

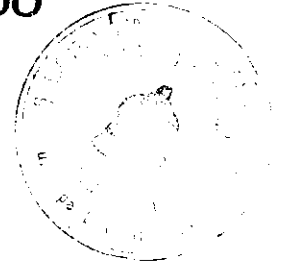
501 2

ESCUELA SUPERIOR DEL PROFESORADO  
FRANCISCO MORAZAN

Departamento de Formación Docente

Sección: Biología y Química

Profesor Asesor: Denis Chenebaux.



# FOTOSINTESIS EN LAS PLANTAS ACUATICAS

## TESIS

LEIDA POR LA ALUMNA

**IRMA GLADYS CASTILLO**

PREVIA OPCION AL TITULO DE

**Profesora de Educación Media en  
BIOLOGIA Y QUIMICA**



Noviembre, 1970

Tegucigalpa, D. C.

Honduras, C. A.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a:

Mis padres:

Sr. Francisco Castillo O. y

Sra. María Trinidad de Castillo

Con ternura y gratitud.

A mis hermanos y sobrinos:

Con amor fraternal.

A mis maestros de la Sección de Biología y Química y en especial al

Profesor: Dennis Chenebaux

Con agradecimiento.

A la Escuela Superior del Profesorado

Con reconocimiento.

---

## I N T R O D U C C I O N

Todos sabemos que la carencia de alimentos como factor social, económico y político, es uno de los problemas más graves que aqueja actualmente a la humanidad.

A quienes afecta este problema?.- A todos los seres vivos.- Pero entre ellos, hay unos que sufren más: el hombre y los animales.

Por qué no las plantas? Por que son los únicos seres vivos capaces de elaborar sus propios alimentos, mediante un fenómeno cuyo sentido general nos es familiar a todos, llamado FOTOSINTESIS

Pero qué es la FOTOSINTESIS? Cómo se puede poner en evidencia este -- fenómeno? Qué se necesita para ello?.- Estas y otras preguntas nos impulsaron a realizar este breve y sencillo estudio, donde no es posible sobreestimar la importancia fundamental de dicha función, que ha necesitado siglos de estudio e investigación; pero si creemos que Ud. encontrará facilidades para su aplicación sobre todo en nivel medio mediante:

- a) Unas experiencias sencillas y pedagógicas
- b) Materiales al alcance de sus recursos
- c) Una serie de conocimientos actuales resumidos.

A la vez que permitirá una enseñanza práctica y elocuente.- Nos daríamos por muy satisfechos, si este corto trabajo pudiera ayudar en algo a la educación de nuestro país.

---

## CAPITULO I

### RESUMEN HISTORICO SOBRE LA FOTOSINTESIS

Durante siglos esta función ha despertado la curiosidad del hombre, para alcanzar el nivel de conocimientos que ahora se tienen en este campo, se ha necesitado del esfuerzo de muchos y grandes científicos.

Las preguntas se han suscitado desde la época de Aristóteles y las respuestas aún se buscan.

- 1.- Hace 2.000 años atrás, Aristóteles pensó que el crecimiento de las plantas se debía a que las raíces se comían el suelo en el cual - estaban plantadas.- También dijo que el sol era necesario para tener verdes las plantas.- Tales ideas perduraron hasta 1648 cuando:
- 2.- Van Helmont demostró experimentalmente que el crecimiento de los - vegetales tenía su origen en la asimilación de agua y sustancias de la atmósfera.
- 3.- En 1772 Joseph Priestly descubrió que las plantas absorbían el bixido de carbono ( $CO_2$ ) expulsado por los animales y desprendían oxígeno ( $O_2$  que a su vez era necesario para la vida de estos últimos.
- 4.- En 1778 Senebier comprobó que la luz solar y el  $CO_2$  era necesarios para que se efectuara la fotosíntesis.
- 5.- En 1798 Jan Ingen-Housz (físico austríaco) demostró claramente que el  $CO_2$  de la atmósfera era necesario en crecimiento y nutrición de las plantas y que el  $O_2$  era un producto del proceso fotosintético.
- 6.- En 1804 Saussure dedujo que el agua era necesaria en dicho proceso y que los volúmenes de  $CO_2$  y  $O_2$  intercambiados, son iguales.
- 7.- En 1837 Dutrochet reconoció que la clorofila era necesaria en la - fotosíntesis.

8.- En 1840 Liebig afirmó que las plantas sintetizaban productos orgánicos usando el  $\text{CO}_2$  y el agua.

9.- En 1845 Julius Robert Von-Mayer (físico alemán) puso en evidencia la transformación de energía luminosa en química.

Finalmente los científicos llegaron a la conclusión que usando el agua y el  $\text{CO}_2$  de la atmósfera las plantas a la vez que crecían se alimentaban; pero aún quedaban otras preguntas por responder.

10.- En 1905 Blackman (fisiólogo vegetal británico) demostró que la fotosíntesis consistía al menos de dos series sucesivas de eventos

a) Reacción luminosa

b) Reacción oscura (reacción de Blackman).

11.- En 1937 Robin Hill (biólogo inglés) observó que los cloroplastos libres de células, desprendían  $\text{O}_2$  en presencia de luz sin participación de  $\text{CO}_2$  (reacción de Hill).

Otros científicos como Engelmann y Calvin también han ayudado a responder tales preguntas, sin embargo todavía hay pasos en la fotosíntesis que son desconocidos.

---

## CAPITULO I

### CONSIDERACIONES GENERALES

#### QUE ES LA FOTOSINTESIS?

La fotosíntesis, llamada también "función clorofila" por ser realizada en los órganos verdes que contienen clorofila, es la función mediante la cual ciertas sustancias inorgánicas que toman las plantas del medio ambiente, se transforman en materias orgánicas nutritivas glucídicas.

#### A) Localización del fenómeno.

Todo órgano vegetal de color verde, es capaz de realizar la fotosíntesis, sin embargo son las hojas los órganos que principalmente tienen clorofila y por lo mismo, donde fundamentalmente se realiza el fenómeno.

#### Estructura de una hoja.

Para observar la estructura de una hoja, se puede hacer un corte transversal muy fino de ella, de modo que pueda ser vista al microscopio.- En su haz ó cara superior existe una capa traslúcida de células pavimentosas que forman la epidermis.- Debajo de ella, se encuentran unas células largas de paredes finas y color verde colocadas perpendicularmente y formando una o más hileras regulares, que constituyen el parénquima en empalizada.- Es aquí donde se realiza principalmente la fotosíntesis, debido a que sus células son muy ricas en cloroplastos; y por consiguiente en granos de clorofila.- A continuación existe el parénquima lagunoso (entre sus células quedan espacios libres llamados meatos aéreos) que también posee cloroplastos pero en pequeña cantidad, por lo que aquí la fotosíntesis es poco intensa.- Por debajo y cubriendo al parénquima lagunoso, es

ta la epidermis inferior semejante a la superior pero con muchos -- estomas, que ponen en comunicaci3n los meatos a3reos con la atm3sfe ra exterior y facilitan los intercambios gaseosos.

B) Qu3 es la Clorofila?

