

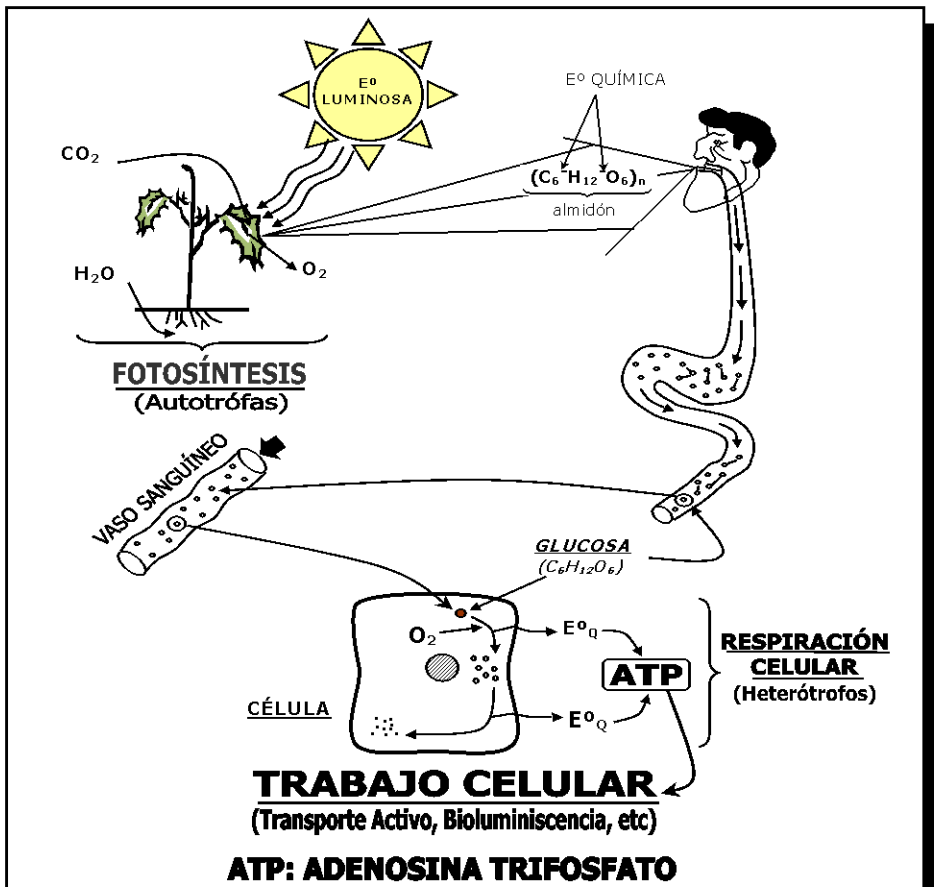
# BIOENERGÉTICA

## (ENERGÍA PARA LA VIDA)

### I. DEFINICIÓN:

La Bioenergética es una rama de la Biología que analiza los mecanismos naturales que realizan los seres vivos para abastecerse de ENERGÍA ( $E^o$ ), la cual será empleada en las funciones vitales del organismo.

Los sistemas biológicos son esencialmente ISOTÉRMICOS y emplean la energía química para impulsar los procesos vitales. Esta energía química celular es el **ATP** que se sintetiza y degrada a través de procesos metabólicos.



## II. ADENOSINA TRIFOSFATO (ATP): (Moneda Energética Celular)

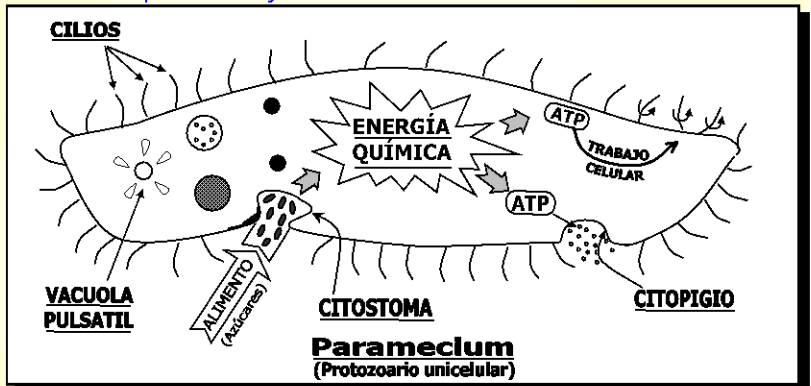
### 1. DEFINICIÓN:

Es la "moneda energética celular", es decir la fuente inmediata de energía para el trabajo celular (biosíntesis, contracción muscular, etc.), porque presenta ENLACES FOSFATOS DE ALTA ENERGÍA.

