.html>
- Imagen 6: Diagrama de corte transversal de una hoja. En "Mesófilo (botánica)" por Wikipedia.[https://es.wikipedia.org/wiki/Mesofilo_\(bot%C3%A1nica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Mesofilo_(bot%C3%A1nica))
- Imagen 7: Obtención y separación de los diferentes pigmentos (Junio 12, 2018). Ciencias IES Sácilis.
<https://cienciassacilis.blogspot.com/2018/06/obtencion-y-separacion-de-pigmentos.html>
- Imagen 8: Hojas de croto (*Codiaeum variegatum*). Tomada de pixabay y reducción de tamaño en Paint por @josedelacruz.
<https://steemit.com/stem-espanol/@josedelacruz/fotosintesis-pigmentos-fotosinteticos-parte-1>

- Imagen 9: Fotosistemas I y II. INTEF (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del profesorado).
<http://almez.pntic.mec.es/~jrem0000/dpbg/Fotosintesis/fotosistemas.html>
- Imagen 10: Cloroplasto (Marzo 14, 2020). Un Mundo Ecosostenible, Antropocene.
<https://antropocene.it/es/2020/03/14/cloroplasto/>
- Imagen 11: Los Cloroplastos. En “Fotosíntesis 2” por Gustavo Arriagada Bustamante (2014). NANO pdf.
https://nanopdf.com/download/fotosintesis-2-5b0e81e0cc03e_pdf
- Imagen 12: Los Estomas. Recursostic.
<http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena7/actividades/estomas.htm>
- Imagen 13: Clorofila, la sangre verde (Abril 8, 2018). Xunego.
<https://xunego.com/clorofila-la-sangre-verde/>
- Imagen 14: Trifosfato de adenosina. Fórmula estructural y la fórmula química y el modelo molecular de ATP (Foto de archivo). 123RF
https://es.123rf.com/photo_68408298_trifosfato-de-adenosina-f%C3%B3rmula-estructural-y-la-f%C3%B3rmula-qu%C3%ADmica-y-el-modelo-molecular-de-atp.html
- Imagen 15: “Adenosine diphosphate.” Dreamstime.
<https://es.dreamstime.com/la-mol%C3%A9cula-del-adp-difosfato-de-adenosina-es-una-c-org%C3%A1nica-importante-image105732536>
- Imagen 16: “NAPD redox reaction.” Dreamstime.
<https://es.dreamstime.com/stock-de-ilustraci%C3%B3n-ejemplo-de-la-reacci%C3%B3n-de-los-redox-del-nadp-image49487550>
- Imagen 17: Enzima Rubisco. En “Can We Improve Nature?” por “Future Agriculture”.
<http://www.futureagriculture.eu/synthetic-biology/can-we-improve-nature/>
- Imagen 18: Estructura dels cloroplasts i la seva disposició a les cèl·lules de les fulles. En Biologia 2 Batxillerat (p.55), por A. Jimeno y M. Ballesteros, 2009, Barcelona (Spain): Projecte La Casa del Saber. Reimpresión autorizada.
- Imagen 19: La fase lluminosa i la fase fosca de la fotosíntesis. En Biologia 2 Batxillerat (p.57), por A. Jimeno y M. Ballesteros, 2009, Barcelona (Spain): Projecte La Casa del Saber. Reimpresión autorizada.
- Imagen 20: El cicle de Calvin, per a la producció de compostos de carboni. En Biologia 2 Batxillerat (p.61), por A. Jimeno y M. Ballesteros, 2009, Barcelona (Spain): Projecte La Casa del Saber. Reimpresión autorizada.
- Imagen 21: “Bacterias.” *Caracteristicas.co*, www.caracteristicas.co/bacterias/.
- Imagen 22: Cadena-Zamudio, Jorge David. “Interacciones Benéficas Planta-Bacteria.” *Research Gate*,
https://researchgate.net/figure/Figura-4-Interacciones-beneficas-planta-bacteria-en-la-rizosfera-Poblaciones-de-PGPR_fig2_298352046/download.