Es un pigmento verde que se encuentra en los cloroplastos y da el color característico a las plantas.- Es insoluble en el agua, pero soluble en disolventes orgánicos (alcohol, tetracloruro de carbono etc).

Este pigmento participa activamente en la fotosíntesis.- Existen -- por lo menos seis tipos de clorofila en las plantas.

Componentes de la Clorofila.-

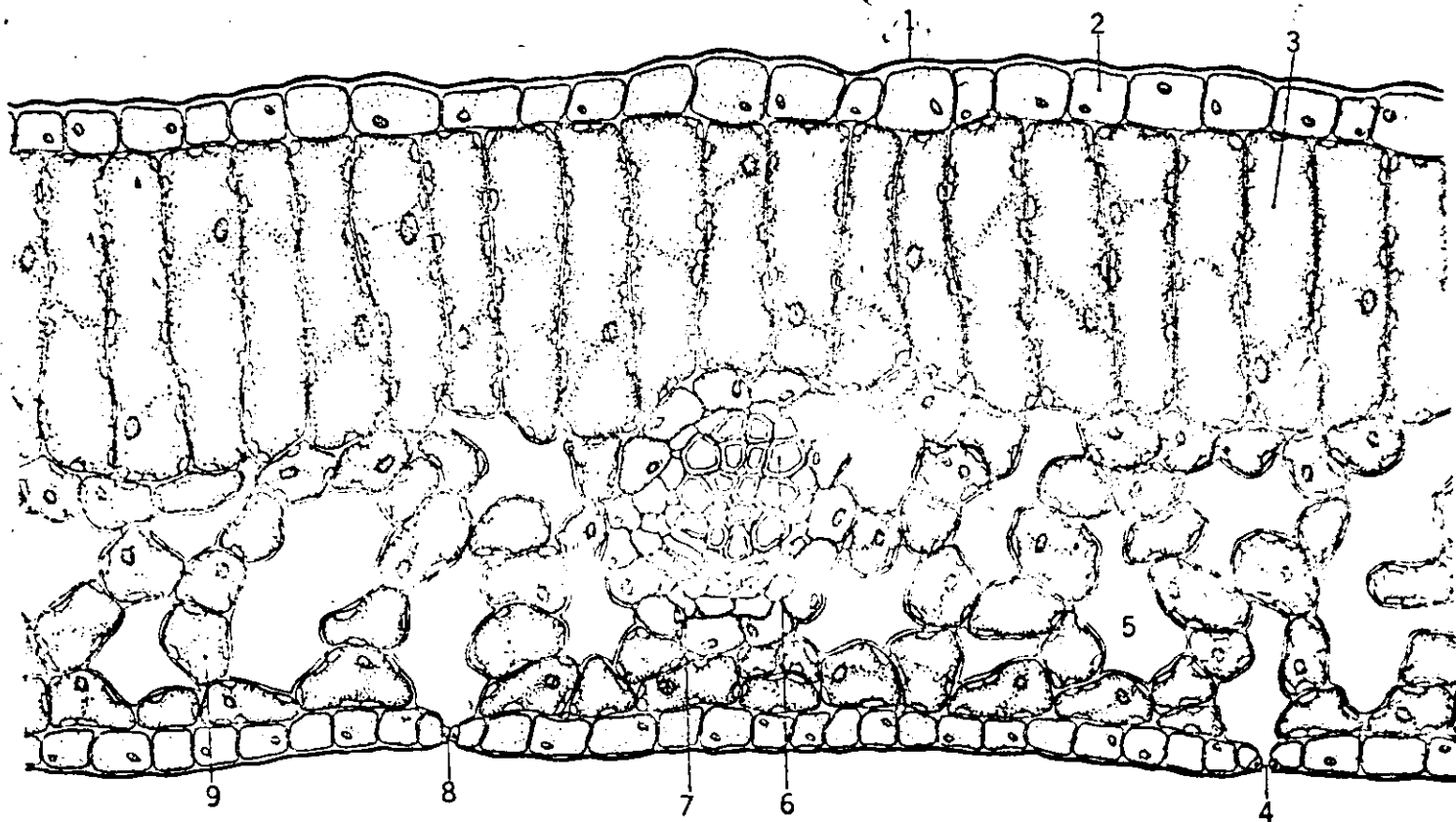
La clorofila viene siempre acompañada de otros dos pigmentos, uno de color naranja fuerte o rojo que es la Carotina y otro de color amarillo que es la xantofila.- La clorofila propiamente dicha se divide a su vez en otras, de las cuales dos son las más conocidas: La clorofila A (color verde azulado) y la clorofila B (color verde oli vo).

Desde el punto de vista químico, la clorofila es un compuesto metaloporfirinico, nitrogenado (C.H.O.N.) muy complejo que contiene además magnesio.

C) Breve explicaci3n de la Fotosíntesis.-

Para que se efectúe la Fotosíntesis es indispensable que las plantas verdes reciban la luz del sol, tomen agua con sales minerales disueltas y esten en contacto con el aire que contiene CO<sub>2</sub>

## ESTRUCTURA DE UNA HOJA



1.- CUTICULA

2.- EPIDERMIS

3.- PARENQUIMA EN EMPALIZADA

4.- ESTOMA ABIERTO

5.- MEATOS ABIERTO

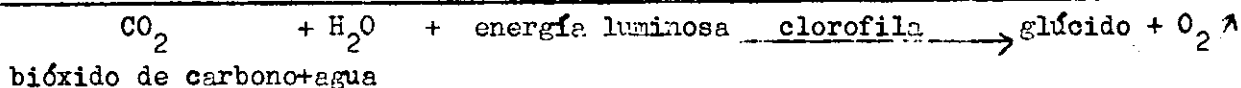
6.- FLOEMA

7.- XILEMA

8.- ESTOMA CERRADO

9.- PARENQUIMA LAGUNOSO O ESPONJOSO

En estas condiciones el vegetal absorbe la energía luminosa, que le permitirá fijar el  $\text{CO}_2$  que en presencia del agua formará glúcidos (compuesto orgánico) desprendiéndose  $\text{O}_2$  así:



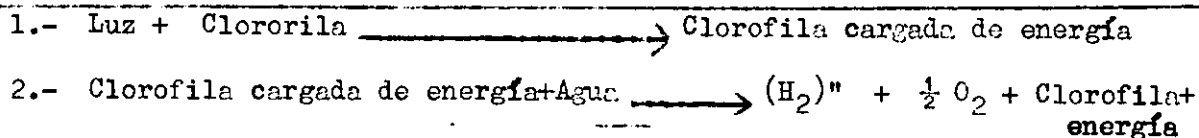
Pero las reacciones de síntesis de los glúcidos, no son tan sencillas como pueden parecer por lo que acabamos de decir.- Descubrimientos recientes, han demostrado que en efecto dicha función se realiza en dos etapas.

### Etapas de la fotosíntesis

- 1.- Etapa fotoquímica ó luminosa (presencia necesaria de luz)
- 2.- Etapa oscura ó termoquímica (sin necesidad de luz).