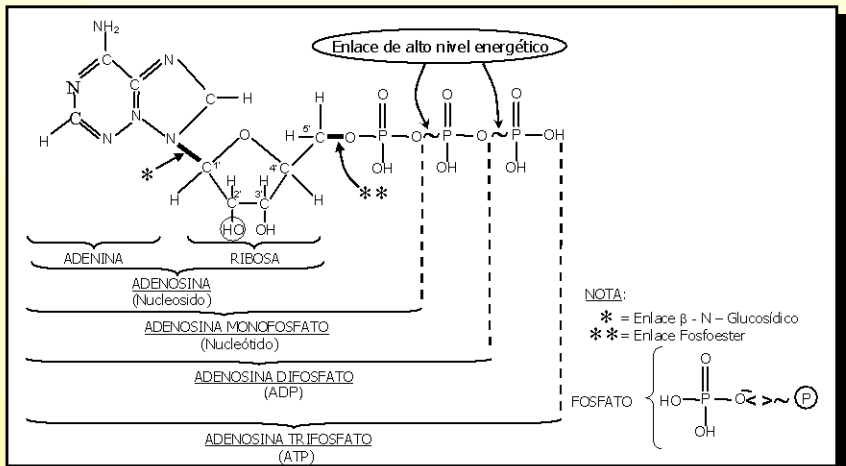
\* Este concepto fue introducido por Lipmann.\*

### 2. FORMACIÓN:

Las reacciones catabólicas liberan energía de los alimentos (principalmente los azúcares), pero esta energía no es utilizada directamente para el trabajo celular, sino para sintetizar ATP. Luego cuando se necesita, la energía contenida en el ATP es liberada para el trabajo celular.

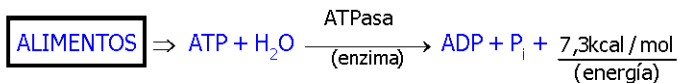


### 3. ESTRUCTURA:



#### 4. **HIDRÓLISIS DE ATP:**

Es una reacción altamente exergónica, catalizada por una enzima llamada ATP<sub>asa</sub>. En esta reacción se libera 7,3 Kcal/mol para el trabajo celular.



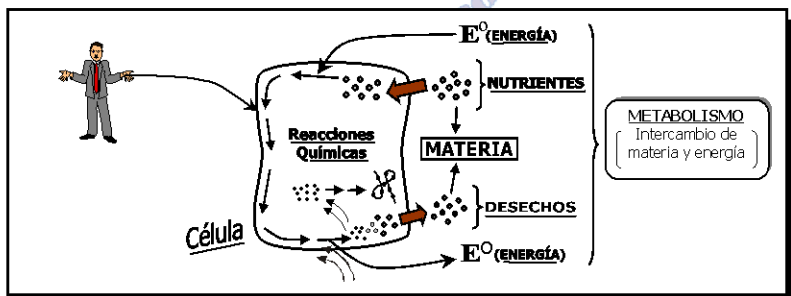
### III. **METABOLISMO**

(Intercambio de materia y energía)

#### 1. **DEFINICIÓN:**

Conjunto de reacciones químicas que ocurre en los seres vivos con la finalidad de intercambiar "materia" y "energía" con el medio ambiente. Por ello se dice que: Los seres vivos son **SISTEMAS TERMODINÁMICAMENTE ABIERTOS**.

El metabolismo contribuye a mantener el **EQUILIBRIO DEL INDIVIDUO**, es decir la **HOMEOSTASIS**.