- Imagen 23: Limited, Alamy. "Suelo Arenoso Tempranillo Bodegas Vinas Del Cenit, ¿Tierra Del Vin De Zamora Castilla y León España Foto & Imagen De Stock: 26051127." *Alamy*,
www.alamy.es/foto-suelo-arenoso-tempranillo-bodegas-vinas-del-cenit-tierra-de-vin-de-zamora-castilla-y-leon-espana-26051127.html.
- Imagen 24: "Los Suelos Calizos De Jumilla Son Ideales Para La Obtención De La Mejor Uva De La Variedad Monastrell: Vino De España, Murcia España, España." *Pinterest*, www.pinterest.es/pin/417920040391791091/.
- Imagen 25: "El Cultivo Del Arroz, Una Actividad Histórica." *La Fallera*, 25 Oct. 2018, www.lafallera.es/el-cultivo-del-arroz/.
- Imagen 26: Mercados. "Arranca La Plantación De 6.100 Hectáreas De Fresa En Huelva." *Revista Mercados*, 10 Oct. 2019, www.revistamercados.com/arranca-la-plantacion-de-6-100-hectareas-de-fresa-en-huelva/.
- Imagen 27: Manolo. "Suelo Pedregoso." *Pueblos De España*, Pueblos De España, 11 Apr. 2020, www.verpueblos.com/comunidadvalenciana/alicante/crevillent/foto/1030982/.
- Imagen 28: "Función Del Periplasma." *¿Cómo Funciona?*, 27 Aug. 2019, funcionde.com/periplasma/
- Imagen 29: Palazzesi, Ariel. "Geobacter Sulfurreducens, Un Nanocable Viviente." *NeoTeo*, 19 May 2018. www.neoteo.com/geobacter-sulferreducens-un-nanocable-viviente/.
- Imagen 30: Meza, Roberto. "Roberto Meza." *Nuevo Poder*, 9 Sept. 2016, www.nuevopoder.cl/las-impresionantes-bacterias-que-comen-y-defecan-electricidad/.
- Imagen 31: "Celda De Combustible Microbiano De Sedimento." *L@s Bicher@s Eléctric@s*, <https://bicheroselectricos.blogspot.com/2012/08/celda-de-combustible-microbiano-de.html>.
- Imagen 32: Viagra, Buy. "Los Mil y Un Usos De Los Microorganismos." *Conogasi*, 20 Sept. 2018, <http://conogasi.org/articulos/los-mil-y-un-usos-de-los-microorganismos/>.
- Imagen 33: Ayde Romero Mejía, Alba. "Esquema Simple De Un Sistema Eléctrico Con Módulos De Celdas De Combustible Microbiana." *Research Gate*, www.researchgate.net/figure/Esquema-simple-de-un-sistema-electrico-con-modulos-de-celdas-de-combustible-microbiana_fig3_276713703.
- Imagen 34: Redaccion-Iresiduo. "Celdas De Combustible Microbianas: Generar Electricidad y Limpiar El Agua a La Vez Es Posible." *IResiduo*, Conacyt, 2 Mar. 2017, <https://iresiduo.com/noticias/mexico/conacyt/17/03/02/celdas-combustible-microbianas-generar-electricidad-y-limpiar-agua>.

- Imagen 35: Ecotonio, et al. "Bio....la ENERGÍA De Las Plantas." *Cultivarsalud*, 26 Feb. 2020, www.cultivarsalud.com/vida-y-hogar-eco/bio-la-energia-de-las-plantas/.