#### 1.- Etapa fotoquímica ó Luminosa

Se realiza en fracción de segundo.- En esta fase la energía luminosa (generalmente solar), captada por la clorofila sirve para la descomposición del agua en sus constituyentes.- Esta reacción es en esencia una fotólisis del agua, así:



Se representa por  $(\text{H}_2)''$  una molécula de  $\text{H}_2$  que no está libre sino fija a un transportador, que en este caso es una coenzima (parte activa de un catalizador enzimático), llamada NADP (nicotinamida adénina dinucleótido fosfato) que se reducirá aceptando los  $(\text{H}_2)''$  a NADPH<sub>2</sub>- Se desprende energía que es almacenada en una molécula llamada ADP (adenosín difosfato), quien ganará un radical fosforil (Pi) y se convertirá en ATP (adenosín trifosfato) según la reacción.



## 2.- Etapa termoquímica u oscura

Necesita para efectuarse varios segundos.- Se caracteriza porque se hace en ausencia de luz, y es la fase durante la cual el  $(\text{H}_2)$  llevado -- por la  $\text{NADPH}_2$  gracias a enzimas se "fija" sobre el  $\text{CO}_2$  absorbido por el cloroplasto para dar finalmente glúcido.- Esta etapa necesita energía que se tomará del ATP y  $\text{NADPH}_2$  previamente fabricado, donde está almacenada.

Para facilitar su claridad se han resumido algunos pasos.

Durante su realización se hace necesaria la intervención de muchas -- coenzimas que se resumen bajo el nombre de COENZIMA E.

Existe, antes de realizarse la fotosíntesis, en el cloroplasto de la hoja, un azúcar capital llamado 1,5-Ribulosa difosfato (fosforilado en posición 1 y 5) simbolizado por 1,5 Ribu-di-P, que es el encargado de tomar el  $\text{CO}_2$  del aire; y bajo la catálisis de COENZIMA E, se forma el primer compuesto orgánico fotosintetizado que se conoce con seguridad el Acido 3, -- Fosfoglicérico (fosforilado en posición 3) simbolizado por 3-PGA.- La reacción da como resultado dos moléculas de 3-PGA.

Este ácido bajo la intervención de  $\text{NADPH}_2$  (reacción endotérmica), previamente fabricada y mediante la energía desprendida por el rompimiento de un enlace fosforil del ATP que se transforma en ADP, podrá reducirse en -- otras dos triosas llamadas 3-Fosfogliceraldehido (aldehído fosforilado en posición 3) desprendiéndose NADP más un radical fosforil.

Las dos moléculas de 3-PGAL (3-Fosfogliceraldehido) mediante varias -- etapas se transformarán en Fructosa 6-Fosfato (fructosa fosforilada en posi

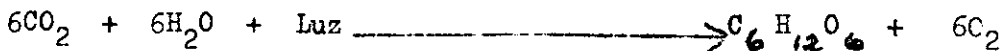
ción 6) simbolizada por Fr.6-P, quien a su vez se transformará en Glucosa 6-Fosfato (G1.6-P), que al final se polimerizará en Almidón, gracias a la intervención de otras enzimas.

Para que se mantenga el ciclo es necesario regenerar la Ribu 1,5-diP. A esto se va a dedicar mediante otras etapas una parte del 3-PGAL formado.

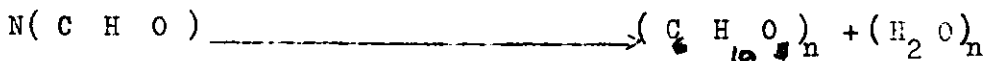
Hay que tener presente que para formar almidón, se necesitan N-moléculas de glucosa que se conseguirán a partir de 6N-moléculas de  $CO_2$  y 6N - moléculas de agua.

Todo lo anteriormente expuesto se resume en el esquema de la página siguiente.

BALANCE SIMPLIFICADO



Polimerización de la glucosa en almidón:

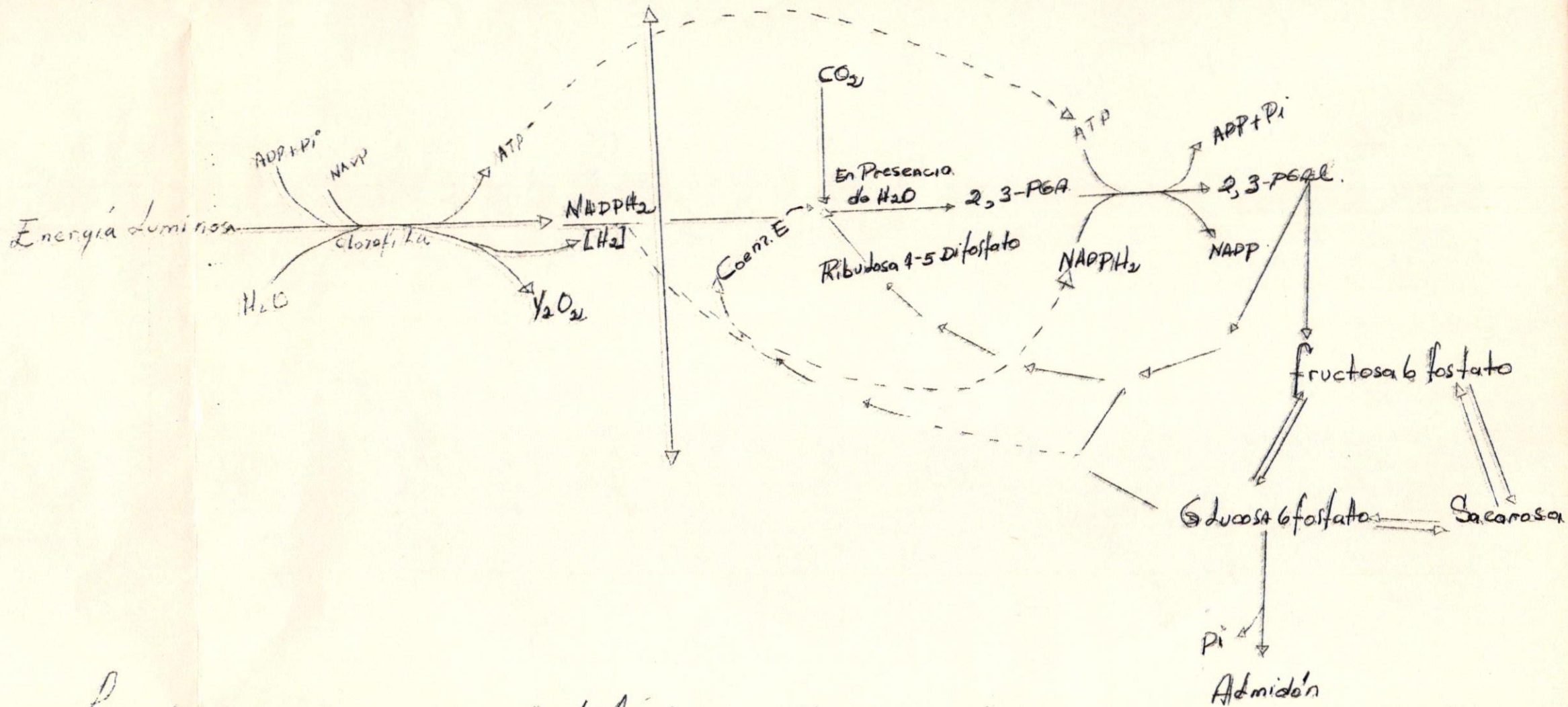


CONCLUSIONES

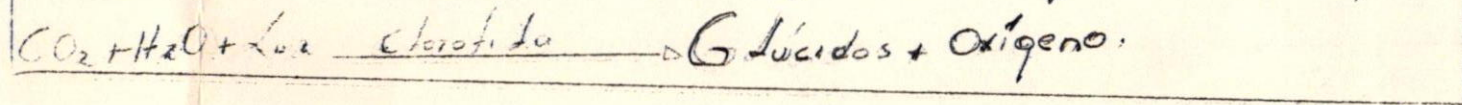
- a) Hay consumo de seis moléculas de  $CO_2$  y seis moléculas de  $H_2O$  por molécula de glucosa sintetizada.
  - b) Es un proceso endoenergético, es decir sólo se desarrolla cuando se proporciona energía luminosa a la célula fotosintetizadora.
-

