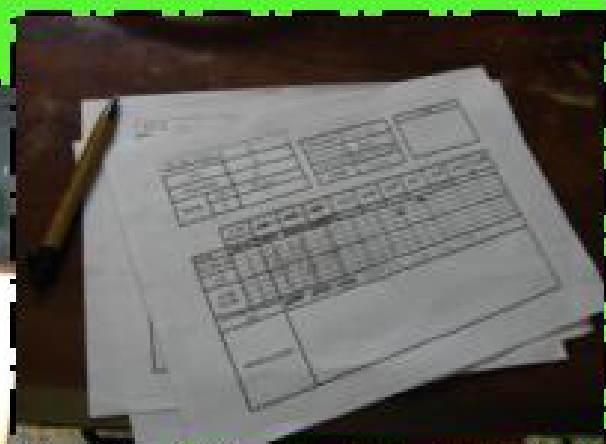


EL EFECTO DE DIFERENTES LUCES EN LA FOTOSÍNTESIS

FOTOSÍNTESIS: ARGI DESBERDINEN ERAGINA



La Anunciata
Ikastetxea
Fundación Educativa Francisco Coll
Camino de Lezeta 2. 20017 Donostia

La Anunciata Ikastetxea
Abril 2015eko Apirila
Donostia

I.ÍNDICE

	<u>PÁGINA</u>
II. PRÓLOGO	7
III. INTRODUCCIÓN	11
IV. METODOLOGÍA	13
V. CONDICIONES DE CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS	19
1. Germinación	20
1.1. Características	20
1.2. Requerimientos	21
1.3. Etapas de formación de semillas	22
1.4. Reservas alimenticias	23
2. Agua	24
2.1. Sistema de raíces	24
2.2. Fotosíntesis	24
2.3. Crecimiento	25
2.4. Marchitación	25
2.5. Estrés hídrico	25
3. Tierra	26
3.1. Profundidad	26
3.2. Estructura	26
3.3. Características ideales del suelo	26
3.3.1. Fácil de trabajar	26
3.3.2. Buena capacidad para retener el agua	26
3.3.3. Buen drenaje	27
3.3.4. Buena capacidad para retener nutrientes minerales	27
3.3.5. Rico en materia orgánica	27
3.3.6. Rico en nutrientes minerales	27
3.3.7. pH comprendido entre 5,5 y 8	28
3.3.8. Echar turbia rubia	28

3.3.9. Echar azufre en polvo	28
3.3.10. Suelos salinos	29
3.3.11. Suelos no infectados por hongos, nematodos, gusanos de suelo ni malas hierbas	29
4. El efecto de la luz en el crecimiento de las plantas	29
4.1. Importancia de la luz solar	29
4.2. Tipos	30
4.3. Características	30
4.4. Consideraciones	30
4.5. Luz artificial	31
5. Nutrición	32
5.1. Nutrición vegetal	32
5.2. Macronutrientes	33
5.3. Micronutrientes	35
VI. FOTOSÍNTESIS	37
1. Definición	38
2. Factores	39
2.1. La temperatura	39
2.2. La concentración de dióxido de carbono	40
2.3. La concentración de oxígeno	40
2.4. La intensidad luminosa	40
2.5. El tiempo de iluminación	40
2.6. La escasez de agua	40
2.7. El color de la luz	40
3. Fases	41
3.1. Fase luminosa o fotoquímica	41
3.1.1. Fase luminosa acíclica (Fotofosforilación oxigénica)	41
3.1.2. Fase luminosa cíclica (Fotofosforilación anoxigénica)	42
3.2. Fase oscura o biosintética	43
4. Importancia de la fotosíntesis	44
4.1. Importancia dentro de la cadena alimenticia	45
4.2. Importancia de la fotosíntesis artificial	45

5. Pigmentos	45
5.1. Los pigmentos fotosintéticos y la absorción de luz	46
5.2. Cloroplasto	47
5.2.1. Estructura y abundancia	48
5.2.2. Función	49
5.3. Clorofila	49
VII. EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	51
1. El espectro electromagnético	52
1.1. Clasificación del espectro electromagnético	53
1.1.1. Ondas de radio	53
1.1.2. Microondas	54
2. La naturaleza de la luz	54
3. Conceptos básicos de la luz y su relación con las plantas	55
4. La fotomorfogénesis	56
5. Efecto de la luz en el crecimiento de las plantas	57
5.1. Sol	57
5.2. Ciclo	57
5.3. Sombra	57
5.4. Importancia	58
5.5. Función	58
5.6. Tipos	58
5.7. Características	58
5.8. Consideraciones	59
5.9. Comprendiendo las longitudes de onda	59
5.10. Las longitudes de onda favoritas de las hierbas	59
5.11. Iluminación de interiores incorrecta	59
5.12. Mejora de la luz de interiores	59
6. Los espectros y sus efectos sobre las plantas	60
6.1. Rayos γ .	60
6.2. Rayos X	60
6.3. La radiación ultravioleta	61
6.3.1. UV-C 200-280nm	61
6.3.2. UV-B 280-315nm	62

6.3.3. UV-A 315-400nm	62
6.4. Luz visible	63
6.4.1. El azul 400-500nm	63
6.4.2. El verde 520-530nm	63
6.4.3. El amarillo 530-600nm	64
6.4.4. El ámbar 600-620nm	64
6.4.5. El rojo 630-700nm	64
6.4.6. El rojo lejano 700-800nm	64
6.5. El infrarrojo 800-2500nm	65
IX. RESULTADOS	66
1. Tasa de germinación	67
2. Altura de las plantas	67
2.1. General	67
2.2. Azul	69
2.3. Amarillo	70
2.4. Rojo	70
2.5. Blanco	71
2.6. Verde	71
2.7. Luz natural	72
3. Número de hojas	73
3.1. General	73
3.2. Azul	74
3.3. Amarillo	75
3.4. Rojo	75
3.5. Blanco	75
3.6. Verde	76
3.7. Luz natural	77
X. CONCLUSIONES	78
1. Tasa de germinación	79
2. Altura de las plantas	80
3. Número de hojas	83
XI. SOLUCIONES	86
1. Tipos de luces	87

1.1. Fotosíntesis	87
1.2. Obtención de luz	87
1.3. Productos químicos	87
2. Generales	88
2.1. Agua	88
2.2. Fertilizantes	88
2.3. Residuos vegetales	88
2.4. Métodos para salvar plantas	89
2.5. Otras formas de vida	89
2.5.1. Prevención	89
2.5.2. Limpieza	89
2.5.3. Variedad	89
2.5.4. Barreras	89
2.5.5. Aliados	90
2.5.6. pH	90
2.5.7. Insecticida casero a base de ortiga	90
2.5.8. Insecticida casero a base de ajo	90
2.5.9. Repelentes	91
2.5.10. Anti-mosquitos	91
2.5.11. Sacrificio	91
2.6. Malezas	91
2.7. Época del año	91
XII. ANEXOS	92
1. Ficha de laboratorio	93
2. Construcción de las cajas	95
3. Características químicas del sustrato	98
4. Composición de la alubia de Tolosa	100
5. Posters	102
6. Power point	105
XIII. BIBLIOGRAFÍA	109
XIV. AUTORES	113
1. Alumnado	114
2. Coordinador	114

II. PRÓLOGO

¿Te has preguntado alguna vez qué es una planta? ¿Cuáles son sus características?

Parece mentira que a la mayoría de nosotros nunca se nos haya ocurrido hacernos esa pregunta, a pesar de que vivimos rodeados de plantas; en los jardines de nuestras casas, en los parques de las ciudades, sobre la mesa del comedor, en los patios de nuestras escuelas...

¿Qué es lo que sabemos de las plantas? Que son seres vivos que nacen, se alimentan, se reproducen y mueren; eso es lo poco que conocemos de ellas, pero ahora conoceremos un poco más.

Las plantas son seres vivientes que, como los animales, se alimentan, respiran y se reproducen. A diferencia de los animales, las plantas no pueden desplazarse, ni tampoco sentir. Pero si pueden hacer algo que los animales no hacen, como fabricar su propio alimento mediante la fotosíntesis.

¿Cuáles son los elementos indispensables para que una planta crezca? Las plantas necesitan del suelo, aire, agua y luz; los mismos elementos que necesita el ser humano para poder sobrevivir, al eliminarle uno solo de ellos mueren.

- **Suelo:**

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre. En él la semilla germina y la planta ahonda las raíces para mantenerse derecha, desarrollarse y nutrirse. En el suelo las plantas encuentran todos los nutrientes indispensables para subsistir (fósforo, nitrógeno, potasio, hierro y calcio). Cada uno de esos nutrientes tiene una función específica. Si el suelo es pobre en uno de estos elementos, la planta sufre y muestra signos de alteraciones en su desarrollo.

- **Aire:**

El aire es un elemento necesario para la vida del hombre, animales y plantas; sin él no podríamos vivir. En la proximidad de la superficie terrestre el aire está formado por nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y el resto (1%) está formado por otros gases: argón, hidrógeno, helio...

- **Luz:**

Las plantas verdes utilizan la energía del sol para subsistir. A partir de esa energía, fabrican su propio alimento, por eso se les llama organismos productores.

- **Agua:** La función del agua es disolver los nutrientes que se encuentran dispersos en el suelo para facilitarle a la planta la absorción de los mismos.

Además, sabemos que las plantas son las formas vivientes más grandes que existen en la tierra, su período de vida es más largo que el resto de los habitantes del planeta y son las únicas que elaboran sus propios alimentos; por eso es que no necesitan trasladarse de un lugar a otro como los animales.

Ayudan a producir el oxígeno que nosotros respiramos; además, también ayudan reduciendo el CO₂, por lo que colaboran en la reducción de los problemas que causa el efecto invernadero.

Su edad se conoce por el grosor de los anillos de su tronco, algunas pueden llegar a vivir cientos de años, medir hasta 115,00 metros como en el caso de las Sequoias y llegar tener un diámetro de 16 metros.

Sirven de refugio para muchos animales, desde pequeños insectos hasta grandes mamíferos. También protegen el suelo de la erosión que pueden causar el viento o las lluvias torrenciales que favorecen la desertización de la tierra.

Sus flores, semillas, y hojas son fuentes de alimentos para los animales y las personas, a menudo florecen todas al mismo tiempo haciendo que muchas poblaciones puedan nutrirse gracias a la agricultura y el cultivo de plantas.

Las plantas al igual que cualquier ser vivo, también crecen, aumentando de tamaño y desarrollando distintas estructuras.

Las plantas producen el oxígeno que respiramos. Son seres vivos que nacen, crecen, se reproducen y mueren. Fabrican sus propios alimentos, para ello utilizan la energía proveniente del sol y transforman el agua y las sales minerales que obtienen del suelo, así como el dióxido de carbono que se toma.

Por medio de la reproducción, las plantas generan nuevos seres. Podemos encontrar plantas en cualquier latitud gracias a su gran capacidad de adaptación. Desde los cactus que viven en el desierto hasta las algas que residen en el mar, todas ellas han sufrido un largo periodo de adaptación que les ayuda a perpetuar la especie en el clima en el que se encuentren.

Las plantas llevan en este planeta desde mucho antes que nosotros y se merecen un mejor trato por nuestra parte ya que la deforestación de los bosques y selvas tropicales está acabando no solo con las numerosas especies de plantas que allí residen también están en peligro toda la fauna que habitan entre las plantas de dichos ecosistemas.

Ahora mismo todavía quedan una gran cantidad de especies de plantas por descubrir y si seguimos destruyendo su ecosistema los científicos nunca podrán descubrirlas.

Las plantas además de proporcionarnos alimentos esenciales para nuestra supervivencia también nos otorgan productos medicinales que ayudan a curar gran cantidad de nuestras enfermedades. Los seres humanos han aprendido a usar las plantas como medicinas desde hace miles de años.

Las plantas además nos sirven muchas veces como material para construir objetos imprescindibles sobretodo en la antigüedad cuando la mayoría de los objetos estaban hechos de madera.

Según su calidad unos tipos de árboles son más valiosos que otros y esta es una de las razones por las que los seres humanos explotan sin cesar diferentes poblaciones de árboles muchas veces sin control y esto es una de las razones de la deforestación a nivel mundial que crea el ser humano.

Por otro lado también hay plantas que al no ser útiles son cortadas sin ser reemplazadas y finalmente desaparecen.

Por eso debemos proteger a las plantas para que no desaparezcan ya que si las plantas desaparecen gran cantidad de animales que se refugian en ellas también desaparecerán. Además las personas del tercer mundo que apenas tienen para comer y la poca comida que consiguen es gracias a las plantas se verán muy afectados.

Por otro lado una de las consecuencias más directas de la desaparición de las plantas será un empeoramiento del efecto invernadero con una posible subida del nivel del mar.

III.

INTRODUCCIÓN

La vida en la tierra depende fundamentalmente de la energía solar, la cual es atrapada mediante el proceso de la fotosíntesis, que es responsable de la producción de toda la materia orgánica que conocemos.

La materia orgánica comprende los alimentos que consumimos diariamente tanto nosotros como los animales, los combustibles fósiles (petróleo, gas, gasolina, carbón); así como la leña, madera, pulpa para papel, inclusive la materia prima para la fabricación de fibras sintéticas, plásticos, poliéster, etc.

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual la luz solar es fijada en carbono celular; y esa cantidad de carbono fijado es espectacular, como lo demuestran las cifras de la producción anual de materia orgánica seca, estimada en $1,55 \times 10^{11}$ de toneladas, con aproximadamente 60% formada en la tierra, y el resto en océanos y en aguas continentales.

Los organismos que en el curso de la evolución han aprendido a usar la energía solar y a transformarla en energía química son los llamados seres autótrofos, que están representados por bacterias, algas y organismos del reino vegetal.

La luz visible, absorbida por las plantas, es una parte muy pequeña de un extenso espectro continuo de radiación, llamado el espectro electromagnético. Este espectro está dividido en tres partes que se separan según la longitud de onda. Las longitudes de onda más altas están dentro de la radiación ultravioleta, las más bajas dentro del infrarrojo y la luz visible está ubicada entre estas dos longitudes.

La intensidad de la luz, entre muchos otros factores, influye en la fotosíntesis y, por lo tanto, en el desarrollo de las plantas.

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual la energía que proviene del sol en forma de luz, es capturada y convertida en energía química. Esta es la ruta mediante la cual toda la energía que entra a la biosfera, se transforma en alimento, en forma de materia orgánica, sintetizado por las plantas.

En la fotosíntesis, la energía radiante, generalmente en forma de luz solar, causa que el carbono proveniente del dióxido de carbono de la atmósfera, se combine con sustancias químicas simples presentes en la célula. Este proceso usa agua y dióxido de carbono, y como resultado se produce la liberación de oxígeno en la atmósfera, lo cual es fundamental para todos los seres vivos en el planeta.

Para que la energía lumínica pueda ser utilizada por los sistemas vivos, primero debe ser absorbida. Aquí entran en juego los pigmentos, que son cualquier sustancia de las células vegetales que tengan la capacidad de absorber luz procedente del sol.

IV. METODOLOGÍA

Al comienzo del curso 2014-15, un grupo de tres alumnos de 2º de Bachillerato de La Anunciata Ikastetxea decidió empezar un proyecto de investigación que tuviese relación con la Biología, el cual se realizaría en el transcurso de ese mismo curso; por este mismo motivo, dicho trabajo fue dirigido y supervisado por el profesor de tal asignatura, Juan Carlos Lizarazu.

Tras un debate sobre cual sería el tema adecuado para el proyecto y de discutir sobre ellos, se llegó a la conclusión de realizar un proyecto acerca de las plantas y de todo lo relacionado con ellas, basándose, sobretodo, en su desarrollo y crecimiento en distintas radiaciones, es decir, en distintos tipos de luz.

Decidimos este tema ya que las plantas son seres vivos que se encuentran en prácticamente todos los lugares (en las casas, en el jardín, en los parques...), pero que, sin embargo, muchas veces desconocemos su funcionamiento en realidad.

Además, se realizó este proyecto con el fin de descubrir un color de la luz visible y una radiación concreta, con lo cual, se obtuviese un mejor crecimiento en el desarrollo de las plantas. Esta parte práctica realizada en la investigación hacía que el proyecto fuese mucho más interesante y llevadero.

Con todo esto, se dio paso a la realización del trabajo. Lo primero fue hacer el trabajo teórico; es decir, buscar toda la información posible sobre las plantas y sobre cuáles son las condiciones ideales para que crezcan en perfecto estado. Uno de los puntos clave de la parte teórica del proyecto fue la búsqueda de las radiaciones determinadas que favorecían el correcto crecimiento y el perfecto desarrollo de los vegetales.

Esa información fue buscada en diferentes páginas web relacionadas con las plantas, en enciclopedias, en libros, etc. Y fueron anotadas en la bibliografía del trabajo.

El espectro electromagnético y la fotosíntesis fueron algunos de los puntos más importantes en los cuales se basaba la parte teórica del proyecto, la cual intento ser la más detallada posible para aportar información acerca de las plantas. A su vez, este apartado teórico incluye un índice, un prologo y una introducción. Por supuesto, en el trabajo teórico se incluyeron fotos para complementar el proyecto y poder aclarar mejor ciertas explicaciones.

Después, se procedió a realizar una ficha de campo (Ver **ANEXO 1**), la cual sería imprescindible para el trabajo práctico del proyecto, y en la que se anotarían todos

los datos posibles acerca de las plantaciones, así como: el número de serie, el número de maceta, el tipo y el número de semillas, la fecha de inicio, el producto de riego, el color de la luz, el sustrato de la maceta, la fecha de cada supervisión, la altura de la planta y el número de hojas en cada una de ellas, la cantidad de riego y otro tipo de observaciones. También se incluyó alguna foto sobre las plantas y las cajas en las fichas de campo.

Más tarde, se debatió y se decidió los diferentes colores de luces para las plantas, en las cuales se intentó que hubiese variedad para tener más amplitud a la hora de analizar los resultados del proyecto. Dichos tipos de luces fueron los siguientes:

- Luz verde
- Luz azul
- Luz roja
- Luz amarilla
- Luz blanca
- Luz “blanco”

Después, se procedió a la preparación de las cajas donde se meterían las macetas. En total, se prepararon 3 en el aula de tecnología del colegio. Para ello, fue necesario conseguir cartones, con los cuales se llevaría a cabo la construcción de las cajas.



FOTO 1. Preparando las cajas del proyecto.

Además, fue necesaria algo de madera para hacer una especie de cierre en cada caja, evitando de esta forma la entrada de cualquier luz exterior al interior de la caja.

Debido a que cada caja contaría con dos bombillas diferentes y, por lo tanto, con dos tipos de luces diferentes, también

resultó indispensable hacer una separación en el centro de cada caja, de modo que no se juntasen los distintos colores de luces.

En cuanto al sistema eléctrico, se utilizó portalámparas, enchufes, cables y bombillas. Con todo



FOTO 2. Caja preparada para utilizarse en el proyecto.

esto, se obtuvieron 3 cajas, cada una de ellas con 2 bombillas diferentes, las cuales estarían continuamente enchufadas mediante un sistema de cableado para que aportasen su luz correspondiente las horas del día.

Además, cada caja fue correctamente numerada, para poder distinguirlas con facilidad y para poder elaborar fichas de campo acerca de cada una de ellas.

Más tarde, se dio paso a la plantación. Lo primero fue coger las macetas



FOTO 3. Preparando las macetas para plantar.

adecuadas, que fueran, además, del mismo tamaño. Una vez preparadas todas las macetas en el laboratorio del colegio, se les echó el mismo sustrato, es decir, la misma tierra, a cada una de ellas, la cual era natural y estaba mineralizada, esto influye en el desarrollo de las plantas, y sería un dato a tener en cuenta a la hora de analizar los resultados y a la hora de sacar las conclusiones.

Una vez echado el sustrato, se colocaron 4 semillas en cada maceta, en posiciones diferentes, es decir, dejando algo de espacio entre ellas. En este caso, dichas semillas serían alubias, encima de las cuales, se volvió a echar tierra para, finalmente, terminar de llenar las macetas.

Cada caja contendría una maceta, situada en el centro de la caja, de modo que le llegasen los dos tipos de luz que estuviesen en esa caja en concreto. Además, cada maceta sería regada con el mismo producto de riego.

Por lo tanto, en cada serie se utilizaron 3 cajas, 3 macetas y 6 bombillas; y todas las macetas se encontraban en iguales condiciones de crecimiento, siendo el tipo de luz la única variable que se presentaría entre ellas.

Una vez realizado esto, se regaban las plantas frecuentemente, se supervisaban cada dos o tres días y se tomaban los máximos datos posibles acerca de ellas y acerca de su



FOTO 4. Caja con luces roja y blanca.

crecimiento, con ayuda de las fichas de campo. Se midió la altura de las plantas, se contó el número de hojas, se anotó la cantidad y el producto de riego, y se apuntaron todas las observaciones que pudieran servir como datos de interés a la hora de analizar los resultados. Por supuesto, se anotaba la fecha en la que se llevaban a cabo esta serie de trabajos.

Además, se sacaban fotos a las plantas y a las cajas, para complementar el proyecto y para mostrar el trabajo llevado a cabo. Después, esas fotos serían colocadas tanto en las fichas de campo como en el resto del trabajo.

En total, se llevaron a cabo 3 series de plantaciones (todas igual que la primera), cada una con sus respectivas macetas, una para cada condición anteriormente nombradas. Cada serie duraba un tiempo aproximado de un mes. Cuando finalizábamos una, se extraían las plantas, se tiraba la tierra en un saco, y finalmente se limpiaban las macetas, antes de proceder a la siguiente serie de plantaciones.

Más tarde, se pasaron todas las fichas de campo al ordenador, para poder incluirlas en el trabajo.

Más tarde, se analizaron minuciosamente todos los resultados, desde diferentes puntos de vista y teniendo en cuenta los distintos aspectos de la investigación. Para ello, se realizaron cuadros, gráficas y tablas, todo ello con su respectivo comentario.

Una vez realizado esto, se sacaron una serie de conclusiones; es decir, la resolución final que se había tomado del trabajo, y que acabarían siendo la base de la investigación.

Más tarde, se sacaron una serie de soluciones con el fin de mejorar, de alguna forma, el crecimiento de las plantas dependiendo del tipo de luz que les afectase.

Con todo esto, se procedió a la redacción final del informe.

También se realizó una presentación en Power Point, en la que se encontraría un resumen gráfico de todo el trabajo para poderlo utilizar en posteriores exposiciones públicas a los compañeros del aula y otros del centro escolar, así como en eventos públicos, ferias de investigación, etc.. (Ver **ANEXO 3**).

A su vez, se realizaron dos posters también representativos de todo el proceso de experimentación y que se emplean con los mismos fines que la presentación en Power Point. Esto se incluiría en los anexos del proyecto, junto con la realización de las cajas, las fichas de campo, los datos sobre las bombillas utilizadas, etc. (Ver **ANEXO 2**)

Para finalizar totalmente el proyecto, se realizó una impresión digital con todo el informe así como otra impresión escrita para dejar constancia del proyecto en la biblioteca del centro escolar.

V. CONDICIONES
DE
CRECIMIENTO
DE LAS PLANTAS

1. GERMINACIÓN.

La cáscara dura de la semilla de la planta protege al embrión en su interior de las inclemencias del tiempo, el abuso y los depredadores. El embrión permanecerá latente hasta que la combinación correcta de luz, calor y humedad la estimulen a germinar.