4.2.2. Parte experimental

- Imagen 1: "Cable De Prueba, Enchufe De Plátano a Pinza Cocodrilo De Silicona Para Multímetro." *EBay*, www.ebay.es/itm/Cable-de-Prueba-Enchufe-de-Platano-a-Pinza-Cocodrilo-de-Silicona-para-Multimetro-/383066832237.
- Imagen 2: "Egobon Butilo Cordón Redondo Gris Ø 6mm X 7m Cinta De Buytl Perfil Sellado B2." *EBay*, www.ebay.es/itm/Egobon-Butilo-Cordon-Redondo-Gris-6mm-X-7m-Cinta-de-Buytl-Perfil-Sellado-B2-/223652341483.
- Imagen 3: "Envase Cartón Sopera Kraft 750ml. Envases Biodegradables." *Envases Alimentarios*, 25 Aug. 2019, <https://envasesalimentarios.es/producto/envase-carton-sopera-kraft-750ml/>.
- Imagen 4: "Lápiz Magnético De Dr. Sierra." *Health Magnetic Store & More | San Juan, Puerto Rico*, <https://energiamagnetica.com/product/sierras-water-pencil?language=es>.
- Imagen 5: "GE Healthcare Viales De Plástico De Polipropileno - Inicio." *Inicio | Fisher Scientific*, www.fishersci.es/shop/products/polypropylene-plastic-vials/p-8007004.
- Imagen 6: "ESden - 10 Conectores Banana De 4 Mm Para Cables De Sonda De 1 m, Color Rojo y Negro." *Amazon.es: Electrónica*, www.amazon.es/ESden-Conectores-Banana-Cables-sonda/dp/B07XM751T3
- Imagen 7: Admin. "CIQA Innova En Materiales De Fibra De Carbono Para La Industria Automotriz." *Ambiente Plástico*, 29 Aug. 2018, www.ambienteplastico.com/ciqa-innova-en-materiales-de-fibra-de-carbono-para-la-industria-automotriz/.
- Imagen 8: SUCAN 100*100*10mm alta pureza placa de lámina de grafito. Grafito de Sucan. Amazon <https://www.amazon.es/SUCAN-100x100x10mm-pureza-l%C3%A1mina-grafito/dp/B07SC9K6DD>
- Imagen 9: Cuchara de plástico. Nupik. Furnisan <https://www.fumisan.es/cubiertos-de-plastico/204-cuchara-de-plastico-pack-100-ud.html>
- Imagen 10: "Comprar Guantes Nitrilo Semper Talla M 100u Alta Calidad: ENVÍO GRATIS." *Farmacia TEDÍN*, www.farmaciatedin.es/guantes-desechables-online/2763-guantes-nitrilo-semper-alta-calidad.html.

- Imagen 11: Maceta de plástico transparente Madagascar. Artevasi.
<https://www.germigarden.com/es/plastico/1050501839-maceta-de-plastico-transparente-madagascar.html>
- Imagen 12: AstroAI Multímetro Digital Profesional, Polímetro Digital, Medidor de Voltaje CA/ CC, Resistencia, Corriente Continua, Continuidad, Diodos con Dos Cables. AstroAI. Amazon.
<https://www.amazon.es/AstroAI-Mult%C3%ADmetro-Digital-Amplificador-Voltios/dp/B01ISAMUA6>
- Imagen 13: “Azúcar Moreno” En Ingredientes de Recetas.com.
<https://www.recetas.com/ingredientes/azucar-moreno.html>
- Imagen 14: Cables. Introducción. En “Cuadros Eléctricos 5- Señalización y Marcaje de Cables (Noviembre 17, 1013) por info PCL.
<https://www.infoplcn.net/documentacion/11-instalaciones-cuadros-electricos/1913-cuadros-el%C3%A9ctricos-5-marcaje-de-cables>
- Imagen 15: Placa de pruebas de alta calidad- 400 contactos. Todoelectrónica.
<https://www.todoelectronica.com/es/placa-de-pruebas-de-alta-calidad-400-actos-p-111871.html>
- Imagen 16: Pulsador switch 12 mm. Brico Geek.
<https://tienda.bricogeek.com/componentes/298-pulsador-switch-12mm.html>
- Imagen 17: LED Kingbright, Montaje en orificio pasante, rojo, 660 nm, 5mcd, 2.25 V, 60°, 5 mm (T-1 3/4). Kingbright. RS.
<https://es.rs-online.com/web/p/leds/2285988/>
- Imagen 18: Condensador Electrolítico 470 UF 50 V. Electrónicos Guzmar.
<https://eguzmar.es/condensadores/condensador-electrolitico-470uf50v-194.html>
- Imagen 19: Lactobacilos: bacterias beneficiosas en el sustrato de cannabis (Octubre 12, 2013). Soft Secrets.
<https://softsecrets.com/cl/2013/10/12/lactobacilos-cultivo-cannabis-uso-propiedades/>
- Imagen 20: Maria_Clodynel Seguir. “Siembra En Estrías.” *LinkedIn SlideShare*, https://es.slideshare.net/Maria_Clodynel/siembra-en-estrias.
- Imagen 21: “PRÁCTICA 7.2 – DIFERENTES TÉCNICAS DE SIEMBRA DE MICROORGANISMOS (Siembra Por Estría En Tubos Con Medio Sólido).” *Prácticas De Microbiología*, 16 Dec. 2016,
<https://fiestadelosmicroorganismos.wordpress.com/2016/12/15/practica-7-2-dife>

[rentes-tecnicas-de-siembra-de-microorganismos-siembra-por-estria-en-tubos-con-medio-solido/](#).