Etapa luminosa

Etapa Oscura



La realización de los dos etapas dará finalmente glucidos + Oxígeno.



PLAN GENERAL DE TRABAJO

El Plan General comprende tres grupos de experiencias destinadas a poner en evidencia el desprendimiento de oxígeno por las plantas acuáticas verdes durante la fotosíntesis.

A) Experiencia Preliminar Testigo.

- 1.- Finalidad
- 2.- Principio
- 3.- Material
- 4.- Método
- 5.- Observaciones
- 6.- Conclusiones.

B) Efecto de la Concentración de  $CO_2$

- 1.- Experiencia N°-1: Con agua de sifón (gran concentración de  $CO_2$ )
- 2.- Experiencia N°-2: Con agua ordinaria (concentración normal de  $CO_2$ ).
- 3.- Experiencia N°-3: Con agua destilada (concentración nula de  $CO_2$ )
- 4.- Material
- 5.- Método
- 6.- Observaciones
- 7.- Discusiones y Conclusiones.

C) Efecto de la Luz

- 1.- Con luz blanca natural: Referirse a experiencia N°2 del grupo B.
- 2.- En ausencia de luz: Experiencia N° 4
- 3.- Con luz artificial: Experiencia N° 5-6-7

Experiencia N: 5: Con luz blanca artificial

Experiencia N: 6: Con luces de color

Experiencia N: 7: Con luz blanca artificial sobre clorofila.

4.- Material

5.- Método

6.- Observaciones

7.- Discusiones y Conclusiones.

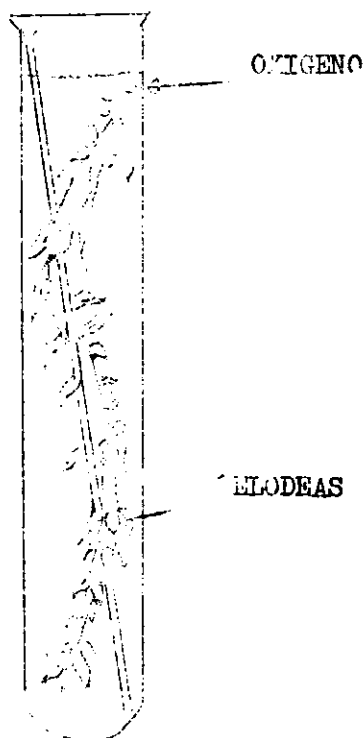
---

## CAPITULO III

### COMO PONER EN EVIDENCIA EL DESPRENDIMIENTO DE OXIGENO POR LAS PLANTAS VERDES ACUATICAS DURANTE LA FOTOSINTESIS

Si observamos a través de un recipiente de vidrio, unas plantas acuáticas sumergidas, cuando están iluminadas por el sol; vemos que desprenden burbujas.- Esto nos indica que algún gas es liberado por dichas plantas durante la fotosíntesis.

El caso anterior se puede ver a simple vista en el caso de las algas filamentosas de agua dulce: Elodeas, Spirogyras, Lentejuelas de agua cuando la acumulación de dichas burbujas de gas entre los filamentos, permiten que las masas de algas floten en la superficie del agua cuando han sido -- iluminadas fuertemente por algún tiempo.- Figura siguiente:



Para conocer que tipo de gas es el desprendido se puede realizar la siguiente experiencia:

A) Experiencia Preliminar Testigo

Finalidad:

Conocer que tipo de gas es el desprendido por las plantas verdes acuáticas durante la fotosíntesis.

Principio:

Es conocida como una propiedad característica y específica del  $O_2$ , su aptitud a inflamar una astilla con punto de ignición.- En consecuencia toda sustancia que en condiciones normales presente este efecto, contiene  $O_2$  libre.

Material:

Tubo de ensayo con  $O_2$  desprendido por una planta acuática. Astilla con punto de ignición (recién apagada).

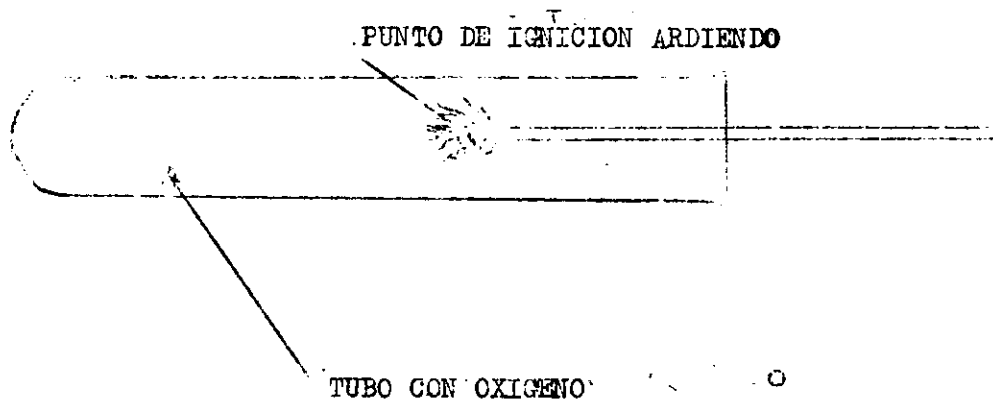
Método:

En un tubo de ensayo que contiene  $O_2$  se introduce la astilla de madera con punto de ignición.

Observaciones:

La astilla se enciende, arde con llama viva (el  $O_2$  es comburente)

Figura siguiente:



Conclusiones:

El gas desprendido contiene O libre.

En las experiencias que se describen a continuación tomaremos (basándonos sobre trabajos ya realizados, ver Historial) éste desprendimiento de O, como signo indiscutible de previa fotosíntesis.- En razón de la corta extensión de este trabajo no nos es posible desarrollar el razonamiento que desemboca en la precedente afirmación.

B) Segundo grupo de Experiencias

Finalidad:

Estudio del efecto de varias concentraciones de CO<sub>2</sub> (en el agua de experimentación), sobre la fotosíntesis.

Dicho estudio se realiza en tres experiencias:

Experiencia Nº.1: Efecto de una gran concentración de CO<sub>2</sub>  
(con agua de sifón)

Experiencia Nº 2: Efecto de una concentración ordinaria de CO<sub>2</sub>  
(agua corriente).