IMAGEN 1. Etapas de crecimientos de una planta

hasta que la combinación correcta de luz, calor y humedad la estimulen a germinar.

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe.

Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo: temperatura, agua, oxígeno y sales minerales. El ejemplo más común de germinación es el brote de un semillero a partir de una semilla de una planta floral.

1.1. Características.

La semilla se desarrolla desde un anterozoide situado en el interior del tubo polínico de una flor. Éste llega al ovario ingresando por la micropila al óvulo, donde se produce la fecundación. Posteriormente, el óvulo se transforma en semilla y el ovario en pericarpio o fruto. En el desarrollo de la semilla se pueden distinguir tres estados después que se ha efectuado la polinización.

Se llama germinación al proceso por el que se reanuda el crecimiento embrionario después de la fase de descanso. Este fenómeno no se desencadena hasta que la semilla no ha sido transportada hasta un medio favorable por alguno de los agentes de dispersión. Las condiciones del medio son: aporte suficiente de agua, oxígeno y temperatura apropiada. Cada especie prefiere para germinar una temperatura determinada; en general, las condiciones extremas de frío o calor no favorecen la

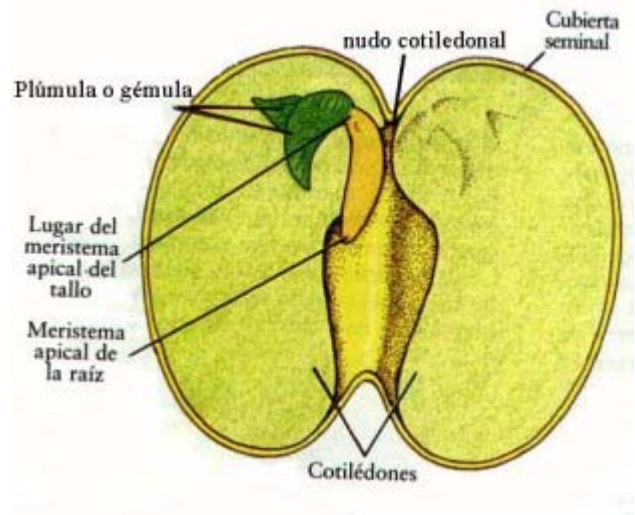


IMAGEN 2. Las diferentes partes de una semilla.

germinación. Algunas semillas necesitan pasar por un período de dormancia y, después de éste, también un tiempo determinado de exposición a la luz para iniciar la germinación.

Durante la germinación, el agua se difunde a través de las envolturas de la semilla y llega hasta el embrión, que durante la fase de descanso se ha secado casi por completo. El agua hace que la semilla se hinche, a veces hasta el extremo de rasgar la envoltura externa. Diversas enzimas descomponen los nutrientes almacenados en el endospermo en los cotiledones en sustancias más sencillas que son transportadas por el interior del embrión hacia los centros de crecimiento. El oxígeno absorbido permite a la semilla extraer la energía contenida en estos azúcares de reserva, y así poder iniciar el crecimiento.

La radícula es el primer elemento embrionario en brotar a través de la envoltura de la semilla. Forma pelos radicales que absorben agua y sujetan el embrión al suelo. A continuación empieza a alargarse el hipocótilo, que empuja la plúmula, y en muchos casos el cotiledón o los cotiledones, hacia la superficie del suelo.

Los cotiledones que salen a la luz forman clorofila y llevan a cabo la fotosíntesis hasta que se desarrollan las hojas verdaderas a partir de la plúmula. En



IMAGEN 3. Zona de cultivo donde serán plantadas nuevas plantas

algunas especies, sobre todo de gramíneas, los cotiledones no alcanzan nunca la superficie del suelo, y la fotosíntesis no comienza hasta que no se desarrollan las hojas verdaderas; mientras tanto, la planta subsiste a costa de las reservas nutritivas almacenadas en la semilla.

Desde que comienza la germinación hasta que la planta logra la completa independencia de los nutrientes almacenados en la semilla, la planta recibe el nombre de plántula.

1.2. Requerimientos.

Para que la germinación pueda producirse son necesarios algunos factores externos, como un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia, y una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos.

Además, la latencia de germinación puede requerir determinados estímulos

ambientales como la luz o bajas temperaturas, o que se produzca un debilitamiento de las cubiertas seminales.

También contribuye el clima del lugar en el que se encuentra el cultivo.

1.3. Etapas de formación de semillas

- Desarrollo del embrión.
- Acumulación de reservas alimenticias. Éstas se fabrican en las partes verdes de la planta y son transportadas a la semilla en desarrollo. En las semillas denominadas endospermicas, las reservas alimenticias se depositan fuera del embrión, formando el endospermo de la semilla. En las semillas llamadas no endospermicas, el material alimenticio es absorbido por el embrión y almacenado en contenedores especiales llamadas cotiledones.
- Maduración. Durante esta fase, se seca la semilla y se separa la conexión con la planta madre, cortando el suministro de agua y formando un punto de debilidad estructural del que se puede separar fácilmente la semilla madura.



IMAGEN 4. Una planta en proceso de crecimiento.

La mayoría de las semillas entran en un periodo de latencia (o inactividad metabólica) después de su completa maduración. En este periodo, la semilla pierde la mayor parte de la humedad que tenía. Y es precisamente esta sequedad (deshidratación) el factor principal que garantiza la viabilidad de la semilla y su capacidad para poner fin a la inactividad, crecer y convertirse en una nueva planta. Este periodo de latencia varía de especie a especie.

Algunas semillas mueren rápidamente si se secan demasiado, pero existen semillas de mucha antigüedad, que han germinado después de muchos cientos de años.

Para lograr la germinación, la semilla necesita primordialmente agua y, dependiendo de la variedad de planta de que se trate, puede requerir mayor atención en cuanto a temperatura y condiciones de luz más específicas.



IMAGEN 5. Vasos con semillas en un laboratorio

Cada año, este ciclo de reproducción se repite de manera invariable. Sólo se alterará si cambian las condiciones del entorno.

Así, si una planta de zona húmeda es cambiada de entorno y clima, haciéndolo más seco, esta planta se adaptará al cambio o

morirá por no tener la

capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas. Teniendo las condiciones mínimas, la planta formará las semillas o las esporas. El viento o los animales se encargarán de llevarlos a tierras fértiles, reiniciando así el ciclo de la vida, con la formación de una nueva planta.

1.4. Reservas alimenticias

Cuando las raíces de la plántula que comienzan a crecer necesitan los nutrientes de la reserva que habían sido depositadas en el endospermo o en los cotiledones. Para ello, tiene que haber un proceso de hidrólisis previa y movilización que genere moléculas de pequeño tamaño que puedan ser utilizadas por la plántula en desarrollo.

La hidrólisis de las proteínas esta catalizada por diversos tipos de endopeptidasas exopeptidasas, que generan pequeños péptidos y aminoácidos. La creación de lípidos

implica a tres tipos de orgánulos: los cuerpos lipídicos, los glioxisomas y mitocondrias; las enzimas clave en la metabolización de lo lípidos, que pueden transformarse en hexosas, son la isocitrato liasa y lamalato sintetasa, sus niveles suben notablemente durante la germinación.

El almidón es el mayor



IMAGEN 6. El proceso de crecimiento en piñas.

carbohidrato de reserva, se puede hidrolizar mediante la acción de α -amilasas y β -amilasas, o por almidón fosforilasa, liberándose monosacáridos, disacáridos y oligosacáridos. El embrión es capaz de crear un control sobre las diferentes actividades enzimáticas gracias a la síntesis y liberación de fitohormonas.

El más común de los ejemplos de control hormonal es el de la hidrólisis de almidón por activación de la α -amilasa mediada por giberelinas en semillas de cereales.

Mientras que las giberelinas, y parece que también puede ser el etileno, mantienen un notable efecto estimulador de la germinación, el ácido abscísico, por el contrario, entorpece los procesos relacionados con la germinación.

2. AGUA.

El agua es esencial para la vida vegetal. Para sobrevivir, las plantas necesitan agua, así como nutrientes, que son absorbidos por las raíces del suelo.

El 90% del cuerpo de una planta está compuesto por agua. El agua es transportada por toda la planta de manera casi continua para mantener sus procesos vitales en funcionamiento.

2.1. Sistema de raíces.

Las raíces absorben agua del suelo, que luego es transportada a través de la planta. Gran parte del agua se recoge a través de los filamentos de las raíces, que son pequeñas raicillas que penetran en el suelo alrededor de las raíces y aumentan el área de la superficie de la raíz.

El agua es un disolvente que mueve minerales del suelo a través de la planta. cuando el suelo se seca, el crecimiento de las raíces disminuye. Si el suelo está saturado con agua, las raíces podrían ahogarse.

2.2. Fotosíntesis.

El agua se utiliza para los procesos químicos y bioquímicos que apoyan el metabolismo de la planta. La planta utiliza la luz del sol para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno. El hidrógeno luego utiliza dióxido de carbono en el aire para hacer azúcar. Las plantas utilizan el oxígeno para quemar el azúcar y producir energía para los procesos vitales.



IMAGEN 7. El agua es esencial para el crecimiento de las plantas

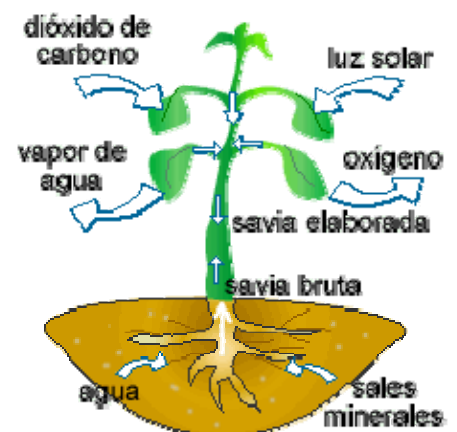


IMAGEN 8. Proceso de la fotosíntesis

El único propósito de las hojas es recoger la luz y hacer azúcar. Las hojas sacan agua de las raíces y el aire entra en las hojas a través de pequeños orificios llamados estomas. Los estomas abiertos no sólo dejan entrar el aire, sino también hacen que la planta pierda agua por evaporación. Sin estos poros para conservar el agua, la fotosíntesis y la producción de azúcar se detendrían.

2.3. Crecimiento.

La división celular y la expansión de las células son las dos formas en que crecen las plantas. Las células crecen tomando agua. La división celular crea células adicionales, mientras que la expansión de células crea un aumento en el tamaño de la célula.

La falta de agua perjudica a las plantas limitando su crecimiento y su fortaleza. Si el agua está limitada durante períodos de crecimiento, el tamaño final de las células disminuirá, lo que conduce a menos hojas y de menor tamaño, frutas más pequeñas, con tallos más cortos y gruesos y un sistema radicular más pequeño.



IMAGEN 9. La planta de la izquierda no posee agua y se ha marchitado

Para las plantas frutales, un momento crítico es después de la floración, cuando el fruto comienza a crecer. Las frutas, los brotes y las hojas nuevas requieren mucha agua y casi todo el azúcar que las hojas producen. La falta de agua reduce el crecimiento de nuevos brotes y hojas, lo que significa menos azúcar disponible para el crecimiento del fruto. El crecimiento del sistema radicular se ralentiza, lo que podría necesitar un mayor riego para mantener las raíces húmedas.

2.4. Marchitación.

Las plantas bien regadas mantienen su forma a causa de la presión interna del agua en las células, llamada presión de turgencia. Cuando no hay suficiente agua, la presión disminuye y hace que la planta se marchite. Esta presión es también esencial para la expansión de las células vegetales, que conduce al crecimiento de las plantas.

2.5. Estrés hídrico.

El agua regula la apertura y cierre de los estomas, que a su vez regula la transpiración y la fotosíntesis. Si hay muy poca agua disponible para el sistema de raíces, la planta reducirá la cantidad de agua perdida por transpiración. Esto hace que la fotosíntesis se reduzca debido a que es necesario que el dióxido de carbono entre en la

planta a través de los estomas.

Una disminución en el resultado de la fotosíntesis perjudicaría los rendimientos de los cultivos.

3. TIERRA.

Conocer el suelo antes de plantar las plantas puede ayudarnos a conseguir mejores productos.

3.1. Profundidad.

A veces en el suelo hay una piedra o una capa de arcilla compacta, esto suele limitar la extensión de las raíces de las plantas y también su tamaño, ya que cuanto más se puedan extender las plantas más grandes podrán ser. Lo mejor en estos casos sería cavar con la azada y mirar en que clase



IMAGEN 10. Tierra lista para ser cultivada.

de suelo se va a plantar las plantas.

Esto podrá evitar que en un futuro los arbustos y árboles no prosperen adecuadamente.

3.2. Estructura.

Para mejorar la calidad de la tierra hay que introducir materia orgánica que le dará un toque migajoso, mullido y aireado. En los suelos arcillosos, además de la materia orgánica, es conveniente mezclar



IMAGEN 11. Fruto cultivado en el interior de la tierra

también con arena de río.

3.3. Características ideales del suelo.

3.3.1. Fácil de trabajar.

Los suelos arcillosos son difíciles de trabajar porque cuando están mojadas forman una masa muy densa y cuando están secos son demasiado duros. Para mejorar el suelo hay que echarle materia orgánica y arena.

3.3.2. Buena capacidad para retener el agua.

Los suelos arenosos son secos, no almacenan el agua y por lo tanto hay que regarlos bastantes. Los suelos arcillosos no tienen este problema es mas, sería un

problema si almacenan demasiada agua. Para mejorar el suelo arcilloso hay que añadirle materia orgánica y así aumentara su capacidad de retener agua.

3.3.3. Buen drenaje.

El suelo arcilloso tiende a encharcarse lo cual pudre las raíces. Aunque no todos los suelos arcillosos drenan mal hay que tener cuidado con las zonas bajas que es donde se acumula el agua.

Para aumentar el drenaje se debe hacer lo siguiente:

- Instalar tubos de drenaje.
- Añadir inclinaciones al terreno para evitar los charcos.
- Aportar arena.
- Elegir especies que resistan mejor las condiciones asfixiantes del terreno.



IMAGEN 12. Tierra con buenas propiedades para ser plantada.

3.3.4. Buena capacidad para retener nutrientes minerales.

Los suelos arenosos no retienen demasiados nutrientes. El agua puede hacer que los nutrientes se queden fuera del alcance de las raíces.

Los suelos arcillosos son mejores en este aspecto ya que retienen con gran facilidad los nutrientes minerales. Para ayudar en la retención de nutrientes hay que usar fertilizantes de lenta liberación para que se vaya disolviendo poco a poco.

3.3.5. Rico en materia orgánica.

Cuando hablamos de la materia orgánica, nos referimos al humus. El humus es una sustancia muy beneficiosa para el suelo y para la planta:

- Esponja el suelo.
- Retiene agua y minerales.
- Aporta nutrientes minerales poco a poco a medida que se descompone.

3.3.6. Rico en nutrientes minerales.

- Macro nutrientes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre.
- Micro nutriente: Hierro, Zinc, Manganeso, Boro, Cobre, Molibdeno, Cobre.

Los suelos arcillosos son ricos en nutrientes y los suelos arenosos son, sin embargo, pobres. Un ejemplo de suelo extremadamente arenoso es la arena de la playa.

Mediante los abonos orgánicos se aporta al suelo los nutrientes necesarios.

3.3.7. pH comprendido entre 5,5 y 8.

Afortunadamente la mayoría de los suelos tiene estos valores de pH pero si esto no fuera así se debería corregir.

Si el suelo tiene menos de 5,5 será un suelo demasiado ácido y podrá carecer de nutrientes como el Calcio, Magnesio, Fósforo, Molibdeno y Boro. La estructura del suelo tampoco suele ser buena. Para solucionar este problema se puede añadir caliza molida. Se debe enterrar labrando y la mejor época para su uso es el otoño.

Si el pH está comprendido entre 6,5 y 7 se considera como neutro, eso quiere decir que el suelo es perfecto. En este tipo de suelos pueden crecer la mayoría de plantas, sin embargo también existen algunas plantas que pueden ser plantadas en un pH que escapa de los límites anteriormente dichos.

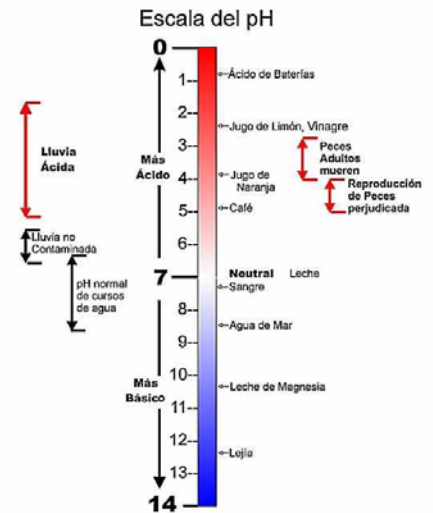


IMAGEN 13. Escala con el nivel de pH.



IMAGEN 14. Azufre en polvo para añadir la tierra.

y para añadir algo de hierro aunque no mucho. Se suele utilizar para bajar el pH del suelo.

3.3.8. Echar turbia rubia.

La turba rubia es un material muy ácido que se usa para bajar el pH del suelo. Este material se debe usar una vez cada dos o tres años.

3.3.9. Echar azufre en polvo.

Con un pH superior a 8 es muy probable que escaseen el Hierro, Zinc, Cobre y Boro a este tipo de tierras se les llama alcalinas. En este tipo de tierras no se pueden plantar plantas como el naranjo. Para bajar el pH y así se puedan liberar los nutrientes insolubilizados hay que hacer lo siguiente. Añadir sulfato de hierro. El sulfato de hierro sirve para acidificar,

Otra opción para acidificar el suelo es añadir azufre en los primeros 25-30cm de tierra. Se debe aplicar en otoño para que en primavera se empiece a notar sus efectos.

En medianas y grandes plantaciones es el método más económico y se debe repetir el proceso una vez cada cuatro años.

3.3.10. Suelos salinos.

No es frecuente pero se suele dar. Los suelos salinos son los que tienen una excesiva cantidad de diversas sales (cloruros, sulfatos, etc.).

3.3.11. Suelos no infectados por hongos, nematodos, gusanos de suelo ni malas hierbas.

Un suelo utilizado varias veces aumenta la población de hongos que viven en el suelo, nematodos, de gusanos de suelo y de malas hierbas. Para desinfectar los suelos hay productos químicos pero existe un ecológico de desinfectación llamado solarización que funciona con gran eficacia.

Si un suelo cumple todo lo anteriormente dicho se puede decir que es un suelo ejemplar. Además, la materia orgánica puede mejorar la mayoría de las características del suelo.

4. EL EFECTO DE LA LUZ EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.

Si bien cada planta tiene un ciclo anual de crecimiento, la luz influye directamente en las etapas de florecimiento y desarrollo vegetativo. Las luces artificiales hacen posible el crecimiento durante todo el año y aceleran la producción; no obstante, nunca podrán compararse con la luz natural del sol en cuanto a su intensidad y los nutrientes que aporta. Sin la luz las plantas no vivirían, los jardines de vegetales no producirían sus cosechas ni veríamos flores abiertas. La luz le suministra alimento y energía a las plantas por medio de la fotosíntesis y hace que todo florezca. Es una parte fundamental de toda la vida sobre la tierra.

4.1. Importancia de la luz solar

La luz ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y florecimiento provocando el proceso de fotosíntesis por el cual las plantas obtienen energía. Las plantas dependen



IMAGEN 15. La luz solar es importante para el crecimiento de las plantas.

de la luz para producir su alimento, inducir el ciclo de crecimiento y permitir un desarrollo sano. Sin luz, ya sea natural o artificial, la mayoría de las plantas no podrían crecer ni reproducirse, la fotosíntesis no tendría lugar sin la energía absorbida de la luz solar y no habría oxígeno suficiente para que continúen viviendo.

4.2. Tipos.

La luz del día natural que proviene de la parte azul del espectro es óptima para la etapa inicial del crecimiento de la planta. La luz artificial funciona casi igual de bien (la fluorescente, incandescente, LED o las lámparas de descarga de alta intensidad, como la alógena o la de sodio de presión elevada). La mejor opción para la iluminación interna son las lámparas de descarga de alta intensidad, pues permiten controlar el ambiente y estimulan una producción y desarrollo rápidos de las semillas.

4.3. Características.

En la etapa de florecimiento la planta necesita luz de las secciones rojas y naranjas del espectro. Esta etapa puede inducirse artificialmente si se reducen la cantidad de luz y de horas de exposición. La planta sabe que debe comenzar a reproducirse e iniciar su etapa de florecimiento, por lo que deja una semilla para la siguiente estación y finalmente alcanza la inactividad.

4.4. Consideraciones.

Considerar la cantidad de luz solar que recibe una planta así como los efectos que esto tiene sobre el tamaño de la misma puede ser un tanto complicado, debido a que existe más de una forma de pensar acerca de cantidades de luz solar. La cantidad de luz solar que recibe una planta se puede dividir en tres categorías diferentes: calidad, cantidad y duración. La calidad de la luz describe las diferentes longitudes de onda de luz que la planta es capaz de absorber. La cantidad describe la intensidad de la luz solar que la planta absorbe. Finalmente, la duración describe el tiempo que la planta puede estar absorbiendo luz solar. Cada una tiene un efecto distinto sobre la cantidad luz solar total que recibe una planta y por lo tanto tiene un efecto observable en el crecimiento de la misma.

Sin embargo, la luz solar es sólo uno de los tantos factores que influyen en el crecimiento de las plantas. Las condiciones climáticas, la altitud, el tiempo, el fertilizante y el control de plagas también afectan el desarrollo y la producción. Con el empleo de luz artificial es posible manipular el ambiente de crecimiento y acelerar la producción.

4.5. Luz artificial.

Sin duda alguna, la luz natural es la mejor iluminación posible y la mayor parte



IMAGEN 16. Plantas que utilizan la luz artificial para su crecimiento.

de las plantas tienen suficiente con el aporte de luz solar que reciben, excepto algunas propias de lugares muy cálidos como los trópicos. Si este es el caso o por cualquier razón se quiere acelerar el crecimiento de los ejemplares, es aconsejable

que se les proporcione una luz extra, instalando un sistema de iluminación artificial.

Si se emplea unidades de iluminación artificial se debe tener en cuenta la distancia de separación entre la fuente adicional de luz y la planta, ya que el calor emitido por el foco podría dañar y marchitar las hojas de las propias plantas.

Por ejemplo, si el foco que se pretende utilizar tiene una potencia de 150 vatios, es conveniente situarlo a un metro de la planta y si se emplea un reflector para ofrecer luz artificial a los ejemplares, la distancia deberá ser superior a 2,5 metros.

Asimismo, la mejor solución es ubicar las plantas en interiores pintados de blanco para que la luz del foco colocado sobre las plantas se refleje en las paredes y se reparta uniformemente sobre todas las hojas. También resulta aconsejable estudiar la posibilidad de situarlas en un habitáculo cerrado, libre de posibles insectos (como mosquitos y bichos) que puedan dañarlas, aunque para ello será conveniente instalar un extractor de aire para que éste se renueve.

Para obtener mejores resultados se pueden adquirir tubos de luz cenital y mantenerlos encendidos al menos 8 horas diarias, aunque si lo se que pretende es acelerar el crecimiento de las plantas se podrán exponerlas, incluso, a 18 horas de luz artificial.

No obstante, se deben conocer las necesidades de luz de cada planta y satisfacerlas a través de focos. Y es importante recordar que para que las plantas crezcan

sanas y más rápidamente, siempre han de hacerlo en un entorno libre de parásitos, los cuales puedan originarles enfermedades.