4.2.3. Gráficas

- Gráfica 1: Mejía, Romero, et al. “Bacteria, Source of Energy for the Future.” Tecnura, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X201200020001

ANEXO

Resumen de nuestra experiencia en Erasmus +

Hace unos meses, un grupo de quince jóvenes españolas junto con dos de nuestras profesoras, iniciamos el viaje de una aventura para salvar el medioambiente.

Todo empezó el curso pasado, cuando el colegio nos propuso participar en Erasmus+, un proyecto financiado por la Unión Europea que apoya a jóvenes con la inquietud de investigar acerca de las posibles soluciones para el problema del cambio climático.

Para poder disfrutar de esta gran oportunidad fue necesario presentar una carta dándonos a conocer.

De entre todas las candidatas, salimos quince afortunadas. Las mismas que, unos meses más tarde, nos reunimos el 8 de octubre en el aeropuerto de Barcelona, nerviosas porque ya sentíamos como empezaba, lo que más tarde se conocería entre nosotras como *La Aventura del Erasmus +*. Porque sí, fue realmente una aventura, de principio a fin, llena de sorpresas y giros inesperados que, gracias a la buena actitud del grupo, pudimos solucionar sin problemas.

En definitiva, ese mismo martes de 2019, aterrizamos por fin en el aeropuerto de Dusseldorf. Nada más pisar tierra, nos adentramos en una cultura totalmente diferente a la nuestra, de la cual, ya el primer día, descubrimos increíbles inventos, entre los cuales se encuentran el tren que “vuela” y los frutos secos alemanes, y, también, nuestros maravillosos apartamentos.

Fue para todas un gran alivio comprobar que teníamos dos pequeños pisos a nuestra entera disposición.

Adaptarnos al horario alemán fue lo que más nos costó, cosa que aprendimos al día siguiente. El desayuno tenía lugar cerca de las siete de la mañana, la comida a las doce del mediodía y la cena se servía a las seis de la tarde, para, después, irnos a dormir con las campanadas de medianoche.

Sin embargo, valió la pena el esfuerzo por todo lo que conseguimos aprender. Y, es que en un laboratorio como el Forschungszentrum, reconocido mundialmente, es todo un lujo tener un laboratorio y todo un equipo de expertos a tu disposición.

Durante cada uno de los días de nuestra estancia en Alemania, pusimos en práctica los diferentes conocimientos aprendidos durante las visitas a los laboratorios, todos ellos relacionados entre sí.

El primer día en el Forschungszentrum, tras dar una vuelta por uno de sus muchos centros de investigación, nos enseñaron a extraer hidrógeno del agua para utilizarlo como fuente de energía. Junto a las alumnas del colegio alemán, montamos un

circuito, que incluía un voltímetro, una resistencia, un administrador de energía, una pila de combustible..., para así poner en práctica lo aprendido durante la visita. Desafortunadamente, pese a que los electrones extraídos de las moléculas de agua se consideran fuentes de energía sostenibles, no tienen, por el momento, la suficiente potencia para sustituir las otras fuentes de energía.

Al día siguiente, aplicamos los conceptos aprendidos el día anterior, en la fotosíntesis de las plantas, donde tiene lugar un proceso similar.

Para estudiar estas reacciones, tuvimos la oportunidad de observar la cantidad de oxígeno y dióxido de carbono que producen y cómo ésta varía según la luz bajo la que se encuentre la planta. Después, mediante un pequeño experimento con gasolina, algas, disolución de lugol..., aprendimos que la energía que producen estos seres vegetales se conserva en forma de glucosas (azúcar).

Tras la comida en el espectacular buffet libre del Forschungszentrum y con todo esto en mente, pudimos superar la tarde, en la que nos dejaron construir nuestra mini placa solar personal. Fue necesario también relacionar el proceso que llevan a cabo las placas solares para obtener energía del sol con la fotosíntesis de las plantas.

El último día, que se podría considerar el más calmado, ya que tuvimos la oportunidad de dormir hasta más tarde, nos enseñaron el poder de los superconductores, elementos con la capacidad de conducir la corriente eléctrica sin resistencia ni pérdida de energía en unas determinadas condiciones.

Pero lo mejor de todo, vimos levitar un tren de juguete gracias al nitrógeno líquido, el cual nos dejaron utilizar después para congelar diferentes objetos.

El éxito de este proyecto se ha basado principalmente en la confianza que nos unía unas con otras, tanto profesoras como alumnas; la buena relación entre todas y el deseo de aprender que compartíamos todas.

Tal era que por las noches, después de cenar, tenían lugar unas reuniones para repasar y acabar de comprender lo trabajado durante el día.