Experiencia Nº 3: Efecto de una concentración nula de CO<sub>2</sub> (con agua destilada ó hervida)

Experiencia Nº. 1

Efecto de una gran concentración de CO sobre la fotosíntesis.

Materiales:

Se dispone de un laboratorio se utilizarán: Una vez realizado el montaje se pone a la luz directa del sol.

- 1.- Un erlenmeyer ó vaso de precipitados; de tamaño regular (1000 mililitros).
- 2.- Un embudo de vidrio.
- 3.- Un tubo de ensayo graduado.
- 4.- Agua de Seltz ó de Sifón ( con suficiente CO disuelto), para lo cual se puede utilizar una Soda simple ó Canada Dry (contiene agua, CO y un concentrado desconocido, que suponemos no influye en la reacción).
- 5.- Agua potable o corriente.
- 6.- La planta a utilizar que puede ser:

Cualquier alga de agua dulce (Elodea)

Otra planta acuática que encuentra en el río ó charco más cercano

II.- Si no se dispone de un laboratorio, se pueden utilizar:

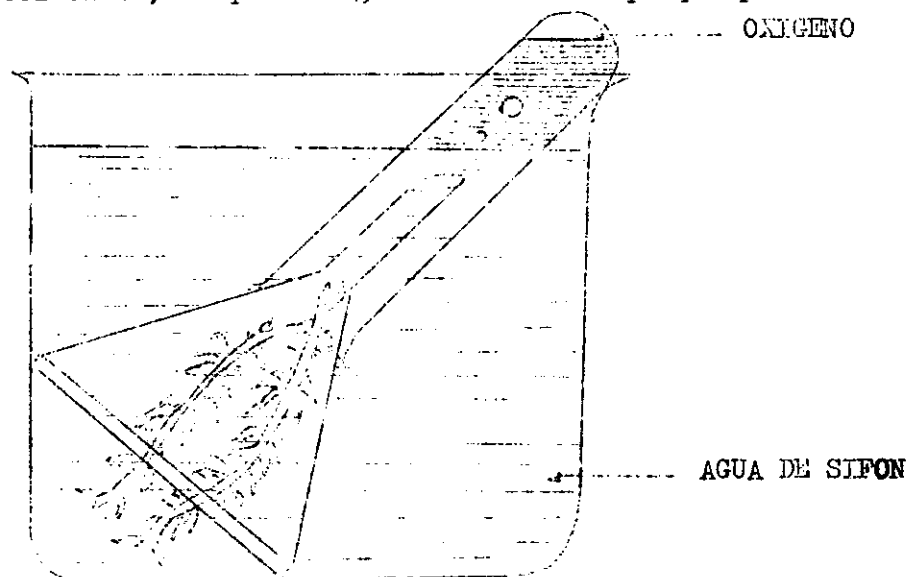
- 1.- Un recipiente de vidrio, de boca ancha y tamaño mediano.
- 2.- Un embudo de metal o se puede fabricar uno, con cartón o cartulina resistente.
- 3.- Un bote cilíndrico de boca bastante pequeña, en el cual se hacen mediciones raspando el vidrio con una lima.
- 4.- Agua de sifón para lo cual se puede utilizar una Soda Simple.
- 5.- Cualquier alga verde de agua dulce u otra planta acuática.

#### Método:

En el recipiente de vidrio, se vierte la Soda Simple y el agua hasta llenar 700 mltrs. (más ó menos  $3/4$  partes del recipiente).

La concentración de  $CO_2$ , aunque desconocida, sabemos que es grande y la solución se puede tomar como saturada.- En el interior del recipiente se depositan las algas, se coloca el embudo invertido sobre ellas de manera que las cubra y sobre éste último, viene el tubo graduado también invertido y lleno de líquido.- Se debe tener el cuidado

al colocarlo, de que el agua no se vierta porque penetraría el aire.



Una vez realizado el montaje se pone a la luz directa del sol.

#### Observaciones:

La experiencia se llevó a cabo con Elodeas y otra planta acuática llamada Berro ó Lechuga que se encuentra en las orillas del río Chiquito.

Tiempo de experiencia para las dos plantas: 4 horas

Horas: 9.45 a.m. - 2 p.m.

Temperatura ambiente: 28<sup>o</sup> Centigrados.

Cantidad de gas desprendido por:

Elodeas: 22 Cms<sup>3</sup>

Berros: 22.8 Cms.<sup>3</sup>

El desprendimiento de gas por las plantas, permite que el nivel del tubo baje.

#### Discusiones y Conclusiones:

Podemos notar que las condiciones son favorables para ambas plantas, - sin embargo, hay una pequeña diferencia en la cantidad de gas desprendido - por los berros.

Conclusión: Entre dos plantas de distintas especies deben existir factores estructurales y anatómicos que son determinantes en la variación de los resultados obtenidos.- La masa de ambas plantas es igual.

Al quitar rápidamente el tubo lleno de gas, se introduce una astilla con punto de ignición.- Observamos que se enciende.

Conclusión: El gas contiene oxígeno desprendido durante el proceso fotosintético.

### Experiencia Nº 2

Efecto de una concentración ordinaria de  $\text{CO}_2$  sobre la Fotosíntesis. En condiciones naturales favorables o iguales la intensidad de la Fotosíntesis en dos plantas de distintas especies depende de muchos factores tales como: Estructura, Anatomía, Estado Fisiológico de la hoja.

#### Materiales:

Los anteriores menos el agua de sifón.

#### Método:

Mismos pasos anteriores, usando agua ordinaria.

#### Montaje:

Igual al anterior.

#### Observaciones:

Tiempo de Experiencia: 4 horas

Hora: de 9.45 a.m. - 2.00 p.m.

Temperatura Ambiente:  $27^{\circ}\text{C}$ .

Sol brillante

Gas desprendido por: ELODEAS:  $0.8 \text{ cm}^3$

BERROS:  $1.5 \text{ cm}^3$

Número de ensayos: Tres.

Masa: Igual en ambas plantas.

Discusiones y Conclusiones:

1.- Siendo las condiciones menos una (agua de sifón) idénticas a la experiencia anterior, podemos comparar los resultados en ambos casos; observamos que ahora el desprendimiento de gas en ambas plantas es menor que el caso anterior.

Conclusión: Esto nos permite deducir que en condiciones naturales favorables (masa de las plantas, luz, temperatura, agua), la concentración de  $CO_2$  es un factor que limita la intensidad de la Fotosíntesis.

Experiencia Nº 3

Efecto de una concentración nula de  $CO_2$  sobre la Fotosíntesis.

Materiales:

Los anteriores sin utilizar ni agua potable, ni agua de sifón, a cambio de ellas se utilizarán: Agua destilada o hervida.

Método: Igual a la anterior.

Montaje: Igual a la anterior.

Observaciones:

Tiempo de Experiencia: 2 horas

Hora: de 9 a 11 a.m.

Temperatura Ambiente:  $29^{\circ}C$ .

Sol brillante.