Sin embargo, no todas las fuentes de luz artificial presentan la misma eficiencia en cuanto a calidad de la luz emitida. Esto se debe a que la luz se clasifica según su longitud de onda.

Ciertas longitudes de onda son las que mejor aprovechan las plantas para realizar sus funciones vitales, principalmente las correspondientes al azul y al rojo, mientras que otras apenas tienen efectos sobre ellas. Por lo tanto, si se utiliza iluminación artificial, tiene que suministrarse

con lámparas que proporcionen las longitudes de onda adecuadas. Además de la luz, también tienen cierta influencia sobre el desarrollo de las plantas las radiaciones infrarrojas y ultravioletas próximas.

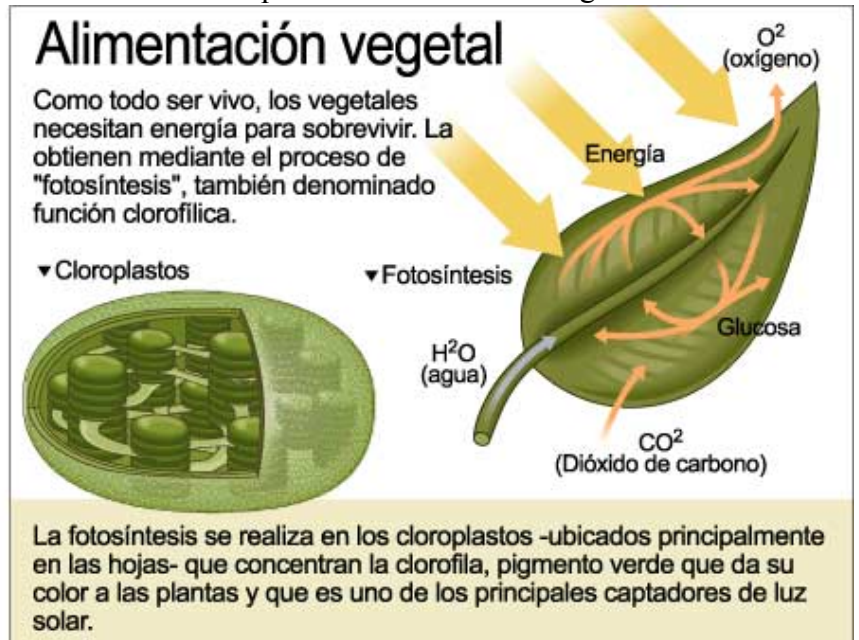


IMAGEN 17. Proceso de la fotosíntesis.

5. NUTRICIÓN

5.1. Nutrición vegetal.

La nutrición vegetal es el conjunto de procesos mediante los cuales los vegetales toman sustancias del exterior y las transforman en materia propia y energía. El principal elemento nutritivo que interviene en la nutrición vegetal es el carbono, extraído del gas carbónico del aire por las plantas autótrofas gracias al proceso de la fotosíntesis. Las plantas no clorofílicas, llamadas heterótrofas dependen de los organismos autótrofos para su nutrición carbonosa.

La nutrición recurre a procesos de absorción de gas y de soluciones minerales ya directamente en el agua para los vegetales inferiores y las plantas acuáticas, ya en el caso de los vegetales vasculares en la *solución nutritiva* del suelo por las raíces o en el aire por las hojas.

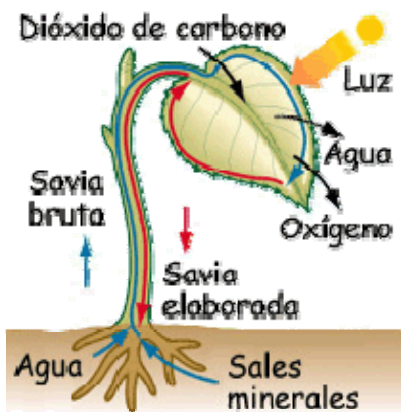


IMAGEN 18. Proceso de elaboración de la savia.

Las raíces, el tronco y las hojas son los órganos de nutrición de los vegetales vascularizados: constituyen el *aparato vegetativo*. Por los pelos absorbentes de sus raíces (las raicillas), la planta absorbe la solución del suelo, es decir el agua y las sales minerales, que constituyen la savia bruta (ocurre que las raíces se asocian a hongos para absorber mejor la solución del suelo, se habla entonces de micorriza).

En las hojas se efectúa la fotosíntesis y como resultado se obtienen aminoácidos y azúcares que constituyen la savia elaborada. Bajo las hojas, los estomas permiten la evaporación de una parte del agua absorbida, la eliminación de oxígeno (O_2) y la absorción de dióxido de carbono (CO_2). Por el tallo, circulan los dos tipos de savia: la savia bruta por el xilema y la savia elaborada por el floema.

Los elementos nutritivos indispensables para la vida de una planta se subdividen en dos categorías: los macronutrientes y los micronutrientes.

5.2. Macronutrientes

Los macronutrientes se caracterizan por sus concentraciones superiores al 0,1% de la materia seca. Entre ellos se encuentran los principales elementos nutritivos necesarios para la nutrición de las plantas, que son el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno. Estos cuatro elementos que constituyen la materia orgánica representan más de un 90% por término medio de la materia seca del vegetal. Al cual se añaden los elementos utilizados como abono y enmiendas que son: el potasio, el calcio, el magnesio, el fósforo, así como el azufre. Los tres primeros macronutrientes se encuentran en el aire y en el agua. El nitrógeno, aunque representando un 78% del aire atmosférico, no puede ser utilizado directamente por las plantas que no pueden, a excepción de algunas bacterias y algas, asimilarlo más que bajo forma mineral, principalmente bajo la forma de ion nitrato (NO_3^-). Eso explica la importancia de la "nutrición añadida de nitrógeno" en la nutrición vegetal y su adición como abono por los productores.

Macronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas.

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible para las plantas	Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	Funciones
Hidrógeno	H	H ₂ O	60000	El hidrógeno es necesario para la construcción de los azúcares y por lo tanto para el crecimiento. Procede del aire y del agua, etc.
Carbono	C	CO ₂	450000	El carbono es el constituyente principal de las plantas. Se encuentra en el esqueleto de numerosas biomoléculas como el almidón o la celulosa. Se fija gracias a la fotosíntesis, a partir del dióxido de carbono procedente del aire, para formar hidratos de carbono que sirven como almacenamiento de energía a la planta
Oxígeno	O	O ₂ , H ₂ O, CO ₂	450000	El oxígeno es necesario para la respiración celular, los mecanismos de producción de energía de las células. Se encuentra en numerosos otros componentes celulares. Procede del aire.
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	15000	El nitrógeno es el componente de los aminoácidos, de los ácidos nucleicos, de los nucleótidos, de la clorofila, y de las coenzimas.
Potasio	K	K ⁺	10000	El potasio se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico, así como en la apertura y el cierre de los estomas; activa también numerosas enzimas

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible para las plantas	Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	Funciones
Calcio	Ca	Ca^{2+}	5000	El calcio es un componente de la pared celular; cofactor de enzimas; interviene en la permeabilidad de las membranas celulares; componiendo la calmodulina, regulador de actividades enzimáticas y también de las membranas.
Magnesio	Mg	Mg^{2-}	2000	El magnesio es un componente de clorofila; activador de numerosas enzimas.
Fósforo	P	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}	2000	Se encuentra el fósforo en los compuestos fosfatados que transportan energía (ATP, ADP), los ácidos nucleicos, varias coenzimas y los fosfolípidos.
Azufre	S	SO_4^{2-}	1000	El azufre forma parte de algunos aminoácidos (cisteína, metionina), así como de la coenzima A

TABLA 1. Macronutrientes.

5.3. Micronutrientes.

Los micronutrientes llamados también oligoelementos no sobrepasan el 0,01% de la materia seca. Son el cloro, el hierro, el boro, el manganeso, el zinc, el cobre, el níquel, el molibdeno, etc. El déficit de alguno de estos elementos puede determinar enfermedades de carencia.

Micronutrientes esenciales para la mayoría de las plantas vasculares y concentraciones internas consideradas como adecuadas

Elemento	Símbolo químico	Forma disponible para las plantas	Concentración adecuada en tejido seco, en mg/kg	Funciones
Cloro	Cl	Cl^-	100	El cloro se produce en la ósmosis y el equilibrio iónico; probablemente indispensable para las reacciones fotosintéticas que producen el oxígeno.
Hierro	Fe	Fe^{3+}, Fe^{2+}	100	El hierro es necesario para la síntesis de la clorofila; componente de los citocromos y de la nitrogenasa
Boro	B	H_2BO_3	20	El boro interviene en la utilización del Calcio, la síntesis de los ácidos nucleicos y la integridad de las membranas.
Manganeso	Mn	Mn^{2+}	50	El manganeso es activador de algunas enzimas; necesario para la integridad de la membrana cloroplástica y para la liberación de oxígeno en la fotosíntesis
Zinc	Zn	Zn^{2+}	20	El zinc es el activador o componente de numerosos enzimas.
Cobre	Cu	Cu^+, Cu^{2+}	6	El cobre es el activador o componente de algunas enzimas que se producen en las oxidaciones y las reducciones.
Níquel	Ni	Ni^{2+}	-	El níquel forma la parte esencial de una enzima que funciona en el metabolismo
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}	0,1	El molibdeno es necesario para la fijación de los nitrato

TABLA 2. Micronutrientes.

VI.
FOTOSÍNTESIS

1. DEFINICIÓN.

La fotosíntesis es un proceso que realizan las plantas, las algas y algunas bacterias que consiste en la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía de la luz solar en forma de radiación electromagnética.

En este proceso, la energía lumínica, junto con el agua, las sales minerales y el dióxido de carbono, se transforma en energía química estable (que las plantas utilizan para crecer y nutrirse), siendo el adenosín trifosfato (ATP) la primera molécula en la que queda almacenada esta energía química.

Posteriormente, el ATP se usa para sintetizar moléculas orgánicas de mayor estabilidad.

Además, se debe tener en cuenta que la vida en nuestro planeta se mantiene fundamentalmente gracias a la fotosíntesis que realizan las algas, en el medio acuático, y las plantas, en el medio terrestre, que tienen la capacidad de sintetizar materia orgánica (imprescindible para la constitución de los seres vivos) partiendo de la luz y la materia inorgánica. De hecho, cada año los organismos que realizan la fotosíntesis fijan en forma de materia orgánica en torno a 100.000 millones de toneladas de carbono.

Este proceso se realiza en dos etapas: la fase luminosa y la fase oscura. La velocidad de la primera aumenta con la intensidad de la luz. En la segunda etapa la velocidad aumenta con la temperatura.

La fotosíntesis se realiza dentro de ciertos orgánulos citoplasmáticos especializados como los cloroplastos, que son exclusivos de las células eucarióticas vegetales. Los cloroplastos poseen pigmentos absorbentes de la luz, entre los que se encuentran la clorofila (responsable de la coloración verde de las plantas).

En el interior de estos orgánulos se halla una cámara que contiene un medio interno llamado estroma, que alberga diversos componentes, entre los que cabe destacar enzimas encargadas de la transformación del dióxido de carbono en materia orgánica y unos sáculos aplastados denominados tilacoides (también llamados lamelas), cuya membrana contiene pigmentos fotosintéticos. En términos medios, una célula vegetal tiene entre cincuenta y sesenta cloroplastos en su interior.

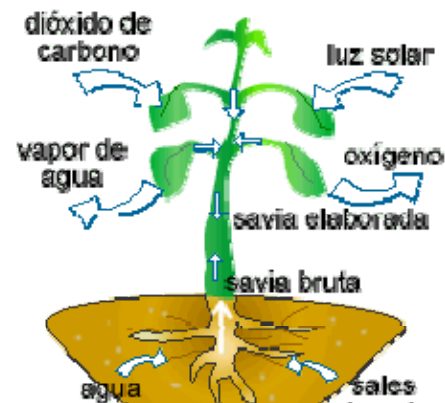


IMAGEN 19 . Proceso de la fotosíntesis.

Los organismos que tienen la capacidad de llevar a cabo la fotosíntesis son los llamados autótrofos, y se encargan de fijar el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico. En la actualidad, se diferencian dos tipos de procesos fotosintéticos: la fotosíntesis oxigénica y la fotosíntesis anoxigénica.

La primera de las modalidades es la propia de las plantas superiores, las algas y las cianobacterias, donde el agua aporta electrones y, como consecuencia, se desprende oxígeno.

Mientras que la segunda, también conocida con el nombre de fotosíntesis bacteriana, la realizan las bacterias purpúreas y verdes del azufre, en las que es el sulfuro de hidrógeno quien da electrones y, consecuentemente, el elemento químico liberado no será oxígeno, sino azufre, que puede ser acumulado en el interior de la bacteria, o en su defecto, expulsado al agua.

2. FACTORES DE LA FOTOSÍNTESIS.

Mediante la comprobación experimental, los científicos han llegado a la conclusión de que la temperatura, la concentración de determinados gases en el aire (tales como dióxido de carbono y oxígeno), la intensidad luminosa y la escasez de agua son los factores que intervienen aumentando o disminuyendo el rendimiento fotosintético de un vegetal.

2.1. La temperatura.

Cada especie se encuentra adaptada a vivir en un intervalo de temperaturas. Dentro de él, la eficacia del proceso oscila de tal manera que aumenta con la temperatura, como consecuencia de un aumento en la movilidad de las moléculas, en la fase oscura, hasta llegar a una temperatura en la que se sobreviene la desnaturalización enzimática, y con ello la disminución del rendimiento fotosintético.

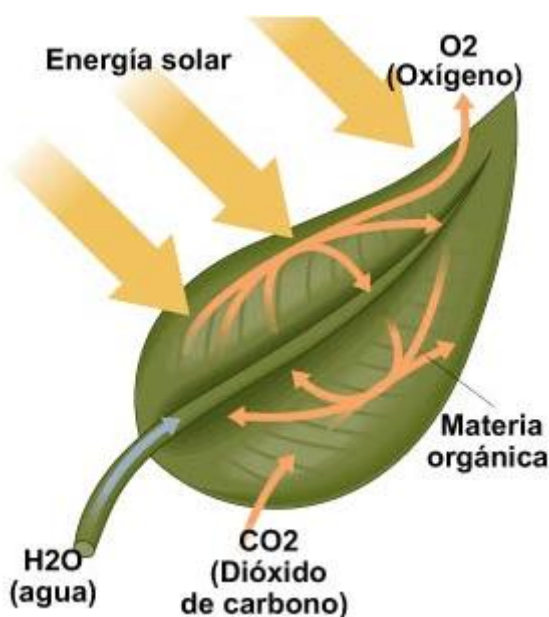


IMAGEN 20 . Proceso fotosintético en las hojas.

2.2. La concentración de dióxido de carbono.

Si la intensidad luminosa es alta y constante, el rendimiento fotosintético aumenta en relación directa con la concentración de dióxido de carbono en el aire, hasta alcanzar un determinado valor a partir del cual el rendimiento se estabiliza.

2.3. La concentración de oxígeno.

Cuanto mayor es la concentración de oxígeno en el aire, menor es el rendimiento fotosintético, debido a los procesos de fotorrespiración.

2.4. La intensidad luminosa.

Cada especie se encuentra adaptada a desarrollar su vida dentro de un intervalo de intensidad de luz, por lo que existirán especies de penumbra y especies fotófilas. Dentro de cada intervalo, a mayor intensidad luminosa, mayor rendimiento, hasta sobrepasar ciertos límites, en los que se sobreviene la fotooxidación irreversible de los pigmentos fotosintéticos.

Para una igual intensidad luminosa, las plantas C4 (adaptadas a climas secos y cálidos) manifiestan un mayor rendimiento que las plantas C3, y nunca alcanzan la saturación lumínica.

2.5. El tiempo de iluminación.

Existen especies que desenvuelven una mayor producción en la fotosíntesis cuanto mayor sea el número de horas de luz, mientras que también hay otras que necesitan alternar horas de iluminación con horas de oscuridad.

2.6. La escasez de agua.

Ante la falta de agua en el terreno y de vapor de agua en el aire disminuye el rendimiento fotosintético. Esto se debe a que la planta reacciona, ante la escasez de agua, cerrando los estomas para evitar su desecación, lo cual dificulta la penetración de dióxido de carbono.

Además, el incremento de la concentración de oxígeno interno desencadena la fotorrespiración. Este fenómeno explica que en condiciones de ausencia de agua, las plantas C4 sean más eficaces que las C3.

2.7. El color de la luz.

La clorofila α y la clorofila β absorben la energía lumínica en la región azul y roja del espectro, los carotenos y xantofilas solo en la azul, las ficocianinas en la naranja y las ficoeritrinas en la verde. Estos pigmentos traspasan la energía a otras moléculas. En el caso de que la longitud de onda superase los 680nm, ocurre una reducción del rendimiento fotosintético.

3. FASES.

3.1. Fase luminosa o fotoquímica.

El proceso comienza con la absorción de la energía lumínica con la clorofila. La energía absorbida por la clorofila se traslada a los electrones situados fuera de la molécula que se separan de esta y crean una corriente eléctrica dentro del cloroplasto al incorporarse dentro de la cadena de electrones. La energía conseguida puede usarse en la síntesis de ATP mediante la fotofosforilación, y en la síntesis de NADPH. Ambos compuestos serán necesarios para la siguiente fase también llamada ciclo de Calvin, proceso por el cual sintetizados los azucres que crearán sacarosa y almidón. Los electrones que han cedido las clorofilas los recuperan mediante la oxidación del H₂O, en este proceso se obtiene O₂ que será posteriormente liberado a la atmósfera.

Existen dos tipos de fosforilación: cíclica y acíclica, según el trayecto hagan los electrones por los fotosistemas. que formaran el primer aceptor de electrones, la feofitinaq. Los electrones son repuestos por el primer dador de electrones, el dador Z, con los electrones procedentes del Según que proceso ocurra se podrá o no producir NADPH y se podrá liberar o no O₂.

3.1.1. Fase luminosa acíclica (Fotofosforilación oxigénica).

El proceso de la fase luminosa consiste en: Los fotones inciden sobre el fotosistema II que es excitado y libera sus electrones, de la fotólisis del agua en el interior del tilacoide.

Los electrones son colocados en una cadena de transporte de electrones que conducirá su energía hacia la síntesis de ATP. Esto sucede según la teoría quimioosmótica de forma que los electrones son conducidos a las plastoquinonas que cogerán también dos protones del estroma. Los electrones y protones pasan al complejo de citocromosoma bf, que bombea los electrones al interior del tilacoide. Lo que genera una gran concentración de protones en el tilacoide que se

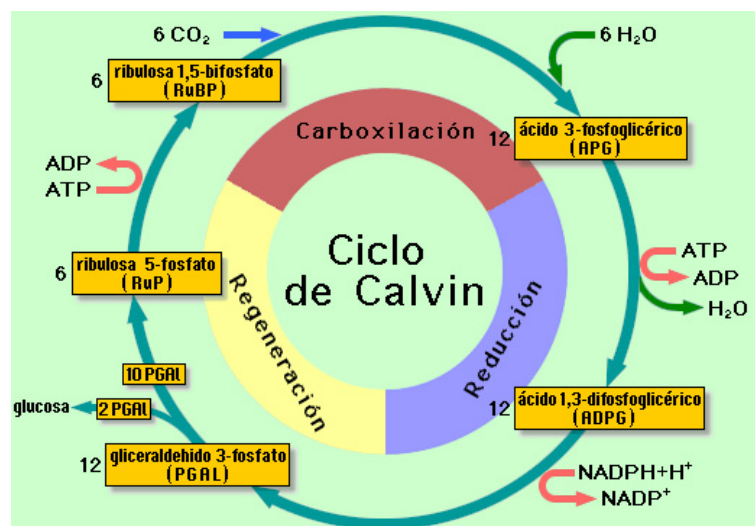


IMAGEN 21. Ciclo de Calvin.

compensa regresando al estroma a través de las proteínas ATP-sintasas, que invierten la energía del paso de los protones en sintetizar ATP. La síntesis de ATP en la fase fotoquímica se denomina fotofosforilación.

Los electrones de los citocromos se trasladan a la plastocianina, que se los deja a al fotosistema I. Con la energía lumínica, los electrones son nuevamente liberados y captados por el aceptor A_0 . Desde ahí recorren una serie de filoquinonas hasta la ferredoxina.

Ésta molécula los cede a la a la enzima NADP⁺-reductasa, que capta también protones del estroma. Ésta molécula los cede a la enzima NADP⁺-reductasa, que capta también dos protones del estroma.

Con los dos protones y los dos electrones, reduce un NADP⁺ en NADPH + H⁺. El

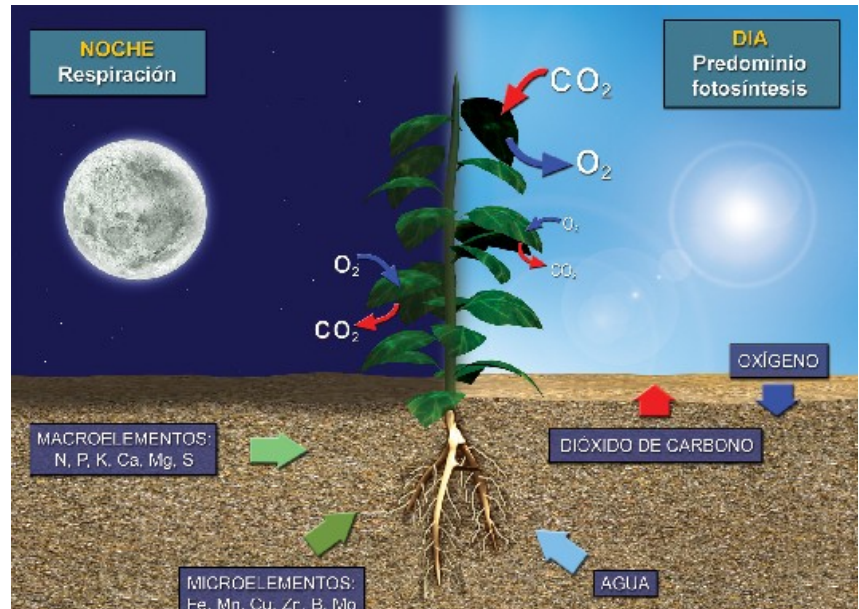


IMAGEN 22 . Fases de la fotosíntesis.

balance final es: por cada molécula de agua se forma media de oxígeno, 1,3 de ATP un NADPH +H

3.1.2. Fase luminosa cíclica (Fotofosforilación anoxigénica).

En la fase luminosa o fotoquímica cíclica interviene de manera exclusiva el fotosistema I, generándose un flujo o ciclo de electrones que en cada vuelta da lugar a síntesis de ATP. Al no intervenir el fotosistema II, no hay fotólisis del agua y, por ende, no se produce la reducción del NADP⁺ ni se desprende oxígeno. Únicamente se obtiene ATP. El objetivo que tiene la fase cíclica tratada es el de acabar con el déficit de ATP obtenido en la fase acíclica para poder afrontar la fase oscura posterior.