En conclusión, Erasmus +, a parte de habernos dado la oportunidad de conocer a nuevas personas, culturas y ámbitos de trabajo, nos ha servido para marcar el foco de nuestro trabajo de investigación: la obtención de energía sostenible a partir de las bacterias electrogénicas del tipo *Geobacter*.

Pila de combustible, ¿la energía del futuro?

Medidas de seguridad.

Instrucciones de seguridad Hidrógeno: Peligro y declaraciones de precaución

- H 220 Gas extremadamente inflamable
- H 280 Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta
- P 210 Mantener alejado del calor, superficies calientes, chispas, llamas abiertas y otras fuentes de ignición. No fumar
- P 377 Fuga de gas de fuego. No extinga, a menos que la fuga pueda detenerse de forma segura
- P 381 En caso de fuga, elimine todas las fuentes de ignición.
- P 403 Almacenar en un lugar bien ventilado Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft Forschungsze.

Problema.

¿Cuál es la eficiencia de tu pila de combustible?

$$\eta (\%) = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{fornecida}}} \times 100$$

η - Rendimiento (%)

$E_{\text{útil}}$ - Energía útil: joule (J)

$E_{\text{fornecida}}$ - Energía fornecida: joule (J)

E. útil = E. eléctrica

$$P = \frac{V^2}{R}$$

W. usada = E. química

E. química = resistencia · valor calorífico

Tarea:

- 1- Mida el voltaje U durante el tiempo t y el volumen AV del hidrógeno usado.
- 2- ¡Ingrese sus datos en la hoja de Excel!
- 3- Calcule la potencia P , la energía W y la eficiencia de su celda de combustible utilizando sus datos.
- 4- Piense y discuta con sus compañeros de equipo sobre las siguientes preguntas:
 - ¿Qué errores se podrían hacer al usar una celda de combustible?
 - ¿Cuáles son las ventajas y desventajas que podría tener una pila de combustible o su uso?
 - ¿Cuál es tu opinión sobre una pila de combustible?
 - ¿Es una tecnología futura para la vida cotidiana o no?
- 5- Escriba su opinión o la de su equipo para una discusión posterior.

Configuración experimental.

La puesta en marcha:

- Por favor construya su configuración experimental mediante el uso de este esquema y no la imagen anterior.

Brennstoffzelle - Ein Energiekonzept für die Zukunft?

Name: Lily una Cristina Número: 21

Messwerttabelle für die PZM

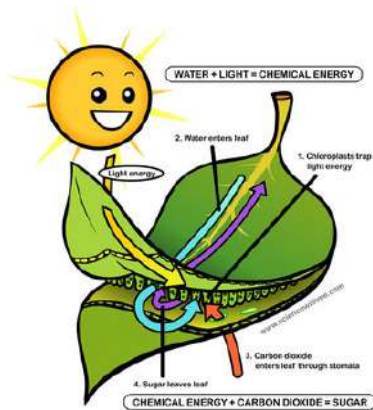
$R_{\text{Lad}} [\Omega]$	$R_{\text{Ladmax}} [20W]$	$V_{\text{Leerlauf}} [V]$	$V_{\text{Ladmax}} [20W]$	$I_{\text{Ladmax}} [A]$
5.1	10.8	1.1	0.7	0.7

$R_{\text{Lad}} [\Omega]$	$I_{\text{Lad}} [A]$	$U_{\text{Zelle}} [V]$	$P [W]$	$W_{\text{el}} [Wh]$
7.1	0.7	1.0	0.7	28.44

Messung:

nr	$t [s]$	$U [V]$	$P [W]$	$W_{\text{el}} [Wh]$
1	100	249.0000	0.0238	
2	100	272.0000	0.0372	1.8307
3	100	277.0000	0.0279	1.8825
4	200	276.0000	0.0282	1.8838
5	300	280.0000	0.0294	1.9384
6	360	281.0000	0.0289	1.9388
7	420	281.0000	0.0285	1.9391
8	480	281.0000	0.0288	1.9705
9	540	281.0000	0.0285	1.9391
10	600	282.0000	0.0284	1.9384
11	660	282.0000	0.0287	1.9729
12	720	281.0000	0.0288	1.9177
13	780	279.0000	0.0282	1.9584
14	840	275.0000	0.0277	1.8781
15	900	270.0000	0.0273	1.8833
16	960	270.0000	0.0269	1.8591
17	1020	267.0000	0.0265	1.8622
18	1080	264.0000	0.0261	1.8708
19	1140	263.0000	0.0259	1.8545
20	1200	262.0000	0.0254	1.8283
21	1260	262.0000	0.0251	1.8158
22	1320	260.0000	0.0246	1.8461
23	1380	263.0000	0.0244	1.8789
24	1440	261.0000	0.0242	1.8381
25	1500	261.0000	0.0237	1.8345
26	1560	262.0000	0.0235	1.8226
27	1620	260.0000	0.0230	1.8279
28	1680	259.0000	0.0227	1.8079
29	1740	257.0000	0.0224	1.8208
30	1800	259.0000	0.0221	1.8288