Gas desprendido por: ELODEAS: 0

BERROS: 0

Discusiones y Conclusiones:

1.- No se observa desprendimientos de burbujas, en ninguna de las dos plantas, ya que sabemos que al hervir o destilar el agua, se elimina el aire que contiene y por consiguiente el  $\text{CO}_2$ .- Entonces cuando no hay  $\text{CO}_2$  en el agua no hay Fotosíntesis.

Conclusión: El  $\text{CO}_2$  que toma la planta es del aire disuelto en el agua.

El  $\text{CO}_2$  es necesario para que haya Fotosíntesis.

OBSERVACIONES GENERALES DE LAS TRES EXPERIENCIAS:

EXPERIENCIA Nº 1: Fotosíntesis Activa con agua de sifón.

EXPERIENCIA Nº 2: Fotosíntesis Mediana con agua corriente.

EXPERIENCIA Nº 3: Fotosíntesis Nula con agua destilada o horvida.

CONCLUSIONES GENERALES DE LAS TRES EXPERIENCIAS:

- 1.- Parece ser, que efectivamente, la concentración de  $\text{CO}_2$  ejerce una acción determinante en la intensidad de la Fotosíntesis.
- 2.- Podemos decir que en condiciones naturales favorables de iluminación y temperatura el factor limitante es el contenido de  $\text{CO}_2$  de la atmósfera.
- 3.- El agua adecuada rica en  $\text{CO}_2$ , es necesaria para que se efectúe la Fotosíntesis.

C) Tercer Grupo de Experiencias

Finalidad:

Estudio del efecto de la luz sobre la Fotosíntesis.

Para mayor claridad distinguiremos experiencias con luz natural y con luz artificial.

- a) Experiencias Nº 1; Nº 2 y Nº 3 con luz natural, estudiadas anteriormente.

b) Experiencia Nº 5; Nº 6 y Nº 7 con luz artificial.

Las tres primeras nos permitieron observar que si los demás - factores ( $\text{CO}_2$ , Temperatura y Agua), están en cantidad favorable el efecto de la luz solar es positivo.

#### Experiencia Nº 4

Efecto de la Ausencia de luz sobre la Fotosíntesis (Caso opuesto a la Experiencia Nº 2).

#### Materiales:

Los anteriores (excepto agua de sifón) y un cajón de madera, - caja o gaveta donde no se filtre la luz.

#### Método:

Igual al anterior, pero manteniendo la planta en la oscuridad.

#### Observaciones:

Tiempo de Experiencia: 6 horas

Hora: De 8 a.m. a 2 p.m.

Temperatura Ambiente:  $28.5^{\circ}\text{C}$ .

Cantidad de Gas desprendido por:

ELODEAS: 0

BERROS: 0

#### Discusiones y Conclusiones:

1.- Puesto que en casos anteriores (Experiencia Nº 2), en presencia de luz - había desprendimiento de Oxígeno y ahora no, podemos concluir que:

CONCLUSION: La presencia de luz es necesaria en la Fotosíntesis.

Experiencia Nº 5

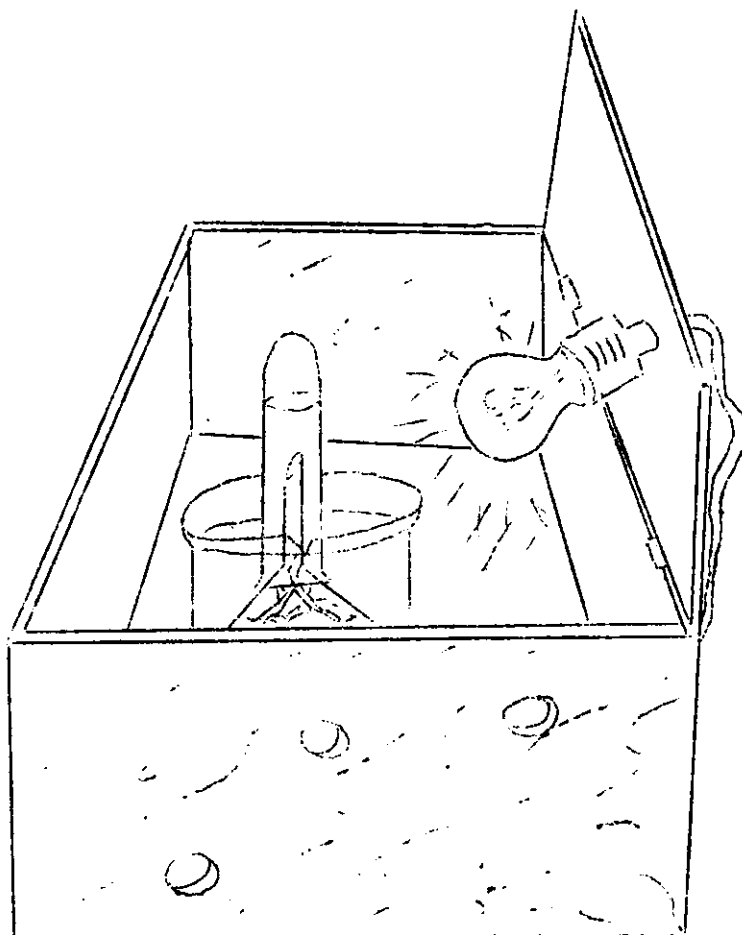
Efecto de la luz blanca, artificial en la Fotosíntesis

Materiales:

Los anteriores utilizando agua potable, agua de sifón (solución saturada) y: un foco ó lámpara, una caja de cartón o cajón de madera con orificios que permitan la entrada del aire.

Método:

Misma experiencia anterior.- La experiencia montada **se coloca** en el interior del cajón que tiene su foco encendido y con sus orificios abiertos.- Ver figura:



Observaciones:

Tiempo de experiencia: 42 minutos

Hora: De 9.30 a.m. - 10.15 a.m.

Temperatura Ambiente: 28°C.

Temperatura en el interior del cajón: 30°C.

Luz artificial directa de 110 voltios y 40 watts.

Distancia entre el foco y recipiente: 27 cms.

Gas desprendido por Elodeas: 20 mltrs.

Esta experiencia se hizo sólo con Elodeas.

Discusiones y Conclusiones:

El desprendimiento de O<sub>2</sub> fue rápido debido posiblemente a que la luz - que recibía la planta era directa o intensa.- Además el agua contenía suficiente CO<sub>2</sub>.

Es posible que la cercanía entre el foco y el recipiente de la práctica, haya provocado un calentamiento grande.- Sin embargo, esto no es importante puesto que el cajón tenía muchos orificios.

Comparando estos resultados con los de la Experiencia N<sup>o</sup> 1, en las Elodeas, podemos notar que la diferencia es muy poca por lo que razonablemente podemos decir que:

Conclusión: La luz artificial sirve también a las plantas para llevar a cabo la Fotosíntesis.

Experiencia N<sup>o</sup> 6

Efecto de la longitud de onda sobre la Fotosíntesis

Materiales:

Los usados en la experiencia anterior y papel celofán rojo, azul, amarillo y verde, para obtener luces de distintos colores.

Método:

El anterior, forrando el foco con papel celofán ya sea rojo - azul, amarillo, o bien verde.

Montaje:

El anterior exponiendo la planta a la luz del color correspondiente.