Cuando se ilumina con luz de longitud de onda superior a 680nm sólo se produce el proceso cíclico. Al incidir los fotones sobre el fotosistema I, la clorofila P700 libera los electrones que llegan a la ferredoxina, la cual los cede a un citocromo bf y éste a la plastoquinona, que capta dos protones y pasa a (PQH₂). La plastoquinona reducida cede los dos electrones al citocromo bf, seguidamente a la plastocianina y de vuelta al fotosistema I. Este flujo de electrones produce una diferencia de potencial en el tilacoide que hace que entren protones al interior. Posteriormente saldrán al estroma por

la ATP-sintetasa fosforilando ADP en ATP. De forma que únicamente se producirá ATP en esta fase.

Sirve para compensar el hecho de que en la fotofosforilación acíclica no se genera suficiente ATP para la fase oscura.

La fase luminosa cíclica puede producirse al mismo tiempo que la acíclica.

3.2. Fase oscura o biosintética.

En la fase oscura, que tiene lugar en la matriz o estroma de los cloroplastos, tanto la energía en forma de ATP como el NADPH que se obtuvo en la fase fotoquímica se utiliza para sintetizar materia orgánica por medio de sustancias inorgánicas. La fuente de carbono empleada es el dióxido de carbono, mientras que como fuente de nitrógeno se utilizan los nitratos y nitritos, y como fuente de azufre, los sulfatos. Esta fase se llama oscura, no porque ocurra de noche, sino porque no requiere de energía solar para poder concretarse.

Síntesis de compuestos de carbono: Se produce mediante un proceso de carácter cíclico en el que se pueden distinguir varios pasos o fases.

En primer lugar se produce la fijación del dióxido de carbono. En el estroma del cloroplasto, el dióxido de carbono atmosférico se une a la pentosa ribulosa-1,5-bisfosfato, gracias a la enzima RuBisCO, y origina un compuesto inestable de seis carbonos, que se descompone en dos moléculas de ácido-3-fosfoglicérico. Se trata de moléculas constituidas por tres átomos de carbono, por lo que las plantas que siguen esta vía metabólica se llaman C3. Si bien, muchas especies vegetales tropicales que crecen en zonas desérticas, modifican el ciclo de tal manera que el primer producto fotosintético no es una molécula de tres átomos de carbono, sino de cuatro (un ácido dicarboxílico), constituyéndose un método alternativo denominado vía de la C4, al igual que este tipo de plantas.

Con posterioridad se produce la reducción del dióxido de carbono fijado. Por medio del consumo de ATP y del NADPH obtenidos en la fase luminosa, el ácido 3-fosfoglicérico se reduce a gliceraldehído 3-fosfato. Éste puede seguir dos vías, consistiendo la primera de ellas en regenerar la ribulosa 1-5-difosfato (la mayor parte del producto se invierte en esto) o bien, servir para realizar otro tipo de biosíntesis: el que se queda en el estroma del cloroplasto comienza la síntesis de aminoácidos, ácidos grasos y almidón. El que pasa al citosol origina la glucosa y la fructosa, que al combinarse generan la sacarosa (azúcar característico de la savia) mediante un proceso parecido a la glucólisis en sentido inverso.

La regeneración de la ribulosa-1,5-difosfato se lleva a cabo a partir del gliceraldehído 3-fosfato, por medio de un proceso complejo donde se suceden compuestos de cuatro, cinco y siete carbonos, semejante a ciclo de las pentosas fosfato en sentido inverso (en el ciclo de Calvin, por cada molécula de dióxido de carbono que se incorpora se requieren dos de NADPH y tres de ATP).

Síntesis de compuestos orgánicos nitrogenados: gracias al ATP y al NADPH que han sido obtenidos en la fase luminosa, se puede llevar a cabo la reducción de los iones nitrato que están disueltos en el suelo en tres etapas.

En un primer momento, los iones nitrato se reducen a iones nitrito por la enzima nitrato reductasa, requiriéndose el consumo de un NADPH. Más tarde, los nitritos se reducen a amoníaco gracias, nuevamente, a la enzima nitrato reductasa y volviéndose a gastar un NADPH. Finalmente, el amoníaco que se ha obtenido y que es nocivo para la planta, es captado con rapidez por el ácido α -cetoglutarico originándose el ácido glutámico (reacción catalizada por la enzima glutamato sintetasa), a partir del cual los átomos de nitrógeno pueden pasar en forma de grupo amino a otros cetoácidos y producir nuevos aminoácidos.

Sin embargo, algunas bacterias y determinadas cianobacterias tienen la capacidad de aprovechar el nitrógeno atmosférico, transformando las moléculas de este elemento químico en amoníaco mediante el proceso llamada fijación del nitrógeno. Es por ello por lo que estos organismos reciben el nombre de fijadores de nitrógeno.

4. IMPORTANCIA DE LA FOTOSÍNTESIS.

La fotosíntesis es probablemente uno de los procesos bioquímicos más importantes de la biosfera por diversos motivos:

- La creación de materia orgánica a partir de materia inorgánica.
- Transforma la energía química en energía luminosa.

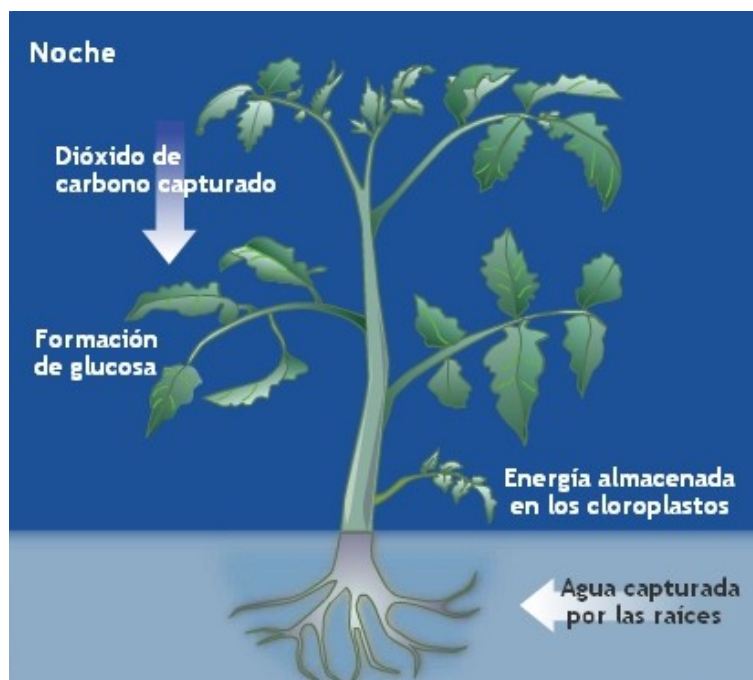


IMAGEN 23 . Fase oscura de la fotosíntesis.

- Mediante la fotosíntesis se genera oxígeno.
- Es causante del cambio producido en la atmósfera primitiva.
- De la fotosíntesis también depende la energía almacenada en combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural.
- Mantiene el equilibrio entre seres autótrofos y heterótrofos.
- Por último, se puede decir que la biodiversidad de la Tierra depende de la fotosíntesis.

4.1. Importancia dentro de la cadena alimenticia.

Los animales son incapaces de realizar la fotosíntesis por lo que se ven obligados al consumo de estas mediante la ingesta de vegetales o otros animales que previamente se han nutrido de vegetales. La fotosíntesis es una fuente indispensable para la biosfera en su totalidad.

4.2. Importancia de la fotosíntesis artificial.

El proceso de la fotosíntesis está siendo investigado para desarrollar lo que los científicos denominan fotosíntesis artificial. Mediante este proceso se pretende transformar el dióxido de carbono en oxígeno e hidratos de carbono que forman parte de los tejidos orgánicos además de ser la base de nuestra alimentación y obtención de energía.

Su desarrollo todavía impide su aplicación en forma práctica, pero tiene una gran importancia aplicable en distintos campos, no solo en lo que respecta a la **ingeniería en alimentos** también servirá para la obtención de una **energía renovable** y sostenible que permite transformar algo desechable como el **dióxido de carbono** en un bien aprovechado en distintos campos de la vida cotidiana.

5. PIGMENTOS.

El término pigmento puede adquirir un gran número de definiciones. Sin embargo, en biología, un pigmento es cualquier sustancia que absorbe luz y que produce color en las células animales o en las células vegetales.

El color del pigmento está dado por la longitud de onda no absorbida y, por lo tanto, reflejada. Así, los pigmentos negros absorben todas las longitudes de onda que les llega y los pigmentos blancos, en cambio, reflejan prácticamente toda la energía que les llega. Los pigmentos tienen un espectro de absorción característico de cada uno de ellos.

Muchas estructuras biológicas (como la piel, los ojos o el pelo) contienen

pigmentos, como la melanina, en células especializadas llamadas cromatóforos. Ciertas condiciones o agentes externos afectan a los niveles o a la naturaleza de los pigmentos en células de plantas, animales, hongos y algunos protistas. Por ejemplo, el albinismo es un trastorno que afecta al nivel de producción de melanina en los animales.

Los cloroplastos y las membranas celulares en plantas, algas y bacterias contienen una variedad de pigmentos que reaccionan con una parte estrecha del espectro de luz visible y reflejan otros colores.

La clorofila es el pigmento más abundante y uno de las más importantes. Esta presente en todos los organismos cuyas células poseen plastos. Este pigmento absorbe la luz azul y roja; y refleja la luz verde, por lo que las plantas con este pigmento aparecen de color verde.

En las plantas también hay otro tipo de pigmentos: los carotenoides reflejan la parte roja, amarilla y naranja del espectro y absorben la luz azul; y las ficobilinas son solubles en agua que reflejan tanto la luz roja como la azul.

La energía lumínica absorbida por la clorofila y su transformación en energía química forma parte del proceso de la fotosíntesis.

5.1. Los pigmentos fotosintéticos y la absorción de luz.

Los pigmentos fotosintéticos son lípidos que se hayan unidos a proteínas presentes en algunas membranas plasmáticas, y que se caracterizan por presentar alternancia de enlaces sencillos con enlaces dobles. Esto se relaciona con su capacidad de aprovechamiento de la luz para iniciar reacciones químicas, y con poseer color propio.

En las plantas se encuentran las clorofilas y los carotenoides; en las cianobacterias y las algas rojas también existe ficocianina y ficoeritrina; y finalmente, en las bacterias fotosintéticas está la bacterioclorofila.

La clorofila está formada por un anillo porfirínico con un átomo de magnesio en el centro, asociado a un metanol y a un fitol (monoalcohol de compuesto de veinte

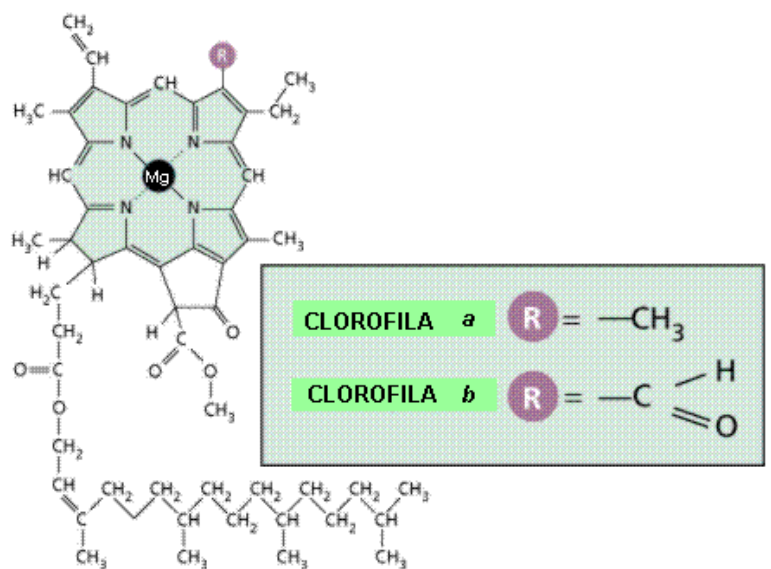


IMAGEN 24 . Clorofila a v b.

carbonos). Como consecuencia, se conforma una molécula de carácter anfipático, en donde la porfirina actúa como polo hidrófilo y el fitol como polo hidrófobo.

Se distinguen dos variedades de clorofila: la clorofila a, que alberga un grupo metilo en el tercer carbono porfirínico y que absorbe luz de longitud de onda cercana a 630nm, y la clorofila b, que contiene un grupo formilo y que absorbe a 660nm.

Los carotenoides son isoprenoides y absorben luz de 440 nm, pudiendo ser de dos clases: los carotenos, que son de color rojo, y las xantófilas, que son de color amarillento.

Como los pigmentos fotosintéticos tienen enlaces covalentes sencillos que se alternan con enlaces covalentes dobles, se favorece la existencia de electrones libres que no pueden atribuirse a un átomo concreto.

Cuando incide un fotón sobre un electrón de un pigmento fotosintético de antena, el electrón capta la energía del fotón y asciende a posiciones más alejadas del núcleo atómico. En el supuesto caso de que el pigmento estuviese aislado, al descender al nivel inicial, la energía captada se liberaría en forma de calor o de radiación de mayor longitud de onda (fluorescencia). Sin embargo, al existir diversos tipos de pigmentos muy próximos, la energía de excitación captada por un determinado pigmento puede ser transferida a otro al que se induce el estado de excitación. Este fenómeno se produce gracias a un estado de resonancia entre la molécula dadora relajada y la aceptora. Para ello se necesita que el espectro de emisión del primero coincida, al menos en parte, con el de absorción del segundo.

Los excitones se transfieren siempre hacia los pigmentos que absorben a mayor longitud de onda, continuando el proceso hasta alcanzar el pigmento fotosintético exacto.

5.2. Cloroplasto.

De entre todas las células eucariotas, solamente las fotosintéticas poseen cloroplastos. Estos orgánulos son utilizados

para aprovechar la energía solar para crear ATP y NADPH. Estos compuestos

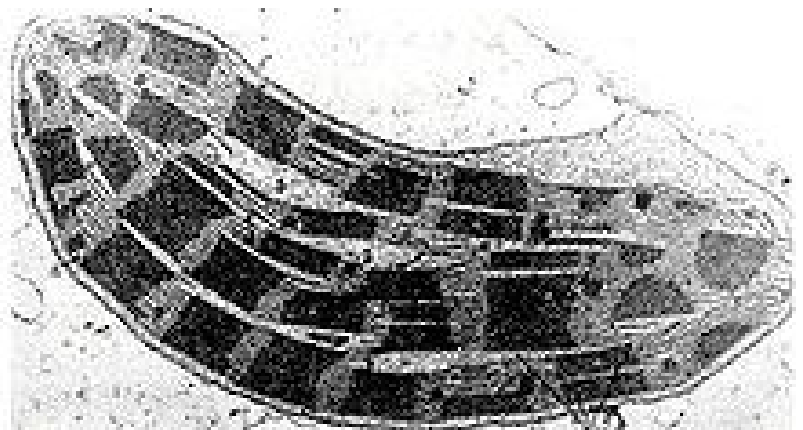


IMAGEN 25. Cloroplasto visto mediante un microscopio electrónico.

servirán para preparar azúcares y otros compuestos orgánicos útiles para las células.

Al igual que las mitocondrias, el cloroplasto posee su propio ADN.

5.2.1. Estructura y abundancia.

Se distinguen por ser unas estructuras de diferentes formas y de color verde a causa del pigmento llamado clorofila que tiene en su interior. Además, presentan una envoltura formada por una doble membrana que carece de clorofila y colesterol: una membrana plastidial externa y una membrana plastidial interna.

En las plantas superiores, la forma que con mayor frecuencia presentan los cloroplastos es la de disco lenticular, aunque también existen algunos de aspecto ovoidal o esférico.

Con respecto a su número, se puede decir que en torno a cuarenta y cincuenta cloroplastos coexisten, de media, en una célula de una hoja; y existen unos 500.000 cloroplastos por milímetro cuadrado de superficie foliar.

No sucede lo mismo entre las algas, pues los cloroplastos de éstas no se encuentran tan determinados ni en número ni en forma. Por ejemplo, en el alga *Spirogyra* únicamente existen 2 cloroplastos con forma de cinta en espiral, y en el alga *Chlamydomonas*, sólo hay uno de grandes dimensiones.

En el interior y delimitado por una membrana plastidial interna, se ubica una cámara que alberga un medio interno con un elevado número de componentes (ADN plastidial, circular y de doble hélice, plastorribosomas, enzimas e inclusiones de granos de almidón y las inclusiones lipídicas); es lo que se conoce por el nombre de estroma.

Inmerso en él se encuentran una gran cantidad de sáculos denominados tilacoides, que contienen pigmentos fotosintéticos en su membrana tilacoidal (cuya cavidad interior se llama lumen o espacio tilacoidal).

Los tilacoides pueden encontrarse repartidos por todo el estroma (tilacoides del estroma), o bien, pueden ser pequeños, tener forma discoidal y encontrarse apilados originando unos montones, denominados grana (tilacoides de grana).

Es en la membrana de los grana donde se ubican los sistemas enzimáticos encargados de captar la energía lumínica, llevar a cabo el transporte de electrones y sintetizar ATP.

5.2.2. Función.

El cloroplasto es el orgánulo donde se realiza la fotosíntesis de los organismos eucariotas autótrofos. El conjunto de reacciones de la fotosíntesis es realizada gracias a todo un complejo de moléculas presentes en el cloroplasto, una en particular, presente en la membrana de los tilacoides, es la responsable de tomar la energía del Sol, es llamada clorofila a.

Existen dos fases, que se desarrollan en compartimentos distintos:

- Fase luminosa: Se realiza en la membrana de los tilacoides, donde se halla la cadena de transporte de electrones y la ATP-sintetasa responsables de la conversión de la energía lumínica en energía química (ATP) y de la generación de poder reductor (NADPH).
- Fase oscura: Se produce en el estroma, donde se halla el enzima RuBisCO, responsable de la fijación del CO₂ mediante el ciclo de Calvin.

5.3. Clorofila.

La clorofila, el pigmento verde común a todas las células fotosintéticas, absorbe todas las longitudes de onda del espectro visible, excepto las de la percepción global del verde, detectado por nuestros ojos.

Tal como se observa en la fórmula, la clorofila es una molécula compleja que posee un átomo de magnesio en el centro, mantenido por un anillo de porfirinas. Numerosas modificaciones de la clorofila se encuentran entre las plantas y otros organismos fotosintéticos (plantas, algunos protistas, proclorobacteria y cianobacterias).

Los pigmentos accesorios que incluyen a la clorofila beta (también c, d, y e en algas y protistas) y los carotenoides, como el beta caroteno y las xantófilas (carotenoide de color amarillo), absorben la energía no absorbida por la clorofila.

La clorofila a ($R = -CHO$) absorbe sus energías de longitudes de onda correspondientes a los colores que van del violeta azulado al anaranjado-rojizo y rojo.

Los carotenoides y la clorofila b absorben en la longitud de onda del verde. Ambas clorofilas también absorben en la región final del espectro (anaranjado - rojo), o sea a longitudes de onda larga y menor cantidad de energía. El origen de los organismos fotosintéticos en el mar da cuenta de esto. Las ondas de luz más cortas (y de mayor energía) no penetran más allá de los 5 metros de profundidad en el mar. La habilidad para obtener energía de las ondas más largas (y penetrantes en este caso) pudo constituir una ventaja para las primeras algas fotosintéticas que no podían permanecer en la zona superior del mar todo el tiempo.

Si un pigmento absorbe luz, puede ocurrir una de estas tres cosas:

- La energía se disipa como calor
 - La energía se emite inmediatamente como una de longitud de onda más larga, fenómeno conocido como fluorescencia.
 - La energía puede dar lugar a una reacción química como en la fotosíntesis.
- La clorofila solo desencadena una reacción química cuando se asocia con una proteína embebida en una membrana (como en el cloroplasto) o los repliegues de membrana encontradas en ciertos procariotas fotosintéticos como las cianobacterias y ploclorobacteria.

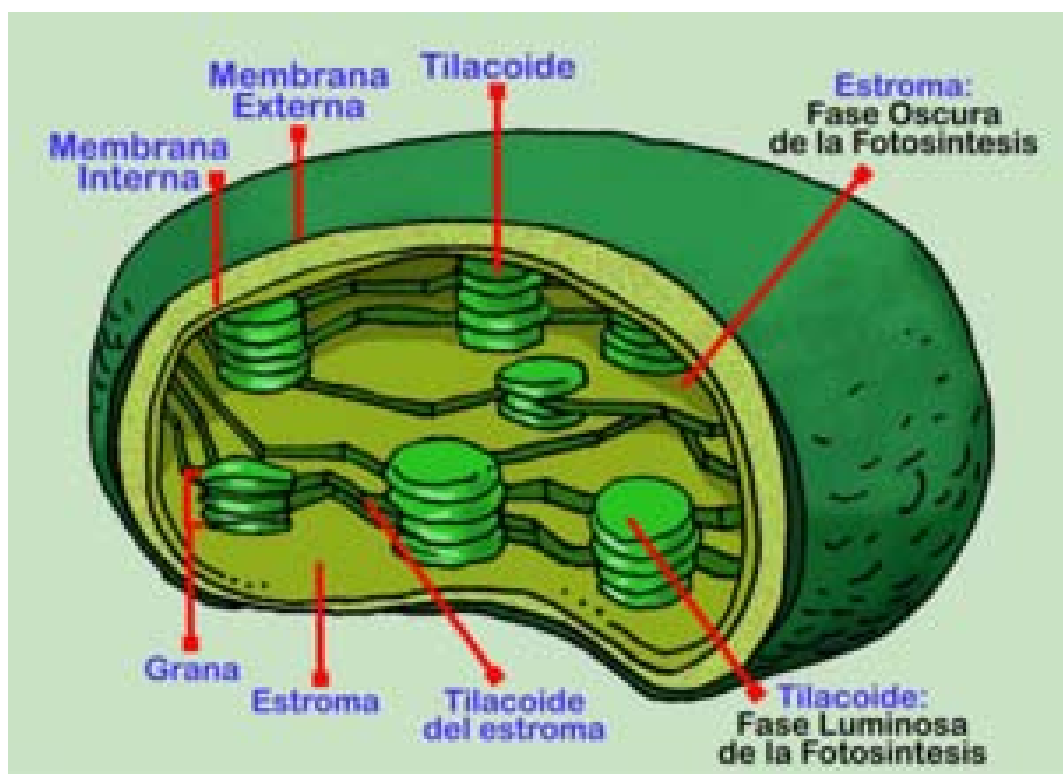


IMAGEN 26 . Estructura del cloroplasto.

VII. EL ESPECTRO **ELECTROMAGNÉTICO**

1. EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Se denomina espectro electromagnético, o simplemente espectro, a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas. Dicho de otro modo, el espectro electromagnético es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles.

El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética del mismo; es decir, es la radiación electromagnética que emite (espectro de emisión) o absorbe (espectro de absorción) una sustancia. Dicha radiación sirve para identificar la sustancia de manera semejante a una huella dactilar.

Los espectros se pueden observar mediante espectroscopios, que son instrumentos destinados al análisis de la luz. Este dispositivo permite ver tanto el espectro como realizar medidas sobre el mismo, como son la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad de la radiación.

El espectro electromagnético tiene longitudes de onda muy variadas y se extiende desde las bajas frecuencias usadas para la radio moderna (extremo de mayor longitud de onda) hasta los rayos X y los rayos gamma (extremo de menor longitud de onda), pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos.

El espectro electromagnético cubre longitudes de onda de entre miles de kilómetros y la fracción del tamaño de un átomo. Se piensa que el límite de la longitud de onda corta está en las cercanías de la longitud Planck, mientras que el límite de la longitud de onda larga es el tamaño del universo mismo, aunque en principio el espectro sea infinito y continuo.