Plantas como proveedores de energía



Información:

Como muchos de vosotros ya sabréis, la mayoría de las plantas realizan la fotosíntesis. Las algas y algunos grupos bacterianos también usan este proceso bioquímico para producir sustancias ricas en energía a partir de sustancias poco energéticas con la ayuda de la luz solar.

Los tintes de clorofila situados en los cloroplastos (orgánulos celulares) absorben la luz (energía electromagnética) y la convierten en energía química en forma de glucosa (azúcar).

Este proceso es necesario para el metabolismo y crecimiento de las plantas.

¿Qué requisitos previos deben cumplirse para que la fotosíntesis pueda tener lugar?

Hipótesis:

Para que la fotosíntesis tenga lugar en una planta es necesaria la presencia de luz, carbono de dióxido, agua y clorofila

Para responder a esta pregunta, ahora debes realizar algunos experimentos:

- 1) Investigación de la actividad de fotosíntesis en función del contenido de CO_2 del ambiente y la intensidad de la luz.

Instrumental: Tres tubos de ensayo, soporte, cronómetro, bisturí, clips de papel, agitador magnético, cilindro de medición de 250 mL, calefactor, retroproyector, una lámpara Osram Fluora.

Productos químicos: NaHCO_3 (hidrógeno de sodio carbonatado), agua mineral y agua destilada.

Implementación 1.1.

- Verter 150 mL de agua mineral en vaso de precipitados de 250 mL, agregar y revolver con el agitador magnético el agua, hasta que no queden burbujas.
- Llenar $\frac{3}{4}$ de un tubo de ensayo con agua destilada.
- Cortar un trozo de alga, aproximadamente 8 cm.
- Introducir el alga en el tubo de ensayo que contiene agua destilada, con la parte del corte hacia arriba y esperar 1 min hasta que las burbujas empiecen a salir hacia la superficie.
- Contar durante 2min las burbujas que salen de la planta.
- Repita este proceso con el agua mineral y el $NaHCO_3$

Observación:

	Agua destilada	$NaHCO_3$	Agua mineral
Número de burbujas	8/3/1 0/1	36/5/7 7/7	4/2 36/2
Total	12 1	48 14	6 38

Implementación 1.2.

- Llenar tubo de ensayo con agua mineral sin gas.
- Cortar un trozo de la planta y colocarla dentro del tubo con la parte del corte hacia arriba.
- Posicionar el tubo de ensayo bajo la luz solar y esperar 1 min aprox hasta que las burbujas empiecen a salir a la superficie.
- Cuenta las burbujas que salgan a la superficie en los siguientes 2 mins.
- Repetir este proceso en la oscuridad, en el OHP y en la lámpara de Osram Fluora.

Observación:

Fuente de luz	oscuridad	Sol	OHP	Osram Fluora
Número de Burbujas	1/2/2/8 0/0	1/1/1 211/17	1/1/1 34/140	1/2/2 15/2
Suma del grupo	13 0	3 228	3 174	5 17

Evaluación:

Contestar la pregunta inicial con la ayuda de los resultados anteriores. Incluye un análisis de los errores en la evaluación.

Para que la fotosíntesis pueda llevarse a cabo es necesario que la planta esté expuesta al sol, ya que con él es el que elabora más oxígeno junto con el agua mineral.

Una vez se han comparado los resultados entre las diferentes personas que componen el grupo, se ha podido ver que ha habido una gran diversidad de resultados diferentes, probablemente por errores de medida o instrumentales. Un ejemplo de un error que se ha detectado ha sido que una de las alumnas ha aplastado el tallo de la planta al cogerla con las pinzas y otro ha sido que una de nuestras compañeras se ha descontado al contar las burbujas

Información:

Ahora podemos considerar fácilmente que las plantas tienen que almacenar su energía de alguna forma. Tan pronto como empieza a oscurecer, las plantas tienen que vivir de sus suministros. Además, hay partes de las plantas que necesitan “un suministro inicial” hasta que puedan realizar la fotosíntesis independientemente.