Observaciones:

Se hizo la experiencia con luces; roja, azul, amarilla y verde.- Condiciones iguales en todos los casos.

CUADRO DE LAS CONDICIONES SEGUIDAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

Color de la luz / Condiciones	ROJO	AMARILLO	VERDE	AZUL
Horas de la mañana 9.45 -11 a.m.	Desprendimiento - muy rápido de gas	Desprendimiento de gas lento	Desprendimiento - de gas muy lento.	Desprendimiento rápido de gas
Tiempo de experiencia: 75 minutos	Desprendimiento terminó en 30 minutos	75 minutos	75 minutos	Desprendimiento acabó en 45 minutos.
TEMPERATURA PROMEDIO 28.5° C.				
RESULTADOS Cantidad de gas desprendido.	24.5 cm <sup>3</sup>	4 cm <sup>3</sup>	1.5 cm <sup>3</sup>	19.5 cm <sup>3</sup>

Discusiones y Conclusiones:

- 1.- En iguales condiciones de experiencias se observó, que el rayo de luz - más eficaz fue el rojo, siguiéndole en su orden: azul, amarillo y verde.  
Conclusión: De los rayos del espectro luminoso, el rojo es el más eficaz, por lo tanto el que más contribuye en la Fotosíntesis.

2.- Las luces amarilla y verde provocan un pequeño desprendimiento de gas, lo que quiere decir que la planta siempre los utiliza pero en pequeña cantidad.

Conclusión: El rayo verde influye en mínimo grado en la Fotosíntesis.

Notas de Observación:

- 1.- Lo anteriormente expuesto se puede demostrar en la experiencia N° 7.
- 2.- No todos los rayos presentan la misma eficacia debido a su longitud de onda y a su intensidad. (tomar de otra Tesis).
- 3.- Las experiencias N° 5 y N° 6 se pueden hacer sin utilizar agua de sifón en tal caso se observará que el desprendimiento de  $O_2$  es lento y poco - pero siempre la fluctuación entre los distintos resultados será la misma.

Experiencia N° 7

Poner en evidencia cuales son los rayos más absorbidos por una solución bruta de clorofila.

Para facilitar su comprensión se divide en dos partes:

Primera Parte: Obtención de la clorofila.

Segunda Parte: Estudio de una propiedad óptica de la clorofila.

Primera Parte

Obtención de la clorofila.

Materiales:

Hojas de Apio ó Espinaca

Mechero, embudo

Agua, papel filtro

Matraz, alcohol

Arena fina, mortero y pistilo.

Sino se dispone de estos materiales se pueden usar:

Hojas de cualquier planta verde

Embudo de metal

Una manta para filtrar

Alcohol, éter de petróleo, tetracloruro de carbono.

Un recipiente de metal o de vidrio

Un objeto con el cual se pueden macerar las hojas.

Método:

En un matrás o recipiente que contiene agua, se introducen las hojas, se somete a calentamiento, hasta que el líquido entre en ebullición.- Una vez hervidas las hojas, se sacan, se secan y se machucan en un mortero con alcohol y arena muy fina (facilita el machucado).- Se filtra la masa obtenida y se tiene entonces una disolución en alcohol de clorofila bruta.

Segunda Parte

Estudio de una propiedad óptica de la clorofila (cuales son los rayos más absorbidos).

Una corta introducción parece necesaria para aclarar lo que seguirá

INTRODUCCION

Según una teoría, la luz blanca visible consiste en ondas o vibraciones que varían en frecuencia.- Estas ondas se originan en un cuerpo muy caliente como el sol, una bombilla eléctrica o las partículas de carbón caliente de una llama de gas.

Cómo se puede observar esto?

Un rayo de luz blanca que atraviesa un prisma de cristal, se descompone en sus rayos constitutivos de acuerdo al orden de sus longitudes de ondas.-

El conjunto de bandas de colores que resulta recibe el nombre de espectro-  
así:

Rojo-Anaranjado-Amarillo-Verde-Azul-Indigo-Violeta.

Más allá del rojo y del violeta hay radiaciones invisibles por ser --  
muy largas ó muy cortas.- Tales ondas visibles o no, llevan una energía lla-  
mada Radiante.

Los materiales coloridos absorben algunos de los rayos de luz blanca -  
que los alcanzan y reflejan otros hacia el ojo.

Cuando se ve en luz transmitida (luz que ha pasado a través del objeto  
antes de llegar al ojo) una solución de clorofila es verde pero cuando se -  
ve la solución en luz reflejada, aparece de color rojo; esto se debe a la  
FLUORESCENCIA (cambios de longitud de algunas ondas de luz absorbidas a --  
otras de mayor longitud) que poseen las clorofilas A y B lo que vamos a --  
estudiar será cuales son los rayos de luz visible que absorbe la solución  
bruta de clorofila y tratar de ver si hay o no relación entre el rayo más  
absorbido y el más eficaz en la Fotosíntesis.

#### Material:

Se debe hacer preferentemente de noche, en caso contrario se  
usa un cuarto oscuro.

Una lámpara que deje pasar un rayo de luz blanca.

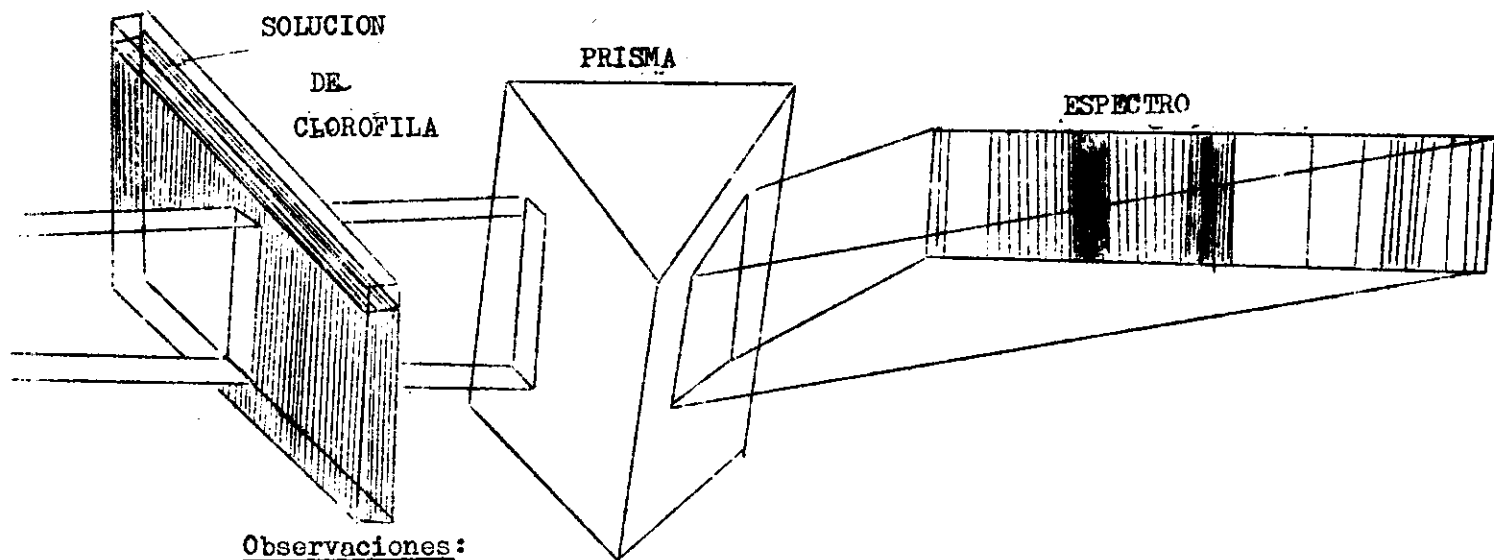
Un prisma de cristal, un foco de 40 W. y 110 V.