En cuanto a la energía, las ondas electromagnéticas de alta frecuencia, que tienen una longitud de onda corta, poseen mucha energía; mientras que las ondas de baja frecuencia, que tienen una longitud de onda larga, conservan poca energía.

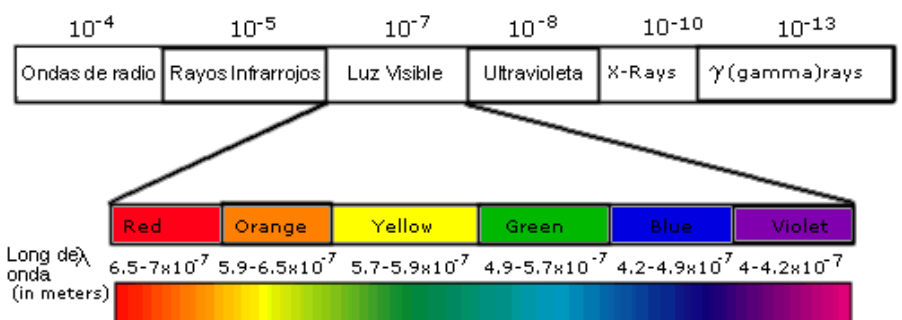


IMAGEN 27 . Espectro lumínico.

Como ya sabemos, la frecuencia y la longitud de onda están relacionadas mediante la siguiente expresión: $f = c / \lambda$; siendo f la frecuencia, c la velocidad de la luz

en el vacío (299.792.458 m/s) y λ la longitud de onda.

Además, la energía electromagnética en una determinada longitud de onda λ en el vacío tiene una frecuencia f asociada y una energía de fotón E . Por tanto, el espectro electromagnético puede ser expresado igualmente en cualquiera de esos términos. Por consecuencia, se obtiene la siguiente ecuación $E = h c / \lambda$, donde h es la constante de Planck y tiene un valor de $6,626069 \times 10^{-34}$ julios por segundo; o lo que es lo mismo y más simplificado: $E = h f$.

1.1. Clasificación del espectro electromagnético.

Generalmente, las radiaciones electromagnéticas se clasifican dependiendo de su longitud de onda, y quedan divididas en ondas de radio, microondas, infrarrojos, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

Por consecuencia, el comportamiento de las radiaciones electromagnéticas depende de su longitud de onda.

1.1.1. Ondas de radio.

Son las radiaciones electromagnéticas que tienen la longitud de onda más larga: van desde millones de metros hasta unos 30 cm (frecuencia entre 10^2 y 10^9 Hz). En este tipo de ondas van incluidas las ondas largas de radio con longitudes de onda del orden de kilómetros; las de radio AM (centenas de metro), las de FM y televisión (metros) y las de onda corta, de centímetros de longitud.

Las ondas de radio suelen ser utilizadas mediante antenas del tamaño apropiado (según el principio de resonancia) y se usan para la transmisión de datos, a través de la modulación. La televisión, los teléfonos móviles, las resonancias magnéticas, o las redes inalámbricas y de

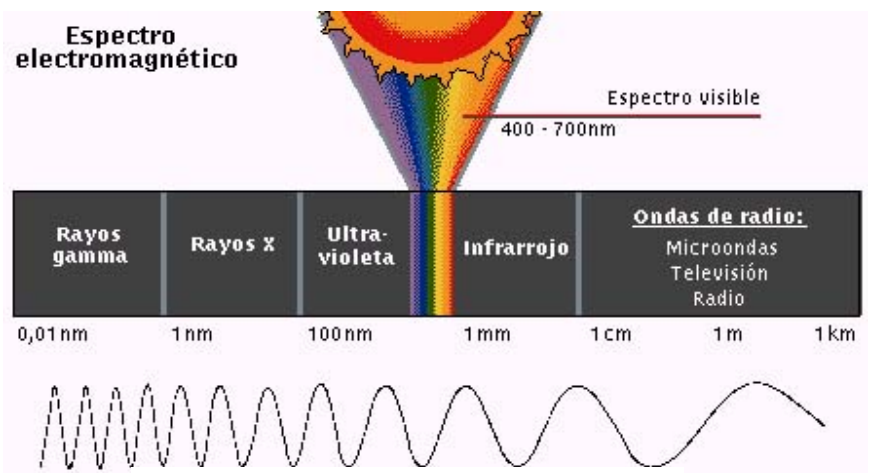


IMAGEN 28. Espectro electromagnético.

radio-aficionados, son algunos usos populares de las ondas de radio.

Las ondas de radio pueden transportar información variando la combinación de amplitud, frecuencia y fase de la onda dentro de una banda de frecuencia. Cuando la radiación electromagnética impacta sobre un conductor, se empareja con él y viaja a lo largo del mismo, induciendo una corriente eléctrica en la superficie de ese conductor

mediante la excitación de los electrones del material de conducción. Este efecto (el efecto piel) se usó en las antenas. La radiación electromagnética también puede hacer que ciertas moléculas absorban energía y se calienten, una característica que se utiliza en las microondas.

1.1.2. Microondas.

Comprenden las longitudes de onda que abarcan desde los 30 cm hasta 1 mm (frecuencias entre 10^9 y $3 \cdot 10^{11}$ Hz). La frecuencia muy alta (SHF) y la frecuencia extremadamente alta (EHF) de las microondas son las siguientes en la escala de frecuencia. Las microondas son ondas lo suficientemente cortas como para emplear guías de ondas metálicas tubulares de diámetro razonable. Las microondas son absorbidas por las moléculas que tienen un momento dipolar en líquidos. Esto se debe a que el rango de frecuencias de las microondas coincide con las frecuencias de resonancia de vibración de las moléculas del agua, lo que ha popularizado su empleo en las cocinas (horno microondas) para la cocción de los alimentos, que tienen un alto contenido en agua.

En un horno microondas, este efecto se usa para calentar la comida. Además, la radiación de microondas de baja intensidad se utiliza en las redes Wi-Fi.

También se utilizan en las comunicaciones con vehículos espaciales, debido a su facilidad para penetrar en la atmósfera.

El resto de radiaciones electromagnéticas se explicarán más tarde.

2. LA NATURALEZA DE LA LUZ.

La luz blanca se descompone en diferentes colores, que representan las diversas longitudes de onda, cuando pasa por un prisma. La longitud de onda se define como la distancia de pico a pico (o de valle a valle).

En cuanto a la energía, es inversamente proporcional a la longitud de onda: las longitudes de onda larga tienen menor energía que las cortas.

La distribución de los colores en el espectro está determinada por la longitud de onda de cada uno de ellos. La luz visible es una pequeña parte del espectro electromagnético. Cuanto más larga la longitud de onda de la luz visible es más rojo el color. Así mismo las longitudes de onda corta están en la zona violeta del espectro. Las longitudes de onda más largas que las del rojo se denominan infrarrojas, y aquellas más cortas que el violeta, ultravioletas.

La luz tiene una naturaleza dual: se comporta como onda y partícula. Entre las propiedades de la onda luminosa se incluyen la refracción de la onda cuando pasa de un material a otro. El efecto fotoeléctrico demuestra el comportamiento de la luz como partícula. El zinc se carga positivamente cuando es expuesto a luz ultravioleta en razón de que la energía de las partículas luminosas elimina electrones del zinc. Estos electrones pueden crear una corriente eléctrica. El sodio, potasio y selenio tienen longitudes de onda críticas en el rango de la luz visible. La longitud de onda crítica es la mayor longitud de onda (visible o no) que puede causar un efecto fotoeléctrico. Albert Einstein desarrolló en 1905 la teoría de que la luz estaba compuesta de unas partículas denominadas fotones, cuya energía era inversamente proporcional a la longitud de onda de la luz. La Luz por lo tanto tiene propiedades explicables tanto por el modelo ondulatorio como por el corpuscular.

3. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA LUZ Y SU RELACION CON LAS PLANTAS.

La luz es uno de los tres factores de mayor importancia a la hora de crecimiento y desarrollo de las plantas, al igual que el oxígeno, el dióxido de carbono y los minerales. Es vital para llevar a cabo los procesos fisiológicos de las plantas, siendo el proceso más importante el de la fotosíntesis.

La mayor parte de la luz que absorben las plantas se transforma en calor, solamente una pequeña parte del espectro es esencial para el crecimiento. Para mejorar su desarrollo con luz artificial, esta debe cumplir que la irradiación de crecimiento resulte suficiente. Para los agricultores la ventaja de los LEDs es que permiten eliminar todas las longitudes de onda de luz normal que son inactivas para la fotosíntesis, obteniendo un ahorro respecto a las lámparas convencionales.

En los rayos de sol podemos encontrar una amplia gama de radiaciones. Las más interesantes son las PAR ya que el resto solo afecta principalmente a la temperatura.

Y dentro de la radiación PAR, el rojo y el azul son los colores que mayor impacto transmiten a las plantas. Las



IMAGEN 30. Luz y plantas.

plantas no absorben el color verde, por ello se ven verdes sus hojas ya que rechazan la mayoría de los rayos de luz verde. La luz roja es la que estimula la floración pero ha de ser combinada con el azul para seguir su desarrollo molecular y proteínico.

Las plantas usan la luz comprendida entre los 400-700 nm (conocida como radiación PAR, radiación fotosintéticamente activa, o luz de crecimiento), variando el efecto de la longitud de onda según las horas del día y los estados de crecimiento de la planta. El espectro de la radiación recibida puede afectar a propiedades como el aspecto y el momento de la floración, y, por ejemplo, para plantas con aplicaciones medicinales, puede afectar al sabor, al olor y al valor farmacéutico y/o nutricional.

Hay que indicar que, en el estudio de la irradiación fotosintética con radiación PAR, es fundamental conocer la cantidad de fotones (PPF, Photosynthetic Photon Flux) responsable de la excitación de la clorofila, y que esta depende de la longitud de onda. Así, la cantidad de fotones es mayor en la franja roja del espectro que en la azul, por lo que los vegetales emplean de forma más eficiente la radiación de la región del rojo.

La luz actúa sobre la asimilación del carbono, la temperatura de las hojas y en el balance hídrico, y en el crecimiento de los órganos y tejidos, principalmente en el desarrollo de los tallos, expansión de las hojas y en la curvatura de los tallos. Interviene también en la germinación y en la floración. La luz y la temperatura están directamente correlacionadas. En mayores niveles de luz hay mayor temperatura y esto incrementa la transpiración y el consumo de agua. A mayor iluminación en el interior de un invernadero se debe aumentar la temperatura, la humedad relativa y el gas carbónico (CO₂), para que la fotosíntesis sea máxima. Por el contrario, con falta de luz pueden descender las necesidades de los demás factores.

4. LA FOTOMORFOGÉNESIS.

Es un proceso por el cual las plantas captan la luz a diferentes longitudes y estas señales luminosas generan cambios fisiológicos que afectan el crecimiento, desarrollo y la diferenciación vegetal.

La fotomorfogénesis se define como el crecimiento y desarrollo directamente dependientes de la luz pero no relacionados con la fotosíntesis. Los fenómenos fotomorgénicos son respuestas de alta intensidad, y muestran dependencia con la irradiación. La fotomorfogénesis es, en última instancia, la adquisición de la forma a través de la modulación del crecimiento y el desarrollo por la luz. En la planta, el sensor

que capta la cantidad, calidad, dirección y periodicidad de la luz es el fotocromo.

Las moléculas involucradas se llaman fotorreceptores, y son:

- Fitocromos
- Criptocromos
- Fotorreceptores de luz UV: absorben radiaciones UV entre 280 y 320 nm.
- Fotoclorofilina a: absorbe luz roja y azul; una vez reducido da clorofila a.

Aún no se entiende la manera en que los fotorreceptores propician la fotomorfogénesis. Aparentemente existen dos tipos principales de efectos que difieren en su velocidad:

- Rápido: actuaría sobre la permeabilidad de las membranas.
- Lento: actúa sobre la expresión genética.

5. EFECTO DE LA LUZ EN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.

Del mismo modo que los seres humanos estamos más felices y saludables cuando recibimos la luz solar adecuada, también lo están las plantas y la vegetación. La luz del sol, u otro medio de iluminación artificial, es esencial para ayudar a una planta a crecer hasta la madurez.

También es necesario ayudarla a obtener los nutrientes que necesita para el crecimiento y convertirse en una planta fuerte y saludable.

5.1. Sol.

La luz actúa como una fuente de energía para ayudarla a separar los carbohidratos del dióxido de carbono. La humedad se mezcla con esto y se convierte en una glucosa que alimenta la planta. Ella a su vez libera el oxígeno en el aire para hacer más limpio el aire que respiramos.

5.2. Ciclo.

La cantidad de luz que recibe la planta afectará de forma significativa su ciclo de crecimiento, ya que se está privando de los ingredientes necesarios para alimentarse.

Algunas plantas tienen un apetito saludable y requieren más luz que otras, para seguir creciendo y mantenerse saludable.

5.3. Sombra.

Algunas plantas requieren incluso un período variado de sombra u oscuridad con

el fin de terminar su desarrollo. Las que entran en esta categoría son las plantas con flores. Ellas requieren un tiempo de oscuridad para que sus flores se conviertan en grandes visiones espectaculares. Afortunadamente, la mayoría de ellas y los arbustos que compramos hoy en día vienen con etiquetas que nos dicen las mejores condiciones de crecimiento y la cantidad de luz que necesitan.

5.4. Importancia.

La luz ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y florecimiento provocando el proceso de fotosíntesis por el cual las plantas obtienen energía. Las plantas dependen de la luz para producir su alimento, inducir el ciclo de crecimiento y permitir un desarrollo sano. Sin luz, ya sea natural o artificial, la mayoría de las plantas no podrían crecer ni reproducirse, la fotosíntesis no tendría lugar sin la energía absorbida de la luz solar y no habría oxígeno suficiente para que continúen viviendo.

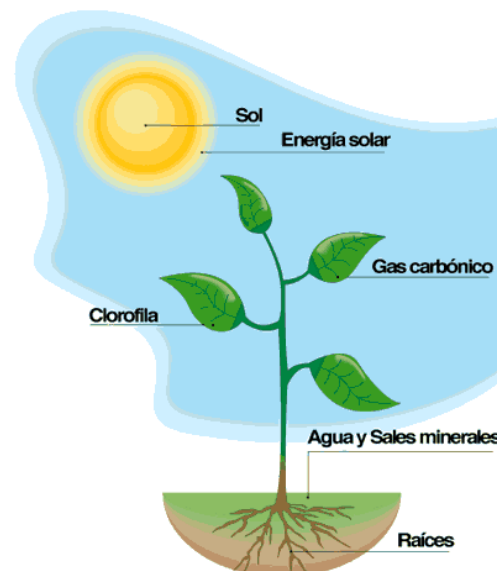


IMAGEN 31. La planta y sus componentes.

5.5. Función.

La fotosíntesis es el proceso que permite convertir dióxido de carbono en compuestos orgánicos usando energía de la luz solar o artificial. Las plantas emplean el agua y el dióxido de carbono para generar alimento y despedir el oxígeno en la atmósfera, un proceso natural que sirve para alimentar todas las demás formas de vida del planeta. El pigmento verde clorofila, que la mayoría de las plantas contienen, es el que absorbe la luz.

5.6. Tipos.

La luz del día natural que proviene de la parte azul del espectro es óptima para la etapa inicial del crecimiento de la planta. La luz artificial funciona casi igual de bien (la fluorescente, incandescente, LED o las lámparas de descarga de alta intensidad, como la alógena o la de sodio de presión elevada). La mejor opción para la iluminación interna son las lámparas de descarga de alta intensidad, pues permiten controlar el ambiente y estimulan una producción y desarrollo rápidos de las semillas.

5.7. Características.

En la etapa de florecimiento la planta necesita luz de las secciones rojas y naranjas del espectro. Esta etapa puede inducirse artificialmente si se reducen la cantidad de luz y de horas de exposición. La planta sabe que debe comenzar a

reproducirse e iniciar su etapa de florecimiento, por lo que deja una semilla para la siguiente estación y finalmente alcanza la inactividad.

5.8. Consideraciones.

La luz es sólo uno de los tantos factores que influyen en el crecimiento de las plantas. Las condiciones climáticas, la altitud, el tiempo, el fertilizante y el control de plagas también afectan el desarrollo y la producción. Con el empleo de luz artificial es posible manipular el ambiente de crecimiento y acelerar la producción.

5.9. Comprendiendo las longitudes de onda.

Las plantas producen energía a partir de la luz mediante la fotosíntesis. La mejor luz para este proceso es la solar, que contiene todas las longitudes de onda. La luz visible y la que las plantas necesitan tiene una longitud de onda de entre 400 y 700 nanómetros. Esto es lo que se ve, por ejemplo, cuando el agua divide la luz solar en un arco iris.

5.10. Las longitudes de onda favoritas de las hierbas.

La sustancia que inicia la fotosíntesis en las hojas de una hierba es llamada clorofila. Existen varios tipos diferentes de clorofila, pero cada una realiza su mejor trabajo bajo longitudes de onda de entre 400 y 500 nanómetros, y también a aproximadamente 650 nanómetros. La clorofila aún funciona en los otros rangos pero no de forma tan efectiva.

5.11. Iluminación de interiores incorrecta.

Las plantas crecerán mejor cerca de una ventana, de forma que cojan más luz solar, y orientada hacia el sur. Sin embargo el invierno también trae consigo un clima nublado y poco iluminado, y las hierbas podrían no recibir las horas de luz que necesitan cada día para crecer.

La mayoría de las bombillas incandescentes y fluorescentes que se venden para uso en el hogar producen una luz cálida que las personas consideran reconfortante. Esta luz cálida puede proporcionar los 650 nanómetros de longitud de onda que las plantas necesitan, pero no las longitudes de onda más cortas.

5.1.2. Mejora de la luz de interiores.

Para mejorar la capacidad de crecimiento de las hierbas en el interior se pueden comprar dos tipos de bombillas de luz, una de luz cálida y una de luz fría, para proporcionar todas las longitudes de onda que las hierbas necesitan.

Otra opción es buscar una bombilla etiquetada como "espectro completo" o "luz blanca". Estas proporcionan el rango completo de longitudes de onda de la luz visible y

ayudan a las hierbas a crecer de un modo más favorable.

6. LOS ESPECTROS Y SUS EFECTOS SOBRE LAS PLANTAS

El espectro electromagnético que es usado por las plantas para realizar la fotosíntesis es el espectro de luz visible, ya que tiene fotones cuya longitud de onda es ideal para que las células realicen la fotosíntesis.

La clorofila es la molécula encargada de absorber la máxima longitud de onda de todos los colores del espectro electromagnético (haz de luz blanca) desde el rojo en un extremo hasta el azul en el otro, salvo el color verde.

6.1. Rayos γ .

Las longitudes de onda de los rayos gamma van desde los 10-11m hasta valores infinitesimales. En cuanto a su frecuencia, es muy alta (valores superiores a $3 \cdot 10^{19}$ Hz), así como su energía.

Principalmente se producen por elementos radiactivos (como ocurre en las reacciones nucleares) o por fenómenos astrofísicos.

Son muy peligrosos para cualquier forma de vida, incluidas las plantas, ya que producen mutaciones y alteraciones en el ADN.

Entre sus efectos positivos se encuentra su utilidad en radioterapia para combatir células cancerosas.

6.2. Rayos X.

Los rayos X tienen longitudes de onda comprendidas entre 1 nm y 10-11m y su frecuencia abarca entre $3 \cdot 10^{17}$ y $3 \cdot 10^{19}$ Hz. El tamaño de estas longitudes de onda es equiparable al de los átomos y a las distancias interatómicas en los sólidos.

Efectos de la luz en las plantas.

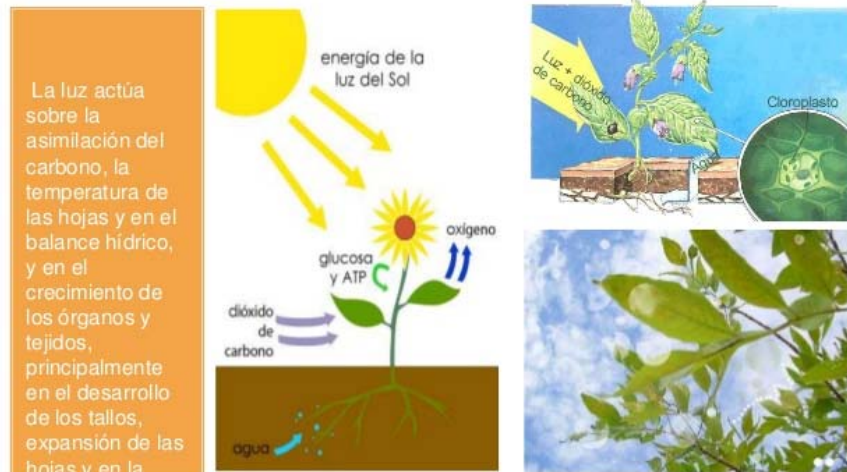


IMAGEN 32. Efecto de la luz en las plantas.

Son útiles, por ejemplo, en medicina, para realizar radiografías. Tienen mucha energía y son peligrosos por lo que las dosis de las radiografías se miden cuidadosamente.

Para las plantas, al igual que para los seres humanos, no son perjudiciales las bajas dosis de rayos X. Sin embargo, estos rayos son muy perjudiciales en cantidades masivas. Tal y como hacen todos los rayos ionizantes, produce alteraciones en el ADN, por lo que pueden aparecer malformaciones u otro tipo de consecuencias.

6.3. La radiación ultravioleta.

La radiación ultravioleta (UV) es un tipo de radiación que se encuentra más allá de la violeta. Tiene una longitud de onda más corta y de mayor energía que la luz de color azul. Sus frecuencias abarcan entre $7 \cdot 10^{14}$ y $3 \cdot 10^{17}$ Hz.

Su energía es mayor que la de la luz azul, y posee la suficiente como para romper los enlaces químicos o producir ionizaciones.

La delgada capa de ozono atmosférico absorbe gran parte de la radiación ultravioleta que llega a la Tierra y que, de otra manera, sería letal para los seres de nuestro planeta. A pesar de ello, la radiación ultravioleta es la responsable del tono moreno de nuestra piel.

Tiene demasiada energía para ser absorbida por las plantas u otros organismos durante la fotosíntesis, por lo que las plantas desarrollan mecanismos para protegerse a sí mismas.

La planta activa una clase secundaria de pigmentos, los flavonoides y las antocianinas, para absorber la radiación UV, con el objetivo de proteger el proceso de la fotosíntesis.

La región ultravioleta del espectro solar se puede dividir en 3 partes: UV-A, UV-B y UV-C.

6.3.1. UV-C 200-280nm.

Afortunadamente, el ozono de la atmósfera lo filtra casi en su totalidad y la intensidad de esta radiación en la superficie de la Tierra es prácticamente nula, permitiéndonos vivir a todos los seres del planeta. Se suele usar como germicida en conductos de ventilación, limpieza de equipos médicos o purificadores de agua.

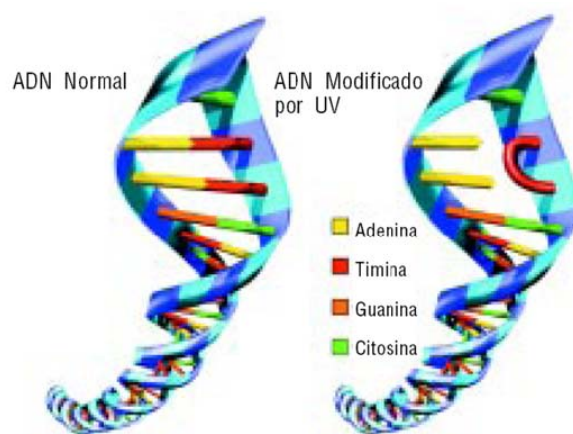


IMAGEN 33. Efecto de los rayos UV en el ADN.