#### 2. **TIPOS:**

- **ANABOLISMO** (Anabole = Elevar)

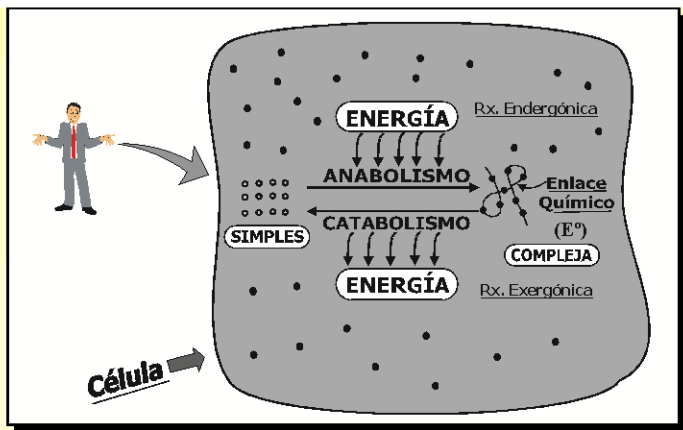
Es un proceso por el cual se sintetiza moléculas complejas a partir de moléculas simples. Además es una reacción de tipo **ENDERGÓNICA**, porque consume ENERGÍA.

Esta energía se almacena en los "**ENLACES QUÍMICOS**" de las moléculas complejas.

Ejemplo: **FOTOSÍNTESIS**

- **CATABOLISMO** (Katabole= Derribar)

Es un proceso por el cual se oxidan, es decir se degradan las moléculas complejas a moléculas simples. Además es una reacción de tipo **EXERGÓNICA**, porque libera energía. Esta energía proviene de la ruptura de los "**ENLACES QUÍMICOS**" de las moléculas complejas.



## FOTOSINTESIS

### (TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA)

#### **I. TRASCENDENCIA BIOLÓGICA:**

La fotosíntesis es un gran evento biológico cuya importancia radica en los siguientes criterios:

1. **Es una gran fuente de Oxígeno Molecular ( $O_2$ )**. El  $O_2$  es un gas vital para los organismos AERÓBICOS . Además forma la capa de ozono( $O_3$ )
2. **Transforma la energía luminosa en energía química**. Esta energía química se almacena fundamentalmente en los enlaces químicos de la Glucosa.
3. **Produce los Alimentos (Almidón)** para los organismos Autótrofos y Heterótrofos. Debido a esto los vegetales se consideran la base de la cadena alimenticia.

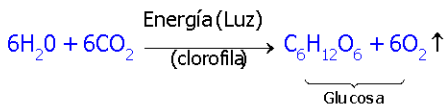
#### **II. DEFINICIÓN:**

La fotosíntesis es un **proceso ANABÓLICO de tipo ENDERGÓNICO**, donde ocurre dos eventos fundamentales:

1. La Energía luminosa se transforman en energía química.
  2. Las moléculas inorgánicas se transforman en moléculas orgánicas.
- \* La fotosíntesis es realizada por organismos autótrofos a nivel del cloroplasto (vegetales) o estructuras equivalentes (algas unicelulares, bacterias y cianobacterias).

### III.

## ECUACIÓN SIMPLIFICADA:



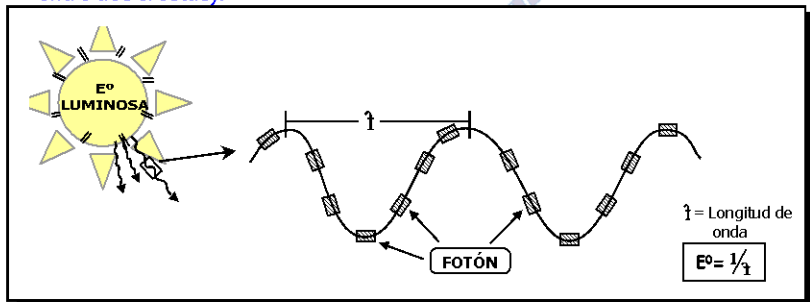
### IV. ELEMENTOS:

Los elementos importantes para la fotosíntesis son:

1. AGUA
2. CO<sub>2</sub>
3. LUZ
4. PIGMENTOS
5. ENZIMAS

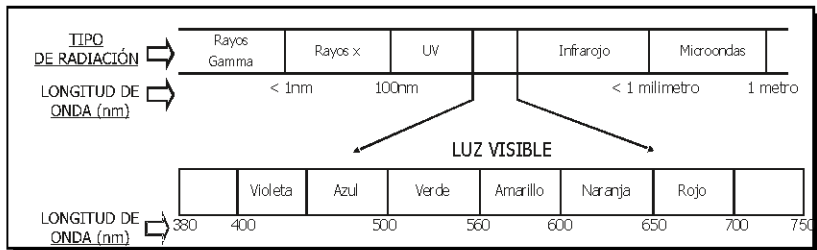
#### 1. LUZ:

Radiación electromagnética constituida por un haz de FOTONES (Cuantos si se utilizan en la fotosíntesis) que tienen un desplazamiento ondulatorio en el espacio. Una de las principales características de la luz es la longitud de onda (distancia entre dos crestas).



La luz visible es radiación electromagnética de longitud de onda entre 400 y 700 nanómetros (nm); que es una pequeña parte del espectro electromagnético. El color de la luz depende de la longitud de onda y la luz blanca contiene todas las longitudes de onda del espectro visible.

### ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



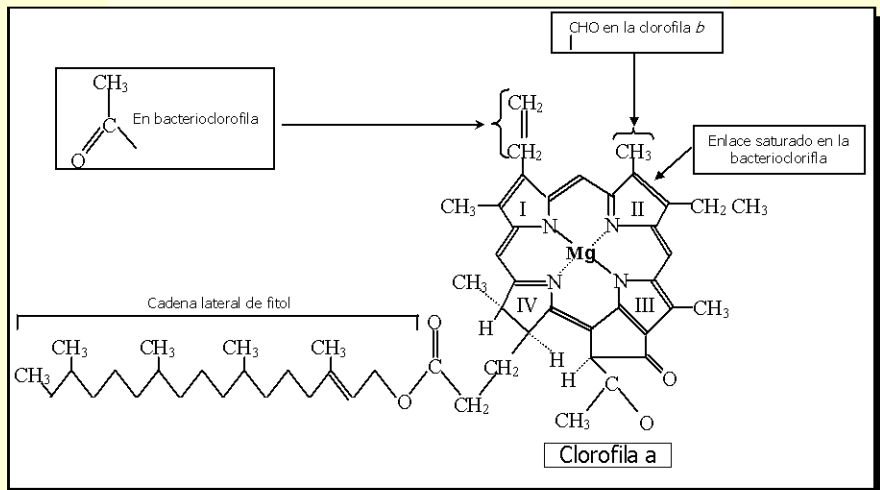
## 2. PIGMENTOS:

Durante el proceso fotosintético participan tres tipos de pigmentos distintos: CLOROFILAS, CAROTENOIDES y FICCOBILINAS; siendo su función proporcionar el sistema adecuado de **ABSORCIÓN DE ENERGÍA LUMINOSA**.

### a) CLOROFILAS:

Son los pigmentos más importantes que absorben la luz en las membranas de los TILACOIDES (plantas superiores). Son pigmentos verdes formados por un núcleo PORFIRÍNICO que contiene MAGNESIO y una cola hidrocarbonada llamada FITOL. Existen varios tipos de clorofila siendo lo más importante clorofila "a" y clorofila "b", cuya diferencia se encuentra en el radical. Absorben con mayor intensidad la luz de las regiones rojo y azul-violeta del espectro.

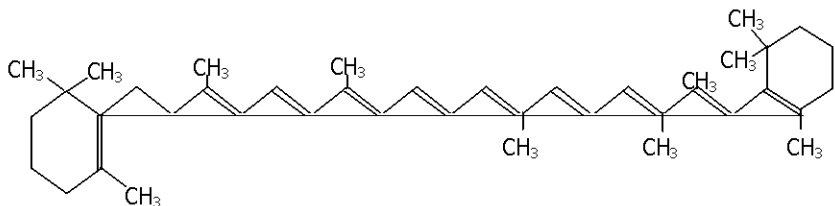
Las clorofilas se encuentran en los FOTOSISTEMA (I y II) presentes en las membranas tilacoides de las GRANAS de los Cloroplastos.