Un bote de caras planas que contenga la disolución de clorofi-  
la.

#### Método:

En un lugar oscuro, se instala una lámpara de manera que sólo -  
deje un rayo de luz; en el trayecto del rayo se interpone un --

bote de caras planas conteniendo la solución de clorofila y a continuación un prisma.- Se observa luego el espectro (se puede usar como pantalla una hoja de papel blanco).



Observaciones:

Tiempo total de experiencia: 2.30 horas.

Al observar el espectro, notamos que el rayo rojo casi no se transmite lo mismo sucede con el azul.

Discusiones y Conclusiones:

1.- El espectro obtenido tiene variación en la visibilidad según la concentración de la clorofila.- En efecto, con una concentración débil se ve muy bien pero con una fuerte concentración casi no se transmite.

Habiendo tomado la concentración adecuada de clorofila bruta, pudimos observar que el rayo rojo, a pesar de no serlo totalmente, es el más absorbido.- Comparando este resultado con el de la Experiencia Nº 6 podemos decir que:

Conclusión: El rayo más eficaz es el que más se absorbe, y es lógico pensar que al ser absorbido por la clorofila no puede salir en el espectro.

2.- El rayo azul se transmite muy poco.

Conclusión: El rayo azul fue absorbido pero en menor grado que el rojo.

3.- La mayoría del naranja, amarillo y verde aparecen muy visibles en el espectro.

Conclusión: Estos rayos son escasamente absorbidos, o no lo son en absoluto.

#### OBSERVACIONES GENERALES DE LAS CUATRO EXPERIENCIAS

EXPERIENCIA N<sup>o</sup> 4: Desprendimiento de O<sub>2</sub> nulo en ausencia de luz (Comparada con Experiencia N<sup>o</sup> 2).

EXPERIENCIA N<sup>o</sup> 5: Con luz blanca artificial hay desprendimiento de O<sub>2</sub> análogo al resultado de la Experiencia N<sup>o</sup> 1 con luz solar normal.

EXPERIENCIA N<sup>o</sup> 6: Mayor desprendimiento de O<sub>2</sub> con luz roja y menor desprendimiento con luz verde.

EXPERIENCIA N<sup>o</sup> 7: Mayor absorción por la clorofila del rayo rojo y menor absorción del verde.

#### CONCLUSIONES GENERALES DE LAS CUATRO EXPERIENCIAS

1.- La comparación entre experiencia N<sup>o</sup> 2 y N<sup>o</sup> 4 (en iguales condiciones - menos luz) confirma que la luz es necesaria en la fotosíntesis.

2.- La comparación entre experiencias N<sup>o</sup> 1 y N<sup>o</sup> 5, nos demuestra que la luz de cualquier origen, es necesaria para que se efectúe la fotosíntesis.

3.- La comparación entre los distintos ensayos de la Experiencia N<sup>o</sup> 6, muestra que de los cuatro rayos de luz visible estudiados; el rayo rojo parece tener la mayor eficacia, seguido por el azul y mucho después por el amarillo.- En cuanto al rayo verde sería considerado como el de menor eficacia.

- 4.- La comparación entre experiencias Nº 6 y Nº 7, parece confirmar que el rayo más absorbido es el más eficaz en la Fotosíntesis.- Al ser absorbido tiene que ser consumido, lo que viene a confirmar el Esquema de - Introducción; que pregonaba una acción directa no catalítica de la luz, sobre la Fotosíntesis.
- 5.- Se puede pensar entonces, que quizá, de todos los rayos integrantes de la luz blanca; pocos rayos son los que llevan la casi totalidad de la eficacia durante la Fotosíntesis.

#### Advertencia al Lector

Antes de llegar a las conclusiones finales, queremos decir al lector - que éste trabajo no pretende ser una obra científica de investigación original; es más que todo, la comprobación de una serie de experiencias pedagógicas y sencillas que nos permiten comprender mejor la realidad de la Fotosíntesis.

Tampoco podemos decir que los resultados y cifras obtenidas sean las - definitivas, en primer lugar porque las experiencias no han sido repetidas tantas veces como las que se necesitan para que sus resultados sean consideradas como tales; y en segundo lugar porque hay diversidad de factores - que pueden alterar dichos resultados como:

Tipo de planta a usar, mes en que se realiza la experiencia, ahora del día, clima y otros.

---

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES FINALES

A pesar de las restricciones antes mencionadas, se podría decir que - este trabajo quizá haya alcanzado la doble finalidad que se persigue:

Científica y Pedagógica.- En efecto se concluye que:

I.- Las ideas esenciales sacadas de él sobre la Fotosíntesis, parecen estar todas más o menos de acuerdo con lo conocido por el mundo científico.- Es decir es bien conocido que la Fotosíntesis:

- 1.- Necesita luz, que proporciona toda la energía necesaria para que funcione el sistema.
- 2.- Es verdad que según la concentración de  $\text{CO}_2$  (factor limitante en la naturaleza, debido a que existe en muy poca cantidad en la atmósfera) la fotosíntesis es intensa en presencia de gran cantidad de  $\text{CO}_2$  Y poco intensa cuando el  $\text{CO}_2$  está en pequeña cantidad.
- 3.- Y que realmente los constituyentes más eficaces de la luz, sobre la Fotosíntesis, son los rayos rojo y azul.

A este respecto sería muy interesante estudiar en otra Tesis, el efecto de una Fotosíntesis realizada totalmente con rayos rojos o azules.- O bien el efecto de otros factores como el PH, la temperatura, etc.

II.- La finalidad Pedagógica que este trabajo encierra se puede ver en la realización de las experiencias que son prácticas y fáciles.- Ojalá - la lectura de él, le pueda servir de algo.

---

CAPITULO V

BIBLIOGRAFIA

BOTANICA,- UTEHA por André Théron.- Año 1965.

HIGH SCHOOL BIOLOGY.- Parte Segunda.- Versión Texto Azul año 1962.

A SOURCEBOOK FOR THE BIOLOGICAL SCIENCES.- Por Morholt, Brandwein, y  
Joseph.- Año 1960.

BIOQUIMICA GENERAL.- Por White, Handler, Smith y Stetlen.- Año 1964.

COURSE BIOLOGIE.

---

CONTENIDO

	Pag. No.
Dedicatoria	( 1 )
Introducción	( 2 )
Capítulo I "Resumen Histórico sobre la Fotosíntesis	( 3 )
Capítulo II "Consideraciones Generales	( 5 )
Capítulo III Parte Práctica	( 11)
Capítulo IV. Conclusiones Finales	( 30)
Capítulo V Bibliografía	( 31)

---