Pregunta:

¿Cómo almacenan las plantas la energía absorbida?

Instrumental:

Vasos de precipitados de 250 mL y 100mL, calefactor, pinzas, bisturí, algas.

Productos Químicos: solución de lugol, gasolina de limpieza, agua.

Hipótesis:

¿Cuál es la sustancia de almacenamiento de energía de las plantas?

Implementación 1.3.

- Introducir el alga en agua caliente durante 1 o 2 mins.
- Retirar el alga con la pinzas e introducirla en el vaso con la gasolina, dejar reposar durante 2 mins.
- Retirar el alga de la gasolina y añadir 5 gotas de Lugol a la gasolina.
- Revolver vigorosamente y observar.

Observación:

En la parte inferior de la solución aparece una sustancia de un color amarillo anaranjado, que corresponde a la energía almacenada del alga.

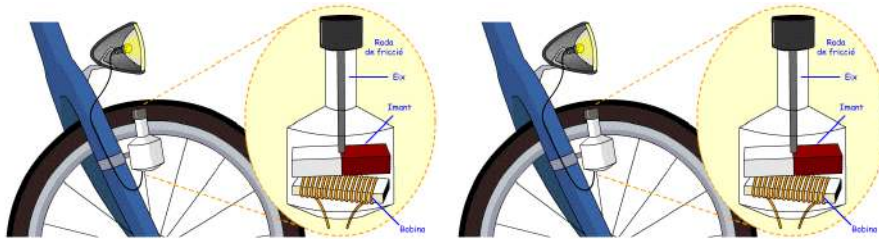
Evaluación:

Responde a la pregunta inicial.

La principal sustancia de reserva energética de las plantas es el almidón que está formado por glucosas, también conocidas con el nombre de azúcares.

Superconductividad: Inducción electromagnética.

Si nos fijamos en la dinamo que hay en las bicicletas, podemos observar que hay un imán unido a una ruedecita. Cuando la bicicleta se mueve, también lo hace la ruedecita de la dinamo impulsada por el rozamiento con el neumático, lo cual hace que al estar unida con un eje al imán, éste también se mueva. El imán se encuentra en una bobina, y la dinamo está conectada con las luces de la bicicleta a través de un cable.



¿Por qué las luces de la bicicleta solo se iluminan cuando pedaleo?

Materiales necesarios:

2 cables de conexión, multímetro, set (contiene una bobina de 600 espiras y un anillo imantado).

Experimento:

1. Conecta el multímetro con la bobina (el cable negro en COM y el cable rojo en mA).
2. Para medir la corriente coloca la perilla del multímetro en mA.
3. Ahora mueve el imán hacia arriba y presta atención al monitor del multímetro.
4. Repite el experimento pero esta vez solo moviendo la bobina.

- OBSERVACIONES:

Cuando acercamos el imán a la bobina se genera una corriente provocada por el movimiento del imán. Esta reacción tiene lugar si, y sólo si, el imán está en movimiento. En el caso de que ambos estén fijos, no se genera corriente.

Cuando acercamos el imán a la bobina, se genera una corriente en sentido opuesto a la que se genera cuando alejamos el imán de esta. Es decir, el sentido de la corriente que se produce no es el mismo al introducir el imán hacia el interior de la bobina que al separarlo.

Evaluación:

1. Completa el texto con las siguientes palabras:

corriente eléctrica - corriente eléctrica - Inducción electromagnética - imán - imán - bobina

Cuando se mueve un **imán** a través de una bobina, se produce una **corriente electromagnética**. Cuando se mueve una **bobina** alrededor de un **imán**, se produce también una **corriente electromagnética**. Este principio se llama **inducción electromagnética**.

2. ¿Qué observas cuando no se mueven ni la bobina ni el imán?

Que no hay corriente electromagnética debido a la falta de movimiento de los electrones.

3. ¡Soluciona el problema!

Es necesario mover uno de los elementos, ya sea la bobina o el imán. El dinamo sólo se ilumina cuando pedaleas ya que éste movimiento hace que el imán se mueva, el cual provoca el movimiento de los electrones, y estos últimos son las causas de la energía que ilumina el dinamo.