### b) PIGMENTOS ACCESORIOS:

Son pigmentos que absorben la luz de longitudes de onda a las que la clorofila no es eficiente; completan la acción de la clorofila. Además ceden la energía luminosa que absorbieron a la clorofila y son:

- **CAROTENOIDES:** Son los pigmentos accesorios más importantes, siendo el  $\beta$ -CAROTENO el más frecuente. Es un compuesto ISOPRENOIDE de color naranja. También es Carotenoide la XANTOFLA, de color amarillo y poco frecuente.



- **FICCOBILINAS:** Su distribución es más limitada, encontrándose en ALGAS ROJAS (Ficoeritrina), ALGAS PARDAS (Fucoxantina), CIANOBACTERIAS (Ficocianina), etc.

Son moléculas TETRAPIRROLICAS LINEALES.

### 3. **AGUA:**

La absorción del Agua sirve proporcionar "Agentes Reductores" ( $H^+$ ) que reaccionan para la asimilación del  $CO_2$  y para producir oxígeno molecular ( $O_2$ ) que va a la atmósfera.

### 4. **ENZIMAS:**

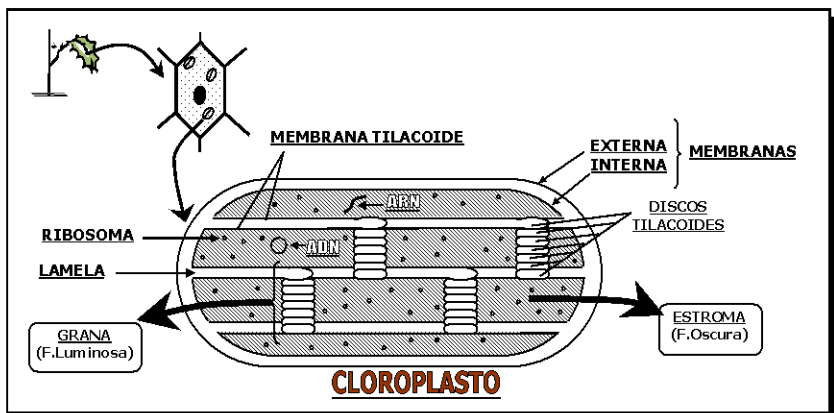
Son proteínas biocatalizadoras que aceleran las reacciones químicas de la fotosíntesis.

### 5. **$CO_2$ :**

Anhidrido carbónico, que interviene en la fotosíntesis y proviene de muchas fuentes, siendo la principal el resultado del metabolismo de organismos heterótrofos. El  $CO_2$  es la fuente de carbono para la síntesis de compuestos orgánicos (principalmente glucosa) en la fotosíntesis.

## V. **FASES**

La **Fotosíntesis en las Bacterias** ocurre en el **MESOSOMA** y en **Cianobacterias** en **láminas fotosintéticas** y **vegetales en el CLOROPLASTO**, que comprende dos fases: LUMINOSA Y OSCURA.

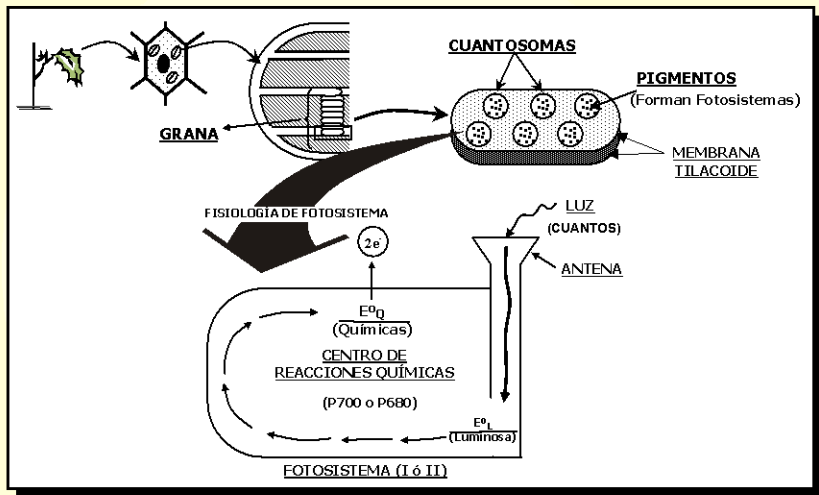


**I****FASE LUMINOSA O FOTOSINTÉTICA (Reacción de HILL):**

Es la primera fase, donde las clorofilas absorben energía luminosa iniciando las reacciones que son muy rápidas. Ocurre en la **membrana Tilacoide** de las GRANAS del CLOROPLASTO y en cuatro etapas que son:

**A. FOTOEXITACIÓN DE LAS CLOROFILAS:** Se inicia con la captura de la luz por las clorofilas que se encuentran en los **CUANTOSOMAS** formando **FOTOSISTEMAS**.