En cuanto a las plantas, se suele utilizar en cultivos de interior con el fin de eliminar olores.

6.3.2. UV-B 280-315nm.

Es la radiación en la parte media ultravioleta del espectro electromagnético. La UV-B provoca respuestas de estrés, inhibición de la fotosíntesis y daños en el ADN. Como defensa ante estos perjuicios, las plantas producen o acumulan pantallas solares que absorben UV-B.

Un estudio realizado en la Universidad de Tarapacá (Chile) indica que esta radiación produce plantas caracterizadas principalmente por tallos y ramas cortas, resultando plantas de morfología mas bien compacta y pequeña. Esto se observa, por ejemplo, en plantas que se hallan en regiones altas de la montaña.

Por consecuencia, se ha sugerido la hipótesis de que el mecanismo por el cual la radiación UV-B reduce la longitud del tallo es la oxidación de fitohormonas (hormonas vegetales) encargadas del tamaño de las células, como el ácido indolacético, el cual es susceptible a ser degradado por dicha radiación.

Uno de los mecanismos de adaptación a radiaciones UV-B mas documentado es el aumento de la producción de metabolitos secundarios, tales como los fenoles y flavonoides, que se acumulan en las células de la dermis de diversas especies vegetales y reducen el efecto perjudicial de las UV-B sobre los distintos componentes celulares, al tratarse de compuestos que absorben la radiación entre los 280 y 360nm.

Los alcaloides (como la atropina, morfina, codeína, heroína, nicotina, cafeína o cocaína) son compuestos ampliamente reconocidos por su efecto farmacológico; y en las plantas actúan como agentes defensivos.

Los efectos perjudiciales del exceso de esta radiación pueden llegar a impedir el crecimiento de las plantas o producir daños en el plancton marino, lo que podría dar lugar a un desequilibrio ecológico importante.

6.3.3. UV-A 315-400nm.

La incidencia de los rayos UV-A resulta beneficiosa para la vida en el planeta. Entre sus virtudes, figura la de ser un catalizador de vitaminas y la de contribuir a la fijación del calcio en los huesos, de ahí la importancia de tomar sol, siempre que sea de forma moderada y con niveles adecuados de radiación UV-B.

En cuanto a las plantas, la fotosíntesis comienza a actuar a partir de los 380nm, por lo que su efecto en este campo es casi nulo.

6.4. Luz visible.

La luz visible es la que nuestros ojos es capaz de captar. Es la región más estrecha del espectro electromagnético, ya que abarca sólo las longitudes de onda comprendidas entre 10^{-6} m y 390 nm (frecuencias entre $3 \cdot 10^{14}$ y $73 \cdot 10^{14}$ Hz). A su vez, la luz visible se subdivide en los colores del arco iris:

6.4.1. El azul 400-500nm.

La luz azul tiene las longitudes de onda más cortas y la energía más alta del espectro de luz visible.

Actúa sobre la fotosíntesis y reprime o impide el crecimiento de las plantas, por lo que puede ser usado como alternativo a los productos químicos que retardan el crecimiento vegetal en cuanto a la altura. El uso de la luz azul para inhibir la elongación de las plantas ha sido previamente documentado por otros estudios. De este modo, la luz azul es útil para producir plantas con un crecimiento más compacto.

Además, se facilita la aclimatación de los cultivos in vitro contribuyendo al crecimiento de las plantas.

Por otro lado, esta luz afecta a la cantidad de agua que las plantas retienen, por lo que es la principal responsable del crecimiento de la hoja vegetativa. La luz azul también estimula la producción del pigmento de la clorofila y acelera las reacciones fotosintéticas. Al mismo tiempo, los carotenoides absorben la luz azul durante la maduración de los frutos y la caída de las hojas. La luz azul sirve para fomentar el crecimiento de hojas y tallos.

Y se manifiesta dando plantas cortas y con entrenudos también cortos, fuertes y vigorosas. Por lo tanto, su ausencia proporciona plantas enfermizas, delgadas y delicadas.

6.4.2. El verde 520-530 nm.

La mayoría de las plantas reflejan la luz verde, y esta es la razón por la cual las plantas tienen este color. Por consecuencia, las plantas absorben muy poca luz verde; es decir, la luz verde es absorbida débilmente por las plantas y otros organismos durante la

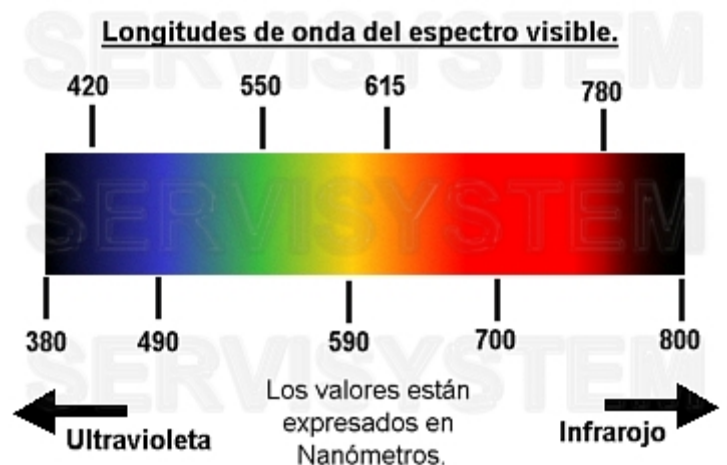


IMAGEN 34. Espectro de luz visible.

fotosíntesis, pero esta pequeña cantidad es muy importante para realizar este proceso. Por lo que este color tiene muy poco efecto sobre estas, pero no nulo.

Por otro lado, algunas algas parecen negras o marrones ya que contienen el pigmento carotenoide de fucoxantina que absorbe la luz verde. Estas algas crecen en aguas profundas, a unos 300 metros, donde la luz disponible es menos del 1 por ciento de la luz visible en la superficie de la tierra.

6.4.3. El amarillo 530-600 nm.

Se dice que es a partir de este espectro desde donde se empieza a controlar el fotoperiodo, ya que es donde comienza el segundo campo de actuación de las clorofilas.

El lado negativo es que es un color atractivo para ciertas alimañas y mosquitos, lo cual puede influir negativamente en las plantas.

6.4.4. El ambar 600-620 nm.

Esta parte del espectro entra dentro de las bandas que se encargan de controlar el fotoperiodo. Con él, las plantas controlan el ciclo diario de la luz (día y noche), abriendo o cerrando las hojas o los pétalos de ciertas flores.

También ayuda a reconocer el estado anual de la luz y, por tanto, el momento idóneo para florecer. El ámbar posee más propiedades para la fotosíntesis que otro tipo de espectros como, por ejemplo, el color amarillo de la luz visible.

6.4.5. El rojo 630-700 nm.

La luz roja tiene una de las longitudes de onda más largas del espectro visible, y la energía más baja. A pesar de que la clorofila no absorbe la luz roja en tan alto grado como otros colores del espectro visible, las bandas de color rojo fomentan el crecimiento del tallo e inducen la germinación de las semillas, el proceso del brote y la floración y el desarrollo de raíces y tubérculos, al desencadenar la liberación de hormonas.

También actúan sobre el enraizamiento de las plantas y es el causante de repeler gran mayoría de insectos y plagas.

6.4.6. El rojo lejano 700-800 nm.

Desempeña un papel importante en el crecimiento de las plantas. Es un factor de importancia a la hora de potenciar la respuesta de la planta para evitar la sombra (estirándose, por ejemplo).

Es un color poco visible, y representa el 1,2% de la luz solar, bajo una cubierta de hojas tan solo el 0,88% y bajo 5mm del suelo el 0,13%, los cuales son datos a tener en cuenta.

6.5. El infrarrojo 800-2500 nm.

El infrarrojo (IR) tiene una longitud de onda mayor que la luz roja, pero posee menos energía. Sus frecuencias abarcan entre $3 \cdot 10^{11}$ y $3 \cdot 10^{14}$ Hz. La mitad de la energía irradiada por el Sol son los rayos infrarrojo.

Los rayos infrarrojo son emitidos por los cuerpos calientes, por lo que la temperatura es uno de los factores más importantes a tener en cuenta en la creación de un ambiente en el cultivo (principalmente de interior), ya que es el que mas influye sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

IX. RESULTADOS

1. GERMINACIÓN.

Cada serie de que se han cultivado contaba con 4 macetas cada una con una condición lumínica diferente y cada maceta a su vez con 6 plantas lo que deja un total de 24 semillas plantadas por cada una de las series.

Según los resultados de la germinación en las tres series, cabe destacar que han sido muy buenos puesto que han germinado la mayoría plantas que se han cultivado (Ver **CUADRO 1**).

Color	Macetas	Germinación -número-	Germinación -%-
Azul/Amarillo	A	6	100,00
Rojo/Blanco	B	5	83,33
Verde/Blanco	C	5	83,33
Luz solar	D	5	83,33
TOTAL		21	87,50

CUADRO 1. Porcentajes de la tasa de germinación.

En total de las 24 plantas que se han cultivado un total de 21 han conseguido llegar a desarrollarse lo que les da un porcentaje medio del 87,50%.

Si se mira detenidamente maceta por maceta la que más éxito ha tenido ha sido la maceta A con un 100% de plantas que han germinado, las luces que alumbraron esta maceta tenían color azul y amarillo. En el resto de macetas han germinado 5 de las 6 semillas que se plantaron lo que le da a cada una un porcentaje del 83,33% de éxito a la hora de la germinación, entre estas macetas se encuentran las macetas B, C y D que estaban iluminadas por bombillas de color rojo y blanco, verde y blanco y también la que estaba alumbrada por la luz solar.

2. ALTURA DE LAS PLANTAS.

2.1. General.

En cuanto a la altura de las plantas, se tuvo en cuenta el tamaño medio de las 3 series de plantaciones realizadas. Como ya se ha comentado anteriormente, había 4 macetas (numeradas con las letras A, B, C y D), y cada una de ellas tenía 6 semillas.

Maceta	Semilla	Altura final -cm-	Altura media -cm-	Altura media -cm-
A	1	43	37,17	29,02
	2	33		
	3	33		
	4	32		
	5	41		
	6	41		
B	1	29	22,5	
	2	30		
	3	 		
	4	27		
	5	0,5		
	6	26		
C	1	39	36,20	
	2	 		
	3	29		
	4	43		
	5	37		
	6	33		
D	1	26	18,6	
	2	 		
	3	34		
	4	12		
	5	19		
	6	2		

CUADRO 2. Altura final de las plantas.

La primera maceta, la A, se encontraba iluminada por los colores azul y amarillo. Todas las semillas de esta maceta llegaron a germinar y todas ellas alcanzaron una altura notablemente alta, sobrepasando los 30 cm de longitud. La planta de mayor tamaño alcanzó los 43 cm y la de menor tamaño llegó a medir 32 cm. El resto de valores fueron 33, 32 y 41 cm. La altura media de todas las plantas de la maceta A fue de 37,17 cm, y esta fue la altura media más alta teniendo en cuenta todas las macetas (Ver **CUADRO 2**).

Respecto a la maceta B, la cual se hallaba iluminada por los colores rojo y blanco, la altura media teniendo en cuenta tan solo las semillas germinadas (5 en este caso) fue de 22,5 cm, es decir, la altura media fue bastante más baja que en la maceta A y bastante más baja que la altura media total.

La planta más alta de esta maceta medía 30 cm, por lo que se puede observar que la planta de mayor tamaño de esta maceta era menor que la planta más baja de la maceta A. Asimismo, la planta de menor tamaño en la maceta B medía tan solo 0,5 cm, ya que

germinó más tarde que las demás semillas. El resto de plantas de esta maceta medían entre 20 y 30 cm.

En cuanto a la maceta C, la cual estaba iluminada por los colores verde y blanco, las plantas obtenidas también fueron de gran tamaño. Teniendo en cuenta las 5 semillas germinadas, se obtuvo una media de 36,2 cm en cuanto a la altura de las plantas. Se puede observar que este valor casi alcanza el valor obtenido en la maceta A y supera el valor de la altura media global.

Además, se puede observar que los valores de esta maceta son muy similares a las de la maceta A, ya que la planta más alta mide 43 cm (al igual que en la maceta A), y la plantas de menor tamaño llega a los 29 cm. El resto de valores son 39, 37 y 33 cm. Por lo tanto, las plantas de esta maceta fueron, en general, altas.

Por último, en alusión a la maceta D, se puede observar que se obtuvo la altura media más baja de todas las macetas. Esta maceta estaba iluminada solamente con luz natural, es decir, luz solar; y dicha media fue de 18,6 cm (muy por debajo de la altura media final). De las 5 plantas que llegaron a germinar en esta maceta, la de mayor tamaño alcanzó los 34 cm y la de menor tamaño tan solo los 2 cm, debido a que germinó posterior a las demás semillas. Las demás plantas medían 12, 19 y 26 cm.

Por último, cabe destacar que la altura final media de todas las plantas fue de 29,02 cm.

2.2. Azul.

La luz de color azul se hallaba situada en la maceta A, junto con la luz amarilla. Como se puede observar en el siguiente cuadro, de las 6 semillas de esta maceta tan solo una se dirigió hacia el lado azul.

Sin embargo, esta planta alcanzó una altura notablemente alta, ya que llegó a medir 43 cm.

Maceta	Color -luz-	Semillas	Altura final -cm-	Altura media -cm-
A	Azul	1	43	43
		2	X	
		3	X	
		4	X	
		5	X	
		6	X	

CUADRO 3. Altura de las plantas con luz azul.

Por lo tanto, la altura media de las plantas que crecieron hacia el lado azul fue de 43 cm exactamente.

2.3. Amarillo.

La luz de color amarillo se hallaba situada en la maceta A, junto con el color azul. Según los resultados de la experimentación 5 de las 6 semillas plantadas en esta maceta crecieron hacia el lado con luz amarilla, es decir, todas excepto la primera semilla, que se dirigió hacia la luz azul.

Dichas plantas medían 33, 33, 32, 41 y 41 cm, respectivamente; por lo que todas ellas fueron altas.

Por lo tanto, la altura media de las plantas que crecieron hacia el lado con luz amarilla fue de 36 cm (Ver **CUADRO 4**).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Altura final -cm-	Altura media -cm-
A	Amarillo	1	X	36
		2	33	
		3	33	
		4	32	
		5	41	
		6	41	

CUADRO 4. Altura de las plantas con luz amarilla.

2.4. Rojo.

La luz de color rojo se hallaba situada en la maceta B, junto con la luz blanca. Como se puede observar de las 6 semillas de esta maceta tan solo una se dirigió hacia el lado rojo: la semilla 6.

Además, esta planta no llegó a medir demasiado, ya que alcanzó los 26 cm (Ver **CUADRO 5**).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Altura final -cm-	Altura media -cm-
B	Rojo	1	X	26
		2	X	
		3	X	
		4	X	
		5	X	
		6	26	

CUADRO 5. Altura final de las plantas con luz roja.

Por lo tanto, la altura media de las plantas que crecieron hacia el lado de color rojo fue de 26 cm exactamente.

2.5. Blanco.

La luz de color blanco tenía una diferencia con respecto a las demás luces, ya que esta se hallaba situada en dos macetas (la B y la C), junto con el color rojo y el color verde, respectivamente.

Como se puede comprobar en la maceta B, 4 de las 6 semillas plantadas en esta maceta se dirigieron hacia el lado de color blanco. La altura de 3 de ellas fue parecida, ya que llegaron a medir 29, 30 y 27 cm. La otra planta que creció hacia el lado blanco en esta maceta tan solo alcanzó los 0,5 cm, ya que germinó más tarde que el resto de las semillas y apenas tuvo tiempo de crecer.

En cuanto a la maceta C, 5 de las 6 semillas plantadas en esta maceta crecieron hacia el lado blanco. La altura media en esta maceta fue de 36,2 cm. En este caso, no hubo ninguna planta que se quedara retardada con respecto a las demás, y todas ellas alcanzaron medidas importantes: 39, 29, 43, 37 y 33 cm.

Por lo tanto, la altura media final de las plantas iluminadas con luz blanca, teniendo en cuenta ambas macetas, fue de 29,72 cm (Ver **CUADRO 6**).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Altura final -cm-	Altura media -cm-	Altura media -cm-
B	Blanco	1	29	21,63	29,72
		2	30		
		3	X		
		4	27		
		5	0,5		
		6	X		
C		1	39	36,2	
		2	X		
		3	29		
		4	43		
		5	37		
		6	33		

CUADRO 6. Altura media de las plantas con luz blanca.

2.6. Verde.

Esta luz estaba situada en la caja número 3 junto con la luz blanca. De las plantas que se plantaron en esa maceta no ha crecido ninguna en la dirección de la

bombilla de color verde. Esto quiere decir que todas las plantas que germinaron crecieron en dirección al otro color. Con este tipo de luz es imposible sacar ninguna media puesto que no hay ninguna planta con la que hacerla (Ver **CUADRO 7**).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Altura final -cm-	Altura media -cm-
C	Verde	1	X	X
		2	X	
		3	X	
		4	X	
		5	X	
		6	X	

CUADRO 7. Altura de las plantas iluminadas por la bombilla verde.

2.7. Luz natural.

La maceta de luz natural es la única que no tenía una caja precisamente para que la pudiera dar la luz del sol, y su letra era la D (Ver **CUADRO 8**).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Altura final -cm-	Altura media -cm-
D	Natural	1	26	18,6
		2	X	
		3	34	
		4	12	
		5	19	
		6	2	

CUADRO 8. Datos sobre el crecimiento de las plantas con luz natural

En este caso, al no tener ninguna competencia alumbrando a sus plantas, todas las plantas crecieron en dirección a la luz solar.

De las 6 semillas que se plantaron han crecido un total de 5. La media de la altura de las plantas es de 18,6 cm, una media un tanto baja si la comparamos con la de las macetas que han crecido con luz artificial.

La planta que más ha crecido ha sido la planta 3, que ha alcanzado una altura final de 34 cm. Como se puede ver, esta planta supera con creces la media de las plantas. La planta que menos ha crecido sin contar la segunda que no ha llegado ha germinar es la sexta con solo 2 cm de altura.

El resto que han crecido entre estas medidas han tenido en general unos resultados mediocres ya que ninguna de ellas ha sobrepasado los 30 cm.

En la maceta B, que estaba iluminada con luces de colores rojas y blancas, los datos han sido bastante heterogéneos ya que la semilla 1 obtuvo 5 hojas, la semilla 2, 3 hojas, la semilla 3 no germinó, la semilla 4 solamente 2 hojas, la semilla 5 ninguna y la semilla 6, 3 hojas. La media de hojas por planta obtenida en la maceta B ha sido de 3 hojas por planta.

La maceta C, que tenía luces de colores verdes y blancas, ha obtenido unos resultados sorprendentes. La semilla 1 tenía 8 hojas, la semilla 2 no germinó, por lo tanto no le crecieron hojas, la semilla 3, 7 hojas, la semilla 4 tuvo 10 hojas, la semilla 5, 4 hojas y la semilla 6 obtuvo 8 hojas. Cabe destacar que la semilla 4 ha obtenido el mayor número de hojas de todas las plantas con 10 hojas. La maceta C tiene una media de 7 hojas por planta.

La maceta D que estaba iluminada por la luz solar, es decir, estaba al aire libre y no dentro de una caja ha sido la que peores datos ha obtenido de todas las macetas. La semilla 1 tenía 4 hojas, la semilla 2 no germinó, la semilla 3 también tuvo 4 hojas, la semilla 4 no tuvo ninguna hoja, la semilla 5, 2 hojas, y la semilla 6, 0 hojas. La media de hojas por planta en la maceta D ha sido de 2 hojas.

La media de hojas por planta de todas las macetas es de 4 hojas.

3.2. Azul.

De las plantas que estaban iluminadas con luz azul, maceta A, solo la semilla 1 ha crecido hacia ella. La semilla 1 ha obtenido 5 hojas. (Ver **CUADRO 10**).

La media de las hojas por planta que ha crecido hacia la luz azul es de 5 hojas.

Maceta	Color -luz-	Semillas	Número de hojas -final-	Número de hojas -media-
A	Azul	1	5	5
		2	X	
		3	X	
		4	X	
		5	X	
		6	X	

CUADRO 10. Número de hojas final de plantas con luz azul.

3.3. Amarillo.

En la maceta A que es la que estaba iluminada con luz amarilla, la semilla 1 no ha crecido hacia la luz amarilla, la 2 ha obtenido 4 hojas, la 3, 6 hojas, la 4, 5 hojas, la 5, 5 hojas y la 6 también 5 hojas (Ver **CUADRO 11**).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Número de hojas -final-	Número de hojas -media-
B	Rojo	1	X	3
		2	X	
		3	X	
		4	X	
		5	X	
		6	3	

CUADRO 11. Número de hojas final de plantas con luz amarilla.

A la mayoría de las plantas les han crecido 5 hojas a excepción de la semilla 2 y 3 que les crecieron 4 y 6 respectivamente.

La media de hojas por planta que han crecido hacia la luz amarilla es de 5 hojas.

3.4. Rojo.

La luz de color rojo se hallaba situada en la maceta B, junto con la luz de color blanco (Ver **CUADRO 12**).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Número de hojas -final-	Número de hojas -media-
A	Amarillo	1	X	5
		2	4	
		3	6	
		4	5	
		5	5	
		6	5	

CUADRO 12. Número de hojas media de las plantas iluminadas con luz roja.

Se puede observar que, de las semillas cultivadas, tan solo una se dirigió hacia el lado de color rojo. Dicha planta fue la número 6, y en total llegó a tener 3 hojas.

Por lo tanto, el número de hojas media de las plantas iluminadas con luz roja fue de 3.

3.5. Blanca.

Esta luz alumbró a dos macetas en dos cajas diferentes, la maceta B y C. En total, de las 12 plantas que han sido plantadas entre las dos macetas, han crecido 9, 4 en la segunda caja y 5 en la tercera (Ver **CUADRO 13**).

La media total respecto al número de hojas ha sido de 5 hojas. Respecto a cada maceta, la cosa cambia bastante puesto que en la maceta B ha habido 3 hojas de media y en la C 7 hojas.

Como es lógico, las plantas que más hojas tienen se encuentran en la maceta C siendo la planta con más hojas la 4, con 10 hojas y la que menos la 5, con 4.

En cuanto a la maceta B la planta que más hojas tiene es la 5 con ninguna hoja crecida y la que más la primera con 5.

3.6. Verde.

La luz verde iluminaba a la maceta C (Ver CUADRO 14).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Número de hojas -final-	Número de hojas -media-
C	Verde	1	X	X
		2	X	
		3	X	
		4	X	
		5	X	
		6	X	

CUADRO 13. Número de hojas que han crecido con la blanca.

En esta maceta ninguna de las plantas iluminadas por la luz verde creció hacia ella.

Maceta	Color -luz-	Semillas	Número de hojas -fina-	Número de hojas -media-	Número de hojas -media-
B	Blanca	1	5	3	5
		2	3		
		3	X		
		4	2		
		5	0		
		6	X		
C	Blanca	1	8	7	5
		2	X		
		3	7		
		4	10		
		5	4		
		6	8		

CUADRO 14. Número de hojas final de plantas con luz verde.