4. Completa el resumen con las siguientes palabras:

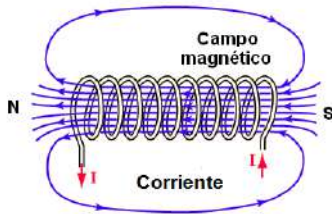
Inducción electromagnética - conduce - brillar - imán - bobina - bobina - corriente - resistencia - resistencia

Resumen:

En este último experimento, se nos ha presentado el principio de la **Inducción electromagnética**. También sabemos que la **bobina** es un cable enrollado y, por lo tanto, **conduce** corriente eléctrica. Cada conductor eléctrico, por lo tanto la bobina también, tiene una resistencia. Asimismo, sabemos que la **resistencia** tiene un efecto sobre la corriente eléctrica. Recordemos el ejemplo de la dinamo de la bicicleta: cuando montas en bicicleta por la noche y te detienes en el semáforo, ni la **bobina** se mueve, ni el **imán** en la dinamo. Las luces de la bicicleta dejan de **brillar**. La razón de esto es que la **corriente** producida no es suficiente para superar la **resistencia** de la bobina.

Inducción electromagnética de una corriente en bucle en un superconductor

En este último experimento hemos aprendido que podemos producir una corriente eléctrica en un conductor con un imán. Para entender el siguiente experimento debemos saber que este fenómeno también funciona al revés: Cada vez que la electricidad fluye a través de un conductor eléctrico (como una bobina), un campo magnético se produce alrededor del conductor por el flujo de corriente.



La ilustración de la derecha representa el campo magnético de una bobina, a través del cual fluye una corriente.

¿Cuál es la cantidad de resistencia en un anillo superconductor?

Materiales necesarios:

Recipiente de espuma, brújula, clavo (imán de barra débil), un par de pinzas, anillo superconductor, guantes de protección y nitrógeno líquido

Experimento:

1. Pon la brújula sobre la mesa frente a ti.
2. Pon el clavo entre el anillo y seguidamente retíralo.
3. Mueve el anillo alrededor de la brújula en un movimiento circular.

OBSERVACIÓN: Todo se mantiene igual.

1. Un miembro del equipo sujeta el anillo con las pinzas y los guantes puestos y lo sumerge en el nitrógeno líquido que ha sido previamente vertido en el recipiente de espuma.
2. Retira el anillo del recipiente y muévelo alrededor de la brújula en un movimiento circular.

OBSERVACIÓN: No pasa nada.

3. Vuelve a sumergir el anillo en el nitrógeno líquido pero esta vez el clavo debe estar dentro del anillo. Asegúrate de que el clavo no se caiga durante este proceso.

4. Retira el anillo del recipiente y deja caer el clavo en el departamento vacío del recipiente de espuma. Seguidamente debes volver a sumergir el anillo. Este paso debe ser muy rápido.
5. Después de dejar el anillo en el nitrógeno líquido durante 1 minuto aproximadamente, puedes sacarlo del recipiente y volver a moverlo alrededor de la brújula.

OBSERVACIÓN: La aguja de la brújula se mueve siguiendo el anillo.

6. Deja que el anillo vuelva a estar a temperatura ambiente.
7. Rodea la brújula con el anillo por última vez.

OBSERVACIÓN: Vuelve a no pasar nada.

Evaluación:

1. ¡Intenta explicar tus observaciones! ¡También ten en cuenta la información sobre este experimento!

La barra magnética transmite la corriente al anillo cuando se están congelando en el nitrógeno líquido.

El tornillo tiene un campo electromagnético que, dentro del anillo, provoca el movimiento de los electrones.

Pero, cuando retiras el tornillo del interior del anillo, el movimiento de dichos electrones no dura mucho a menos que este sea congelado.

Ya que, cuando lo congelas, es posible observar el pequeño campo magnético, creado por el movimiento de electrones, al mover el anillo cerca de la brújula.

2. ¿Por qué la corriente eléctrica en el anillo no se detiene cuando el imán ya no lo atraviesa, en contraste con el experimento de inducción?

Porque adquiere sus propiedades debido a que el anillo tiene resistencia 0 cuando está en temperaturas muy bajas (como el nitrógeno líquido que está a -200°).

Porque adquiere las características del superconductor a temperaturas críticas y, cómo tiene resistencia 0 la corriente eléctrica no se detiene.

3. Nombra dos razones por las que varía la resistencia.
 - i) Temperatura
 - ii) Material