- **FOTOSISTEMA I:** Capta longitudes de onda de 700 nm, por ello se llama P700. Presenta: Clorofila "a" (menos), Clorofila "b" (más) y  $\beta$ - caroteno.
- **FOTOSISTEMA II:** Capta longitudes de onda de 680nm, por ello se llama P680. Presenta clorofila "a" (más), clorofila "b" (menos) y  $\beta$ -caroteno. Además manganeso (Mn)



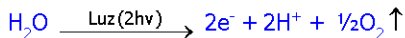
- Al ser excitado el Fotosistema I por acción de la luz, el P700 dispara sus electrones a un nivel más alto de energía, estos son captados por un aceptor de electrones, la sustancia "Z", la que los transfieren al COMPLEJO FERREDOXINA (proteínas transportadoras de electrones que contiene Fe y S).
- El hueco electrónico que queda en el FOTOSISTEMA "I" es llenado por los electrones del FOTOSISTEMA II, que al ser excitado dispara sus electrones a un nivel más alto de energía, éstos son captados por la sustancia "Q" y enviados hacia el FOTOSISTEMA I, a través de una cadena de transportadores de electrones (Plastoquinona ( $QH_2$ ), Citocromo b, Citocromo f y plastocianina (Pc)).



**B. FOTOFOSFORILACIÓN:** Es la síntesis de ATP a partir de ADP y Pi (fosfato inorgánico), usando el GRADIENTE PROTÓNICO ( $H^+$ ) proporcionado por la cadena transportadora de electrones ( $2e^-$ ). Además es catalizada por ATP sintetasa. (ATP<sub>asa</sub>)

El ATP sintetasa está compuesto por una porción  $CF_0$  hidrofóbica (lipoproteica), que forma un canal del protones y una partícula  $CF_1$  (Factor de Acoplamiento), que sintetiza ATP.

**C. FOTÓLISIS DEL AGUA:** El agua absorbida por la raíz de la planta llega hasta los Cloroplastos, donde por acción de la luz esta se rompe (fotólisis) y libera electrones ( $2e^-$ ), protones ( $2H^+$ ) y oxígeno ( $O_2$ ). Los electrones ( $2e^-$ ) van a llenar el hueco electrónico que quedó en el Fotosistema II y los protones ( $2H^+$ ) se transfieren al  $NADP^+$ . El Oxígeno ( $\frac{1}{2}O_2$ ) se libera a la atmósfera.



**D. FOTORREDUCCIÓN DEL  $NADP^+$ :** Las moléculas de  $NADP^+$  (oxidado), presentes en el ESTROMA del cloroplasto, reciben electrones ( $2e^-$ ) del Complejo Ferredoxina, asociándose con protones ( $2H^+$ ) del agua, para luego quedar en  $NADPH_2$  (Reducido).



\* **Observación:** Los cuatro pasos citados, en conjunto, se conocen como **fotofosforilación no cíclica o acíclica**.

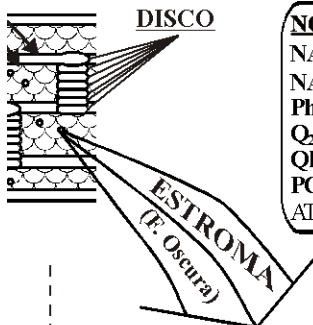
**Si se excita el Fotosistema I en ciertas condiciones, como en ausencia de  $NADP^+$ , los electrones disparados retornan a la clorofila a través de una cadena de transportadores y se sintetiza ATP, a esto se le conoce como fotofosforilación cíclica.**