Teniendo en cuenta que ninguna de las plantas creció hacia la luz verde, no se puede hacer la media del número de hojas por planta.

3.7. Luz natural.

La luz natural alumbraba a la última maceta, la D, la cual no tenía caja. En cuanto a esta maceta, germinaron 5 de las 6 semillas que fueron cultivadas, como se puede observar en el siguiente cuadro. Una de las semillas, la número 2, no germinó (Ver CUADRO 15).

Maceta	Color -luz-	Semillas	Número de hojas -final-	Número de hojas -media-
D	Natural	1	4	2
		2	X	
		3	4	
		4	0	
		5	2	
		6	0	

CUADRO 15. Número de hojas media en la maceta D.

Sin embargo, de las 5 semillas que crecieron: 2 llegaron a tener 4 hojas (la semilla número 1 y la 3), 1 dio 2 hojas (la número 5) y las dos restantes no dieron ninguna hoja, posiblemente porque no se desarrollaron lo suficiente.

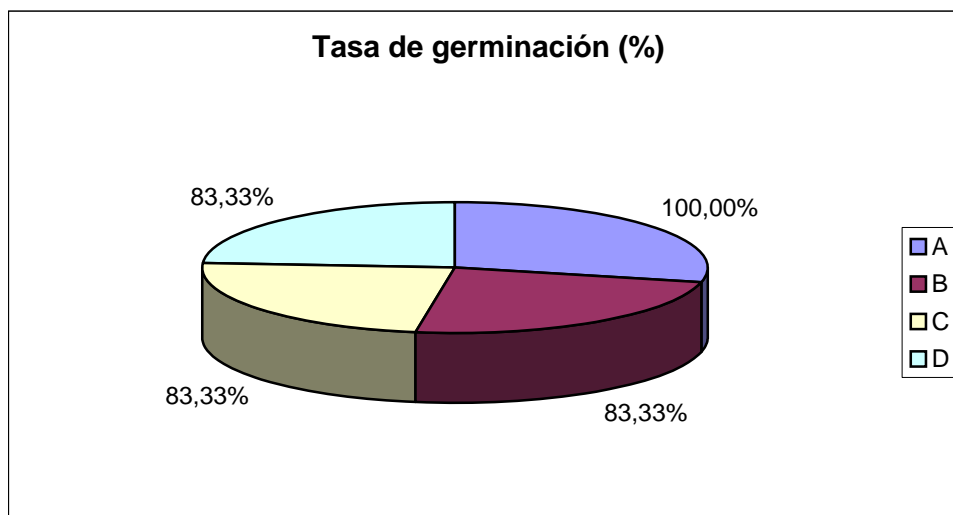
Por lo tanto, el número de hojas media, por planta, en la maceta D fue 2, teniendo en cuenta, claro esta, las plantas que germinaron.

X.
CONCLUSIONES

1. TASA DE GERMINACIÓN.

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una planta nueva, por lo tanto en este apartado se mide cuantas de esas semillas han logrado convertirse en una planta nueva.

Las conclusiones de la tasa de germinación nos indican que la germinación en general ha sido buena de todas las semillas que se han plantado el 87,5% ha logrado germinar (Ver **GRÁFICA 1**).



GRÁFICA 1. Tasa de germinación por maceta.

Respecto a cada uno de las macetas en la que más plantas han crecido ha sido en la A con un 100% de efectividad. Los colores de las bombillas que alumbraban estas macetas eran azul/amarillo, aunque en este caso el color de las bombillas no ha tenido nada que ver con el mayor porcentaje de plantas que consiguen germinar. En este caso lo que podría haber afectado al proceso de germinación de esta maceta son las temperaturas que había durante el proceso de la germinación.

Si se miran el resto de plantas por su tasa de germinación se observa que han sido también unos resultados realmente buenos. Cada una de ellas ha obtenido una media del 83,33% lo que quiere decir que en ninguna de ellas ha habido malos resultados y que las condiciones de crecimiento han podido ser bastante parecidas, cosa que extraña un poco ya que entre estas macetas se encuentra la D que ha sido la única que no tenía caja ni bombilla. El hecho de que esta maceta no tenga bombilla hace que su temperatura ambiental sea más baja que la de las otras macetas y por tanto sus condiciones para la germinación sean diferentes, pero en este caso parece que esto no ha influido demasiado ya que, como ya he dicho anteriormente, ha tenido el mismo

porcentaje que las otras dos macetas. Por tanto la temperatura exterior, la propia del laboratorio entorno a 16-18^a C, es suficiente para una buena germinación de la alubia.

Las otras dos macetas restantes; las macetas B, iluminada por las luces roja y blanca y la maceta C por las luces verde y blanca han tenido unos resultados idénticos entre ellas y con la maceta D.

2. ALTURA DE LAS PLANTAS.

Como ya se ha visto anteriormente, otro parámetro analizado en las plantas fue la altura media final obtenida por las plantas para los diferentes colores de las luces.

De forma general, se puede decir que ningún color llama la atención por haber dado plantas excesivamente altas, y tampoco ninguna ha dado plantas demasiado enanas, exceptuando la verde. (Ver **GRÁFICA 2**).

Esto se debe a que el único factor de diferencia entre las macetas era el tipo de luz con el que estaban iluminadas, ya que tanto el sustrato como el producto de riego y las semillas eran iguales.

A pesar de ello, hay una notable diferencia entre la altura media de menor tamaño y la de mayor tamaño.

El color verde no atrajo a ninguna planta de su maceta, por lo que no se puede sacar ninguna altura media de ella y por lo que se puede decir que la luz de color verde no es adecuada para el desarrollo de la fotosíntesis.

Este color, que comprende longitudes de onda entre los 520 y 530nm aproximadamente, es reflejado prácticamente en su totalidad por la mayoría de las plantas, incluidas las cultivadas en este proyecto de investigación. Esta es la razón por la cual las plantas muestran este color.

A pesar de que una parte del espectro electromagnético que pertenece al color verde es necesaria para poder llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis, en este caso se puede observar que el color verde no ha sido nada favorable.

Por lo tanto, a pesar de que no se pueda saber la altura media de las plantas iluminadas con luz verde, se puede afirmar con total seguridad que esta luz no es favorable para las plantas, ya que las plantas han evitado este color.

Por otro lado, la altura media más alta la proporcionó la luz de color azul, la cual comprende longitudes de onda entre 400 y 500nm aproximadamente. Dicha altura media fue de 43 cm, ya que la única planta que creció hacia este lado alcanzó esta cifra.

Este dato es algo contradictorio, ya que, en teoría, la luz azul reprime o impide el crecimiento de las plantas, es decir, inhibe la elongación de las plantas.

Sin embargo, este resultado se ha podido obtener a causa de que el color azul facilita la aclimatación de los cultivos in vitro, lo cual favorece el crecimiento de las plantas.

Por lo tanto, la luz azul puede ser favorable para favorecer el crecimiento de las plantaciones in vitro. Sin embargo, para otro tipo de plantaciones esta luz puede no ser la apropiada.

En general, se puede decir que esta luz no es favorable para el crecimiento de las plantas debido a que este color solo atrajo a una planta de las 6 que se encontraban en la maceta.

La segunda altura media más alta se obtuvo en las plantas iluminadas con el color amarillo, que comprende longitudes de onda entre 530 y 600 nm. Se dice que es a partir de este color donde la planta empieza a controlar el fotoperiodo, ya que es donde comienza el segundo campo de actuación de las clorofilas.

Este color puede ser perjudicial para las plantas ya que resulta atractivo para otras formas de vida como ciertas alimañas o mosquitos. En este caso, no se han detectado este tipo de insectos en las plantas debido a que la plantación se llevó a cabo en el laboratorio y en cajas cerradas.

El color amarillo ha sido favorable para el crecimiento de las plantas. En primer lugar, porque atrajo a 5 de las 6 semillas que había en la maceta A. En segundo lugar, porque ha dado las segundas plantas más altas de toda la plantación, tan solo por detrás del color azul.

El siguiente color que dio la altura media más alta fue el color blanco, con una altura de 29,72 cm. Esta luz artificial comprende todas las longitudes de onda del espectro electromagnético visible, por lo que su calidad es buena.

Además, esta luz suministra alimento y energía para las plantas; por lo que tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas.

Estas son las razones por las cuales las plantas iluminadas con este color han tenido un crecimiento positivo.

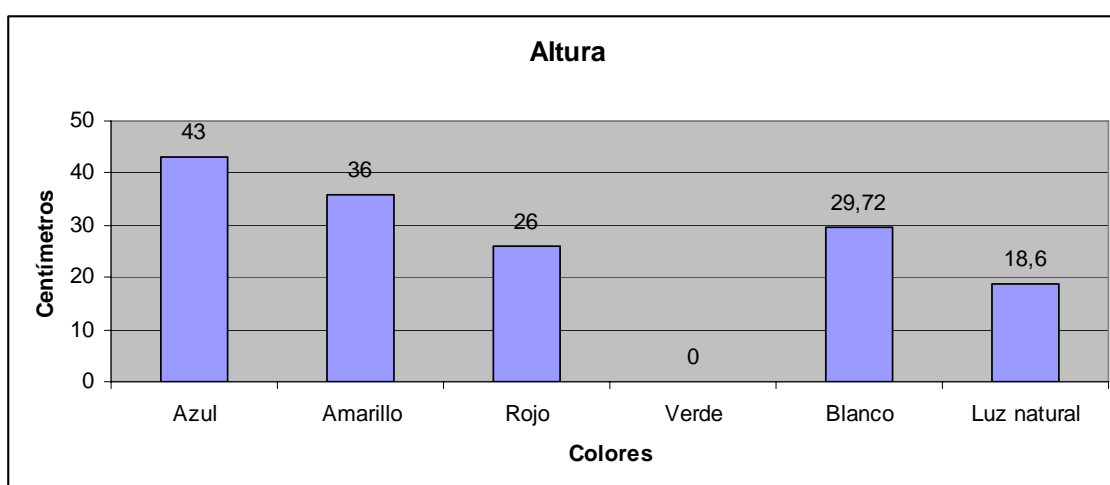
La siguiente altura media se obtuvo en las plantas iluminadas con luz roja. A pesar de que la clorofila no absorbe la luz roja en tan alto grado como otros colores del espectro visible, las bandas de color rojo fomentan el crecimiento del tallo e inducen el proceso del brote y la floración y el desarrollo de raíces y tubérculos, al desencadenar la

liberación de hormonas. Por lo tanto, el color rojo desempeña un papel importante en el crecimiento de las plantas.

La siguiente altura media fue la obtenida en las plantas iluminadas por luz natural, y dicha altura fue de 18,6 cm. En teoría, la intensidad y los nutrientes de la luz natural son más apropiadas que la luz blanca artificial para las plantas. Por lo tanto, los resultados obtenidos en esta plantación no son del todo coherentes.

La luz influye directamente en el desarrollo vegetativo, ya que ejerce un efecto directo sobre el crecimiento y florecimiento provocando el proceso de la fotosíntesis por el cual las plantas obtienen energía. Las plantas dependen de la luz para producir su alimento, inducir el ciclo de crecimiento y permitir un desarrollo sano. Sin luz natural, la mayoría de las plantas no podrían crecer ni reproducirse, la fotosíntesis no tendría lugar y no habría oxígeno suficiente para que continúen viviendo.

En cuanto al fotoperiodo, en este caso, durará lo mismo que las horas de luz solar.



GRÁFICA 2. Altura media de las plantas por colores.

Existen tres principios de la luz que afectan al crecimiento de las plantas: la calidad, la cantidad y la duración. Posiblemente, la calidad de la luz natural si sea la apropiada, ya que describe las diferentes longitudes de onda de luz que la planta es capaz de absorber. Sin embargo, la cantidad y la duración de esta luz quizás no fuera la suficiente para favorecer el crecimiento de las plantas.

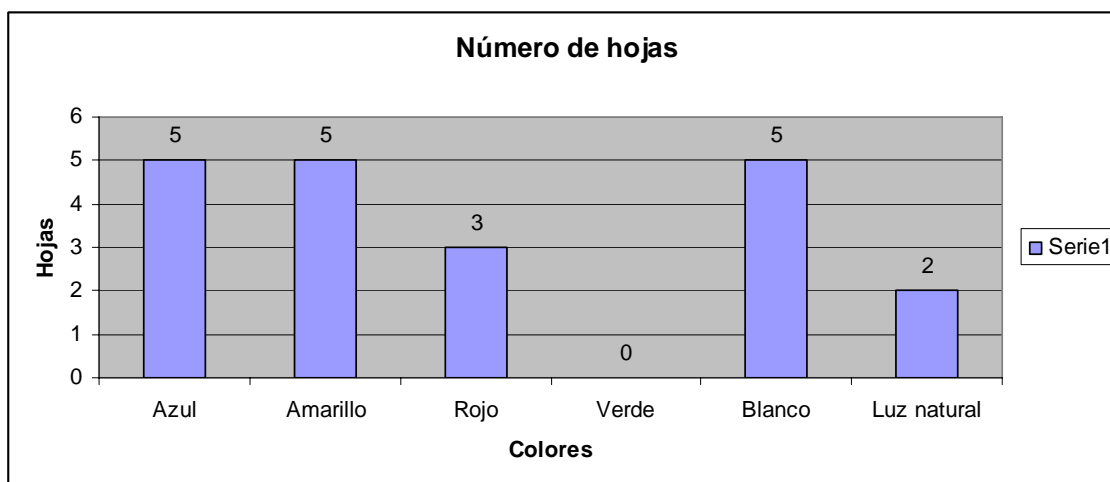
La cantidad, como ya se sabe, describe la intensidad de la luz solar que la planta absorbe.

Y la duración describe el tiempo que la planta puede estar absorbiendo luz solar; por lo que al tratarse de la estación invernal, puede que el tiempo de absorción de luz solar no fuera el suficiente.

De esta forma, las plantas iluminadas con luz artificial han obtenido mejores resultados debido a que las plantas se encontraban en interiores pintados de blanco para que la luz del foco colocado sobre las plantas se refleje en las paredes y se reparta uniformemente sobre todas las hojas. También debido a que estaban situadas en un habitáculo cerrado, libre de posibles insectos (como mosquitos y bichos) que puedan dañarlas.

3. NÚMERO DE HOJAS.

Se puede ver que las medias de hojas por planta dependiendo del color varían bastante en algunos casos. Por ejemplo, las plantas que han crecido hacia el azul, el amarillo y el blanco tienen una media de 5 hojas, pero en cambio, las plantas con luz roja, luz natural y luz verde tienen unas medias inferiores, y teniendo en cuenta que las plantas que estaban iluminadas con luz verde tienen una media de 0 hojas por planta aunque no es que el resultado sea 0 sino que al no haber ido ninguna planta hacia la luz verde es imposible hacer media.



GRÁFICA 3. Media de número de hojas dependiendo del color de la luz.

Las plantas que han crecido hacia la luz azul han obtenido una media de número de hojas por planta de 5 hojas. Este resultado de 5 hojas por planta es bueno, aunque no sorprendente. La luz azul tiene las longitudes de onda más cortas y con mayor energía del espectro lumínico. Por eso, esta luz afecta a la cantidad de agua que las plantas

retienen, produciendo un incremento del crecimiento de las hojas y del número de tallos.

Este tipo de luz hace que las plantas crezcan cortas pero a su vez fuertes y con muchas hojas, y por eso los resultados obtenidos han sido buenos.

Por el contrario, la ausencia de luz azul hace crecer plantas enfermizas y delicadas.

Las plantas que han crecido hacia la luz amarilla han obtenido una media de 5 hojas por planta. La luz amarilla tiene una longitud de onda que ronda los 600nm y teniendo en cuenta que el espectro lumínico visible solo abarca de 400nm a 800nm, su longitud de onda es larga y por lo tanto de poca energía.

La luz amarilla es utilizada por las plantas para controlar el ciclo diario, abriendo o cerrando las hojas de las flores. También ayuda a reconocer a la planta la época del año, y por tanto, el momento ideal para florecer.

Este tipo de luz atrae a ciertas alimañas y mosquitos, pudiendo tener efectos negativos sobre las plantas, aunque este no es el caso ya que las plantas han crecido en un laboratorio y no al aire libre.

Las plantas que se han dirigido hacia la luz roja tienen una media de 3 hojas por planta, una media algo más baja que las dos anteriormente comentadas. La luz roja tiene la longitud de onda más larga de todas las del espectro visible y también es la que menos energía tiene.

La luz roja no es tan bien absorbida por la clorofila como los otros tipos de luces, pero esta luz fomenta el crecimiento de los tallos de las plantas produciendo plantas más altas, raíces y tubérculos más desarrollados y ayuda en la floración de la planta mediante la producción de hormonas.

Por eso la media de hojas por planta en el color rojo no es tan buena como con otros colores, ya que la luz roja favorece más al crecimiento de altura que al vegetativo de las plantas.

Las plantas que han crecido hacia la luz verde tienen una media de 0 hojas por planta, pero como se ha mencionado antes, no es que el resultado sea 0 sino que al no haberse dirigido ninguna hacia la luz verde es imposible hacia media.

No es sorprendente que ninguna planta creciese hacia la luz verde ya que la mayor parte de las plantas, exceptuando algunas algas, absorben muy poca luz verde, aunque esta pequeña cantidad absorbida es muy importante para el proceso de la fotosíntesis.

Las plantas que han crecido hacia la luz blanca han obtenido una media de 5 hojas por planta que junto a las plantas que han crecido hacia la luz azul y amarilla son las que tienen la media más alta.

La luz blanca esta compuesta por todos los colores que abarca el espectro lumínico visible por lo que la calidad de la luz es muy buena y ha producido un abundante crecimiento de las hojas.

Cabe destacar que las hojas de las plantas que se dirigieron hacia la luz blanca experimentaron un enorme crecimiento del tamaño de sus hojas.

A pesar de que la luz azul produce un crecimiento favorable de las hojas, la luz blanca ha producido unas hojas de mayor tamaño.

Las plantas que estaban iluminadas con luz natural tienen una media de 2 hojas por planta. Esta es una media baja teniendo en cuenta que la luz natural es una de las más sanas para el correcto crecimiento de una planta, pero la estación del año y las condiciones meteorológicas que había cuando se dio comienzo al proyecto no eran favorables y la calidad de la luz no era la idónea para las plantas.

Por eso se ha obtenido una media de hojas por planta tan baja.

XI. SOLUCIONES

1. TIPOS DE LUCES.

Los que cultivan plantas y los entusiastas de la jardinería entienden la importancia de la luz para que las plantas crezcan. Hasta quienes plantan esporádicamente ven cómo las plantas reaccionan ante la luz e instintivamente entienden lo importante que es para ellas.

Sin embargo, mucha gente puede no darse cuenta que sólo ciertos colores dentro del espectro visible por los humanos son usados por ellas. Los colores que usan las plantas generalmente son los de onda corta, como los rojos y los azules, y los que no son usados son descartados.

1.1. Fotosíntesis.

Actualmente, existe un gran número de proyectos químicos destinados a la reproducción artificial de la fotosíntesis, con la intención de poder capturar energía solar a gran escala en un futuro no muy lejano.

A pesar de que todavía no se ha conseguido sintetizar una molécula artificial capaz de perdurar polarizada durante el tiempo necesario para reaccionar de forma útil con otras moléculas, las perspectivas son prometedoras y los científicos son optimistas.

1.2. Obtención de luz.

Las plantas se han adaptado para tomar la luz del sol y usar los siete colores de la luz visible que necesitan. Esos colores están determinados por las ondas.

Para las plantas que crecen en el interior, sin embargo, es importante que al menos tengan fuentes de luz azul y cuando sea posible, algo de luz roja. Las fuentes de luz artificial contienen mucha luz azul, incluyendo las fluorescentes a las que también se conoce como luz blanca. También, las "luces para crecimiento" contienen luz azul y roja, y pueden ayudar con el crecimiento.

Las células interiores de las plantas que absorben la luz están adaptadas para absorber eficientemente la roja y la azul

Por otro lado, el amarillo y el verde son de onda larga, siendo el amarillo parcialmente absorbido por las plantas. En cambio, la luz verde no es absorbida por las plantas. Sin embargo el naranja, el índigo y el violeta tienen una onda más larga y las plantas los absorben muy poco.

1.3. Productos químicos.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el color azul del espectro electromagnético visible actúa sobre la fotosíntesis y reprime o impide el crecimiento de

las plantas, por lo que puede ser usado como alternativo a los productos químicos que retardan el crecimiento vegetal en cuanto a la altura.

2. GENERALES.

Por otro lado, se pueden plantear una serie de soluciones generales que ayuden a las plantas a desarrollarse más saludablemente:

2.1. Agua.

Lo más recomendable es regar las plantas con agua, ya que es el mejor producto de riego para las plantas. Posee las características apropiadas para su crecimiento y desarrollo: desde que se produce la germinación hasta que alcanza su máxima altura.

2.2. Fertilizantes.

Un producto que se puede usar como fertilizante para las plantas es el amoníaco. Esto se debe a que el nitrógeno, uno de los componentes del amoníaco, es un elemento vital que ayuda a las plantas a producir la proteína necesaria para que sus tallos y hojas crezcan de una manera saludable.

Otra opción en cuanto a la fertilización es añadir azúcar al agua de riego, ya que esta disolución puede provocar que las plantas se desarrollen más fuertes, más saludables y más productivas. Sin embargo, usar azúcar puede no producir los resultados que se desean, por ello se debe usar en la medida adecuada.

En el caso de que las plantas se encuentren algo mustias, se puede añadir zumo de limón al producto de riego, ya que este revitaliza las plantas; es decir, les aporta fuerza y vitalidad. Con este método casero, las plantas lucirán mejor. Sin embargo, hay que tener cuidado con añadir este producto, ya que puede tener los mismos efectos negativos que la lluvia ácida.

2.3. Residuos vegetales.

El amoníaco (NH_3) también puede ser utilizado para descomponer los residuos vegetales en la tierra, ya que existe la posibilidad de constituir enlaces químicos entre el amoníaco y ciertas porciones de la materia orgánica no totalmente evolucionada.

A largo plazo se manifiesta también una acción favorable sobre la evolución de la estructura de los terrenos, favoreciendo la formación de humus estable a partir de los



IMAGEN 35. Hombre fertilizando un arrozal

residuos vegetales pobres en nitrógeno.

2.4. Métodos para salvar plantas.

En caso de que las plantas se estén muriendo, se puede añadir agua con azúcar para salvarlas, ya que se aporta la glucosa necesaria. Sin embargo, si dicha planta está a punto de morir, ninguna cantidad extra de glucosa la salvará.

Por otro lado, no se debe añadir azúcar a una planta sana, ya que produce su propio azúcar mediante el proceso de la fotosíntesis, y la adición de glucosa puede acarrear efectos negativos.

Por lo tanto, el azúcar se debe añadir en las plantas cuando sea necesario y en una adecuada medida.

2.5. Otras formas de vida.

2.5.1. Prevención.

El primer paso a seguir para evitar plagas en las plantas es mantenerlas en buenas condiciones de temperatura, humedad y poda. Con esto, se disminuye claramente el riesgo de ataques.

Por otro lado, se debe tener cuidado al añadir azúcar en el producto de riego, ya que este elemento puede promover otras formas de vida perjudiciales para las plantas, como por ejemplo: el moho, hongos, bacterias, hormigas y otro tipo de insectos en el terreno.