## II. FASE OSCURA O QUIMIOSINTÉTICA (Reacción de BLACKMAN):

Es la segunda fase, donde se utiliza el  $NADPH_2$  y el ATP producidos en la fase luminosa. Ocurren en el ESTROMA del Cloroplasto y comprende reacciones conocidas como el Ciclo de Calvin, donde se asimila  $CO_2$  y se forman la molécula base de los nutrientes, el 3-Fosfogliceraldehído. Ocurre en cuatro etapas:



# N T E S I S



## **NOTA**

**NADP<sup>+</sup>** : Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato Oxidado

**NADPH<sub>2</sub>** : Nicotinamida Adenina Dinucleótido Fosfato

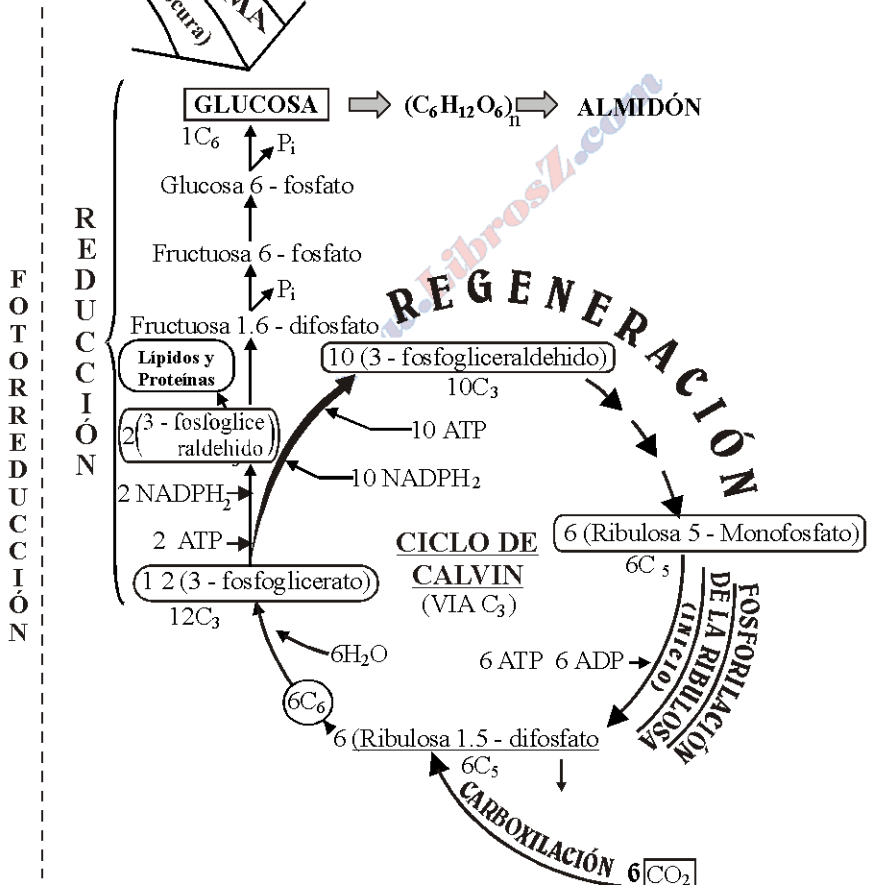
**PheO**: Feofitina

**Q<sub>2</sub>** : Plastoquinona

**Q<sub>h</sub>**: Plastoquinol

**PC** : Plastocianina

ATPasa: Enzima



- A. FOSFORILACIÓN DE LA RIBULOSA 5-FOSFATO**- El ATP transfiere uno de sus grupos fosfatos a la Ribulosa 5-Fosfato para formarse posteriormente la Ribulosa 1,5-Difosfato.
- B. CARBOXILACIÓN**- El  $\text{CO}_2$  es fijado por la Ribulosa 1,5-Difosfato, molécula de 5C aceptora de  $\text{CO}_2$  y se forma un compuesto transitorio de 6C el cual se hidroliza rápidamente en 2 moléculas de 3-Fosfoglicerato.
- C. REGENERACIÓN**- Las moléculas de 3-Fosfoglicerato, a través de una serie de etapas complejas, se regenera la Ribulosa 5-Fosfato. El excedente de 3-Fosfoglicerato es transferido para formar una Glucosa.
- D. REDUCCIÓN**- Las 2 moléculas de 3-Fosfoglicerato son reducidas utilizando  $\text{NADPH}_2$  y ATP, produciéndose 2 moléculas de 3-Fosfoglicerato y de aquí se sintetiza GLUCOSA.  
También se sintetizan otros compuestos como lípidos y proteínas.  
Luego de 6 ciclos sucesivos se forman una molécula GLUCOSA.



01. La FOTOSÍNTESIS se realiza en presencia de luz solar y el pigmento verde llamado clorofila, señale los organismos que carecen de pigmentos fotosintetizadores son:
- A) Cianobacteria  
B) Algas  
C) Hongos  
D) Protozoarios  
E) C y D
02. La fase luminosa de la FOTOSÍNTESIS ocurre en ..... y la fase oscura en ..... de la organela llamada .....
- A) Estroma – tilacoides – cloroplasto  
B) Grana – estroma – cloroplasto  
C) Cresta – tilacoides – mitocondria  
D) Matriz – cresta – mitocondria  
E) Clorofila – grana – cloroplasto
03. Respecto a la fotoexcitación de la clorofila, es VERDADERO o FALSO.
- ( ) Sucede en fase luminosa.  
( ) Sucede en la fase oscura.  
( ) Sucede en los discos tilacoides.  
( ) Corresponde al ciclo de Krebs.
- A) V, F, V, F  
B) V, V, F, F  
C) F, V, F, V  
D) F, F, V, V  
E) V, V, V, F
04. Sobre la CARBOXILACIÓN, no es falso que:
1. Ocurre en el ciclo de Calvin.  
2. Agrega carbono a la ribulosa.  
3. Ocurre en la grana.

- A) Sólo 3
- B) Sólo 2
- C) Sólo 1
- D) Sólo 1 y 2
- E) Sólo 2 y 3

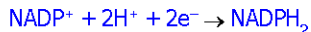
05. La FOTOSÍNTESIS es un proceso de ....., mientras que la RESPIRACIÓN CELULAR es un proceso de .....; por el cual se intercambian materia y energía.

- A) catabolismo – anabolismo
- B) cambios irreversibles – elaboración de biomoléculas.
- C) metabolismo – termodinámicamente cerrado.
- D) tipo endergónico – tipo exergónico
- E) degradación – síntesis

06. En la FASE OSCURA se fija el  $\text{CO}_2$  del aire a la ..... en ..... del cloroplasto.

- A) ribulosa monofosfato – la grana
- B) ribosa difosfato – el estroma
- C) desoxirribosa – el disco tilacoide
- D) ribulosa difosfato – el estroma
- E) ribosa monofosfato – el estroma

07. La siguiente ecuación:



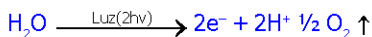
Se refiere a lo siguiente:

- A) Fotofosforilación
- B) Carboxilación
- C) Fotorreducción del  $\text{NADP}^+$
- D) Fosforilación de la ribulosa 5 – fosfato
- E) Foto – oxidación del  $\text{NADP}^+$

08. Pertenecen al proceso fotoquímico de la FOTOSÍNTESIS, excepto:

- A) Reducción del  $\text{NADP}^+$
- B) Reducción del  $\text{CO}_2$
- C) Fotofosforilación
- D) Fotólisis del agua
- E) Excitación de la clorofila

09. La siguiente ecuación:



corresponde a ..... que se da en .....

- A) Fotofosforilación – fase oscura
- B) Fotólisis del agua – la reacción de Hill
- C) Regeneración – la reacción de Blackmann.
- D) Fotólisis del agua – la reacción de Blackmann.
- E) Fotoexcitación – fase luminosa

10. La fotosíntesis en las bacterias ocurre en el ..... en la cianobacteria en ..... y en los vegetales en el .....

- A) cloroplasto – mesosoma – citosol
- B) ribosoma – láminas fotosintéticas – cloroplasto.
- C) cromoplasto – leucoplasto – cloroplasto.
- D) golgisoma – el citoplasma – cloroplasto.
- E) mesosoma – láminas fotosintéticas – cloroplasto