La gaseosa es otro producto que puede promover el moho de manera rápida en las plantas, por ello hay que ser cuidadosos con ella, para no causar efectos negativos.

2.5.2. Limpieza.

Aunque parezca insignificante, resulta muy importante el hecho de limpiar bien las tijeras de podar con agua y jabón antes de que sean utilizadas. Esto ayuda a prevenir la transmisión de enfermedades de una planta a otra.

2.5.3. Variedad.



IMAGEN 36. Ceniza.

Debido a que cada planta tiene un invasor específico, es recomendable mantener una flora variada; ya que esto dificulta o limita la extensión de la plaga, evitando que pase de una planta a otra y facilitando el control sobre ellas.

2.5.4. Barreras.

Otra solución en cuanto a proteger a las

plantas de otras formas de vida es colocar una simple barrera física, ya que estas pueden evitar que ciertos animales afecten negativamente a los vegetales.

Un círculo de ceniza puede evitar que algunos animales, como los caracoles o las babosas, invadan las macetas.

Otro truco es colocar una cinta empapada en aceite alrededor del tronco de la planta. De esta forma se evita que las hormigas suban por el.

2.5.5. Aliados.

Los depredadores naturales de las plagas pueden resultar de gran ayuda a la hora de proteger los jardines o las macetas.

Las aves insectívoras, lagartijas, y arañas son algunos animales que pueden ayudar en esta labor. Atraerlos al jardín es muy sencillo, únicamente se deben instalar algunos elementos como cajas-nido, comederos, pequeños montones de tierra y puntos de agua que nosotros mismos podemos construir reciclando botellas, cajas o cualquier otra cosa.

Otro modo es añadir azúcar a la tierra para atraer a las mariquitas, ya que son los depredadores naturales de ciertos insectos que en algunas ocasiones infestan las plantas (como por ejemplo: las moscas blancas).

2.5.6. pH

Otro modo de eliminar las diversas formas de vida que, de alguna forma, son perjudiciales para las plantas es aportándoles a éstas zumo de limón; ya que, gracias a que aporta un pH bajo, puede acabar con los seres que se hallan en la tierra y que afectan al desarrollo de las plantas.

2.5.7. Insecticida casero a base de ortiga.

Otro método que se puede utilizar como insecticida casero para combatir orugas, pulgones o ácaros es mezclar 1 litro de agua fría y 2 ortigas desmenuzadas en un recipiente de plástico con la tapa agujereada. Se deja reposar, removiéndolo a diario, durante 3 días completos. Finalmente, se añade medio vaso de este producto al agua de regar, la cual estará preparada para rociarse a las plantas. Este modo es limpio, sano, ecológico y muy económico.

2.5.8. Insecticida casero a base de ajo.

También es posible preparar un método casero para combatir de forma eficaz pulgones, ácaros y chinches. Consiste en mezclar 1 litro de agua y 4 dientes de ajo bien machacados. Se deja reposar durante 5 días, removiéndolo diariamente. Finalmente se añade medio vaso de este producto en un litro de agua de riego. Después, solo de debe

esparcir sobre las partes afectadas por otros organismos.

2.5.9. Repelentes.

Suele ser recomendable tener plantas como el tomillo, la lavanda o la manzanilla en el jardín o en las macetas, ya que son repelentes de algunas de las plagas e insectos más frecuentes.

Además de desprender un delicioso aroma, se puede regar las plantas con infusiones preparadas con estas especies, ya que aumentan la resistencia de las plagas frente a posibles plagas.

2.5.10. Anti-mosquitos.

A la hora de repeler moscas, mosquitos y algunos hongos, la albahaca puede llegar a ser útil. Por ello es recomendable tener esta planta cerca del resto.



IMAGEN 37. Albahaca.

2.5.11. Sacrificio.

Si las plantas son víctimas de una plaga, aun poniendo en práctica todos estos recursos, lo mejor es eliminar las plantas infectadas o muertas lo antes posible para evitar que se extienda entre el resto de nuestros ejemplares.

2.6. Malezas.

El zumo de limón también puede ser utilizado con la finalidad de exterminar a las malezas de un modo ecológico, sin que sea necesario el uso de productos químicos. Es decir, se recomienda el jugo de limón como un tratamiento orgánico para las malezas.

2.7. Época del año.

La mejor época del año para sembrar es primavera: bien a principio, a mediados o a finales de esta. Esto se hace con el objetivo de que las plantas florezcan en verano u otoño.

También es buena esta época del año debido a que las temperaturas suelen ser las adecuadas y a que el tiempo de iluminación (fotoperíodo) es mayor que en otras épocas del año.

Además, se evitan las posibles heladas que sucederían en invierno.

XII. ANEXOS

1. FICHA DE **LABORATORIO**

Serie			Fecha inicio		FOTO	
Nº de caja			Producto de riego			
Nº de maceta			Color de la luz			
Semilla	Tipo		Sustrato			
	Nº					

	Nº DE SEMILLA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7	DÍA 8	DÍA 9	DÍA 10
FECHA	X										
ALTURA DE LA PLANTA (cm)	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
Nº DE HOJAS	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
CANTIDAD DE RIEGO (ml)											
OBSERVACIONES:											

2. CONSTRUCCIÓN

DE LAS CAJAS

1. MATERIALES

- Cajas desmontables de cartón (3 unidades de 0.53m*0.35m*0.2m)
- Palé de madera
- Cables de 1,5 metros (6 unidades)
- Portalámparas (6 unidades)
- Enchufes (6 unidades)
- Bombillas de colores de 25 W (1 azul, 1 amarillo, 1 verde, 1 rojo y 2 blanco)
- Clavos
- Martillos (2)
- Sierras (2)
- Lijas de madera.
- Destornillador (1)
- Cola de contacto
- Sargentas (3)
- Tijeras (2)
- Cinta de embalar
- Papel
- Cutter (2)
- Cinta métrica de 3 m.

2. METODOLOGÍA

Para realizar el proyecto se tuvo que construir unas cajas que aislaran las plantas de la luz exterior y unos cepos de madera que mantuviesen las cajas cerradas.

Para ello se utilizó unas cajas de cartón desmontables, que se montaron y pegaron con cola de contacto. Para mantener las cajas montadas hasta que se secase la cola se necesitó la ayuda de unas sargentas.

Una vez montadas se colocó en la parte inferior de la caja un trozo de cartón a modo de apoyo para que mantuviesen el equilibrio. También se colocaron otros trozos de cartón en las puertas de las cajas para aislar mejor el interior de la luz externa y se dividió el interior de la caja en dos lados diferentes, a excepción del espacio en el que más tarde se situaría la maceta.

Para montar los enchufes se necesitó trozos de cable de 1.5m, portalámparas y enchufes. Se requirió la ayuda de un destornillador y unas tijeras.

Para colocar los enchufes en las cajas se agujereó la superficie superior de las cajas, haciendo un agujero que conectase con cada uno de los lados del interior. El portalámparas quedaría en el interior de la caja mientras que el enchufe en el exterior.

Con la ayuda del martillo se retiraron tablas de madera del palé que más tarde serían cortadas, con las sierras, a medida para cada una de las cajas. Las medidas se tomaron previamente con un metro (2 tablas de 0.3m*0.2m*0.02m y una de 0.2m*0.1m*0.02m). Después, se juntaron los trozos de madera con clavos, dándoles una forma de U que encajase perfectamente con las cajas impidiendo su apertura. También se lijaron las superficies para evitar que nadie se clavase ninguna astilla.

Para finalizar, se colocaron las bombillas en los portalámparas, se aislaron totalmente las cajas con ayuda de cinta de embalar y papel y se pusieron los cepos de madera.

3. CARACTERÍSTICAS **QUÍMICAS DEL** **SUSTRATO**

1. COMPOSICIÓN

Clasificación C. Contenido en metales pesados inferior a los límites autorizados para esta clasificación.

<u>ELEMENTOS</u>	<u>CANTIDAD</u>
Nitrógeno	1.3%
Potasio	1.1%
Cobre	61 mg/kg
Zinc	650 mg/kg
Conductividad eléctrica	10.1 ds/m
pH	8.2
Materia orgánica total	37.3%
Carbono orgánico	13.9%
Nitrógeno orgánico	0.8%
Ácidos fúlvicos	2.6%
Extracto húmico total	4.4%
Nitrógeno total	1.32%
Granulometría	0.2
Piedras y gravas superiores a 5mm	<5%
Impurezas e inertes tales como piedras, gravas, metales, vidrios o plásticos de tamaño superior a 2mm	<3%
Partículas mayores de 25mm	<10%

CUADRO 1. Componentes y cantidad de la tierra.

4. COMPOSICIÓN **DE LA ALUBIA DE** **TOLOSA**

La composición detallada de las alubias (por cada 100 gramos) se muestra en el siguiente cuadro:

COMPONENTE	CANTIDAD
Calorías	304,6 Kcal/Kj
Hidratos de carbono	53,8 g
Proteínas	21,4 g
Fibra	21,3 g
Grasas	1,5 g
Potasio	1,16 g
Fósforo	400 mg
Magnesio	163 mg
Hierro	6,2 mg
Vitamina B ₃ o niacina	2,4 mg
Vitamina B ₁	0,5 mg
Folatos	0,316 mg

CUADRO 2. Componentes y cantidad de la alubia.

5. POSTERS

EL EFECTO DE DIFERENTES LUCES EN LA FOTOSÍNTESIS



La Anunciata
Ikastetxea
Fundación Educativa Francisco Coll
Camino de Lorete 2, 20017 Donostia

METODOLOGIA



- Elección del tipo de proyecto
- Trabajo teórico
- Ficha de campo
- Preparación de las cajas
- Plantación
- Regado
- Resultados y conclusiones
- Redactar un informe



OBJETIVOS



- Analizar el efecto de las luces en la fotosíntesis
- Utilizar la metodología científica
- Analizar el efecto de los diferentes colores
- Impulsar el trabajo en equipo
- Hacer conclusiones y soluciones



Condiciones de experimentación

Luz verde

Luz blanca

Luz azul

Luz amarilla

Luz roja

Luz solar



Condiciones de crecimientos

Agua

Tierra

Luz

Nutrición

Germinación



EGILEAK:

Lajas Casado, Iñigo
Maillo Aguado, Gorka
Pérez Recalde, Pedro

KOORDINATZAILEA:

Lizarazu Hernando, Juan Carlos

FOTOSINTESIA: ARGI DESBERDINEN ERAGINA

RESULTADOS



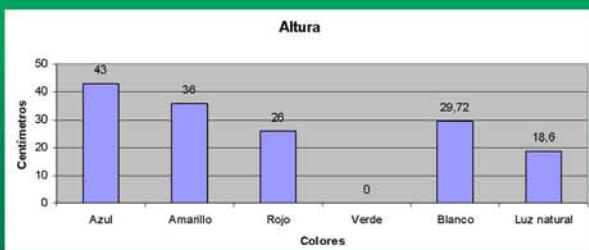
Maceta	Semilla	Altura final -cm-	Altura media -cm-	Altura media -cm-
A	1	43	37,17	29,02
	2	33		
	3	33		
	4	32		
	5	41		
	6	41		
B	1	29	22,5	
	2	30		
	3	30		
	4	27		
	5	0,5		
	6	26		
C	1	39	36,20	
	2	30		
	3	29		
	4	43		
	5	37		
	6	33		
D	1	26	18,6	
	2	30		
	3	34		
	4	12		
	5	19		
	6	2		

Maceta	Semilla	Número de hojas -final-	Número de hojas -media-	Número de hojas -media-
A	1	5	5	4
	2	4		
	3	6		
	4	5		
	5	5		
	6	5		
B	1	5	3	
	2	3		
	3	3		
	4	2		
	5	0		
	6	3		
C	1	8	7	
	2	3		
	3	7		
	4	10		
	5	4		
	6	8		
D	1	4	2	
	2	3		
	3	4		
	4	0		
	5	2		
	6	0		

Color	Macetas	Germinación -número-	Germinación -%-
Azul/Amarillo	A	6	100,00
Rojo/Blanco	B	5	83,33
Verde/Blanco	C	5	83,33
Luz solar	D	5	83,33
TOTAL		21	87,50



CONCLUSIONES



AUTORES

LAJAS CASADO, Iñigo

MAILLO AGUADO, Gorka

PÉREZ RECALDE, Pedro M^a

COORDINADOR

LIZARAZU HERNANDO, Juan Carlos

XIII. POWER **POINT**

ARGI DESBERDINEN ERAGINA FOTOSINTESIAN



LA ANUNCIATA IKASTETXEA
Abril 2015ko Apirila
Donostia

HELBURUAK

- Talde lana sustatzea.
- Metodo zientifikoa erabiltzea.
- Laborategiko tresnak ondo erabiltzen ikastea.
- Landareen hazkuntza ikertzea.
- Landareen funtzionamendua ezagutzea.
- Emaitzak eta ondorioak lantzea.
- Txosten bat idaztea.



METODOLOGIA

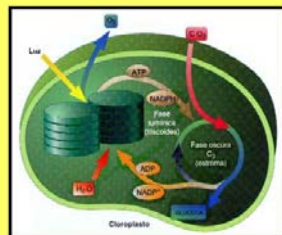


HAZKUNTZAREN EGOERAK



Nutrizioa

Eguzkiaren argia



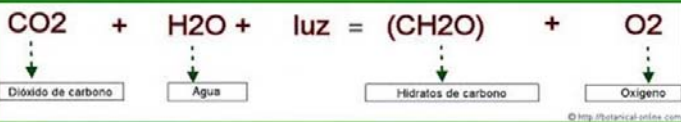
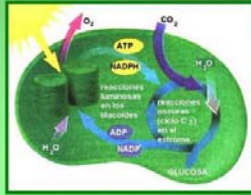
ESPEKTRU ELEKTROMAGNETIKOA



FOTOSINTESISIA

- Prozesu anabolikoa.
- Faktoreak:
 - Temperatura
 - CO₂
 - O₂
 - Argi intentsitatea eta denbora
 - Ura
 - Argi koloera

- Faseak:
 - Argi fasea
 - Ilun fasea
- Importantzia
- Cloroplastoak



LABORATEGIKO FITXA

Serie		Fecha inicio		FOTO							
Nº de caja		Producto de riego									
Nº de maceta		Color de la luz									
Semilla		Sustrato									
	Nº										
	Nº DE SEMILLA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7	DÍA 8	DÍA 9	DÍA 10
FECHA	1										
ALTIMETRO DE LA PLANTA (cm)	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
Nº DE HOJAS	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
CANTIDAD DE RIEGO (ml)											
OBSERVACIONES:											



ESPERIMENTAZIOKO EGOERAK

Argi urdina

Argi gorria

Argi horia

Argi txuria



ESPERIMENTAZIOKO EGOERAK

Argi berdea

Argi naturala

Argi txuria



LANDAKETAK

- 2 serie → 4 mazeta → 6 hazi



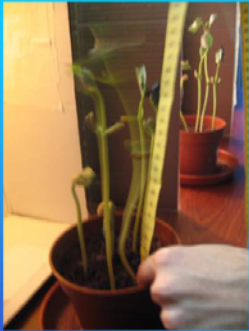
EMAITZAK

Germinazio-tasa



Color	Macetas	Germinación (número)	Germinación (%)
Azul/Amarillo	A	6	100,00%
Rosa/Blanco	B	5	83,33%
Verde/Blanco	C	5	83,33%
Loz Verde	D	5	83,33%
TOTAL		21	97,50%

ALTUERA



Maceta	Semilla	Altura final (cm)	Altura media (cm)	Altura media (cm)
A	1	43	37,17	29,02
	2	33		
	3	39		
	4	32		
	5	41		
	6	41		
B	1	29	22,5	
	2	30		
	3			
	4	27		
	5	0,5		
	6	26		
C	1	39	36,20	
	2			
	3	29		
	4	42		
	5	37		
	6	33		
D	1	26	19,5	
	2			
	3	34		
	4	12		
	5	19		
	6	2		

Hosto zenbakia



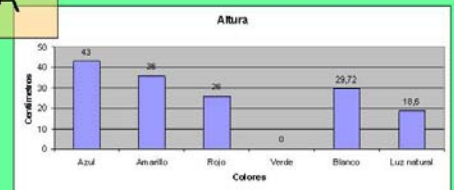
Maceta	Semilla	Número de hojas (final)	Número de hojas (media)	Número de hojas (media)
A	1	5	5	4
	2	4		
	3	6		
	4	5		
	5	5		
	6	5		
B	1	5	3	
	2	3		
	3			
	4	2		
	5	0		
	6	3		
C	1	8	7	
	2			
	3	7		
	4	10		
	5	4		
	6	6		
D	1	4	2	
	2			
	3	4		
	4	0		
	5	2		
	6	0		

ONDORIOAK

GERMINAZIO TASA



ALTUERA



HOSTO ZENBAKIA



ARGI DESBERDINEN ERAGINA FOTOSINTESIAN



LA ANUNCIATA IKASTETXEA
 Abril 2015ko Apirila
 Donostia

XIV.
BIBLIOGRAFÍA

<http://articulos.infojardin.com/anuales/SiembraEpoca.htm>
<http://articulos.infojardin.com/articulos/suelos-ideales-plantas.htm>
<http://articulos.infojardin.com/jardin/riego-aguas-regar.htm>
<http://astrojem.com/teorias/constantedeplanck.html>
<http://bio2bachilleratohernandezcuellar.blogspot.com.es/>
<http://biogeodemagallanes.wikispaces.com/2.1.+Nutrici%C3%B3n+vegetal>
<http://budacuatico.blogspot.com.es/2011/12/los-alimentos-y-la-luz.html>
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Esquema_de_la_reacci%C3%B3n_qu%C3%ADmica_de_la_fotos%C3%ADntesis_en_vectores.svg?uselang=es
<http://docentes.educacion.navarra.es/metayosa/1bach/1nutriplanta3.html>
<http://ecologiayevaluacion.blogspot.com.es/>
<http://ecosiembra.blogspot.com.es/2011/02/los-germinados.html>
<http://es.growlandia.com/noticias/laboratorio/emplea-la-mejor-luz-artificial-para-tu-cultivo-interior.html>
http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico
http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico
<http://es.wikipedia.org/wiki/Germinaci%C3%B3n>
http://es.wikipedia.org/wiki/Nutrici%C3%B3n_vegetal
<http://floresyjardin.es/el-agua-mas-conveniente-para-las-plantas/>
http://fresno.pntic.mec.es/msap0005/2eso/Tema_11/Tema_11.html
http://html.rincondelvago.com/fotosintesis-y-respiracion_2.html
<http://ilustrandoenlaescueladearte.blogspot.com.es/2013/03/iluminacion-en-ilustracion-y-el-arte.html>
<http://jardinesenlahistoria.blogspot.com.es/2013/03/los-1-0-jardines-mas-impresionantes-del.html>
<http://jardinplantas.com/composicion-de-abonos-y-fertilizantes/>
http://linux.ajusco.upn.mx/fotosintesis/fase_luminosa.html
http://paz-digital.org/new/index.php?option=com_content&task=view&id
<http://planthogar.net/enciclopedia/documentos/1/documentos-tematicos/331/cultivo-de-plantas-con-luz-artificial.html>
<http://portaldelafotosintesis.blogspot.com.es/2012/11/fotosintesis.html>
<http://quimicalibre.com/la-fotosintesis/>
<http://rena.edu.ve/primeraetapa/Ciencias/planta1.html>
http://sabelotodo.org/agricultura/generalidades/consideraciones_fertilizacion.html

<http://slideplayer.es/slide/2342013/>
<http://tgf.bligoo.com/como-elegir-una-planta-saludable>
<https://curiosidadcientifica.wordpress.com/tag/luz/>
<https://enciclopediagatuzo.wordpress.com/2012/11/12/la-fotosintesis/>
<https://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20121007202004AAj8Fs5>
www.8300.com.ar/2012/05/05/la-resistencia-de-la-semilla/
www.agronell.blogspot.com.es/2011/04/materia-organica-biologia-de-suelos.html
www.aplicaciones.info/naturales/natura07.htm
www.barrameda.com.ar/botanica/la-fotosintesis.htm
www.biologia.edu.ar/plantas/autevaluacion/evafotosint.htm
www.biologia.edu.ar/plantas/floxilrevisado.htm
www.botanica.cnba.uba.ar/Trabprac/Tp4/Lagerminacion.html
www.botanical-online.com/fotosintesis.htm
www.cannabiscafe.net/foros/showthread.php/293726-La-teoria-de-los-colores-y-los-espectros-en-las-plantas
www.consumer.es/web/es/bricolaje/jardin/2003/10/02/66215.php
www.diariodeunamujermadreyesposa.com/2012/10/domingo-germinando-y-creando.html
www.directodelnorte.com/propiedades_alubia_tolosa.html
www.edujardin.es/sembrar-en-macetas/
www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/fotosint.htm
www.efn.uncor.edu/departamentos/biologia/intrbiol/fotosint.htm
www.efn.uncor.edu/departamentos/biologia/intrbiol/fotosint.htm
www.efn.uncor.edu/departamentos/divbioeco/anatocom/Biologia/Celula/Metabolismo/Fotosintesis.htm
www.ehowenespanol.com/afecta-luz-azul-fotosintesis-planta-info_235840/
www.ehowenespanol.com/afecta-luz-crecimiento-plantas-como_173361/
www.ehowenespanol.com/condiciones-optimas-crecimiento-vegetal-hechos_329084/
www.ehowenespanol.com/crece-planta-mas-alta-diferentes-cantidades-luz-info_202362/
www.ehowenespanol.com/efecto-luz-crecimiento-plantas-sobre_48093/
www.ehowenespanol.com/efecto-luz-crecimiento-plantas-sobre_48093/
www.ehowenespanol.com/efecto-luz-crecimiento-plantas-sobre_48093/

www.ehowenespanol.com/efectos-diferentes-ondas-luz-espectros-luz-fotosintesis-info_290334/

www.ehowenespanol.com/importancia-del-agua-plantas-sobre_87645/

www.ehowenespanol.com/necesario-plantas-como_89958/

www.ehowenespanol.com/parte-del-espectro-luz-mas-plantas-info_53729/

www.escuelapedia.com/la-importancia-de-la-energia-solar/

www.espectrometria.com/espectro_electromagnetico

www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/AnPlantas.pdf

www.fisicanet.com.ar/fisica/ondas/ap10_luz.php

www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/

www.hidroponiacasera.net/luz-artificial-para-plantas/

www.importancia.org/?s=Fotos%C3%ADntesis

www.importancia.org/factores-abioticos.php

www.importancia.org/fotosintesis.php

www.importancia.org/fotosintesis-artificial.php

www.infovisual.info/01/020_es.html

www.monografias.com/trabajos94/informe-experimento-crecimiento-planta/informe-experimento-crecimiento-planta.shtml

www.observatoriodelaaccessibilidad.es/productos-apoyo/productos-apoyo/clasificacion/getclassproduct/lamparas-rayos-ultravioleta-uva-315-400-nm/index.html

www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Fotosintesis.htm

www.semillaseterno.com/germinacion

www.smart-fertilizer.com/articulos/nutrientes-vegetales

www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/8992759/Fotosintesis.html

www.uv.es/~bertomeu/material/museo/instru/espectro.htm

XV. AUTORES

1. ALUMNADO

LAJAS CASADO, Iñigo

MAILLO AGUADO, Gorka

PÉREZ RECALDE, Pedro M^a

2. COORDINADOR

LIZARAZU HERNANDO, Juan Carlos