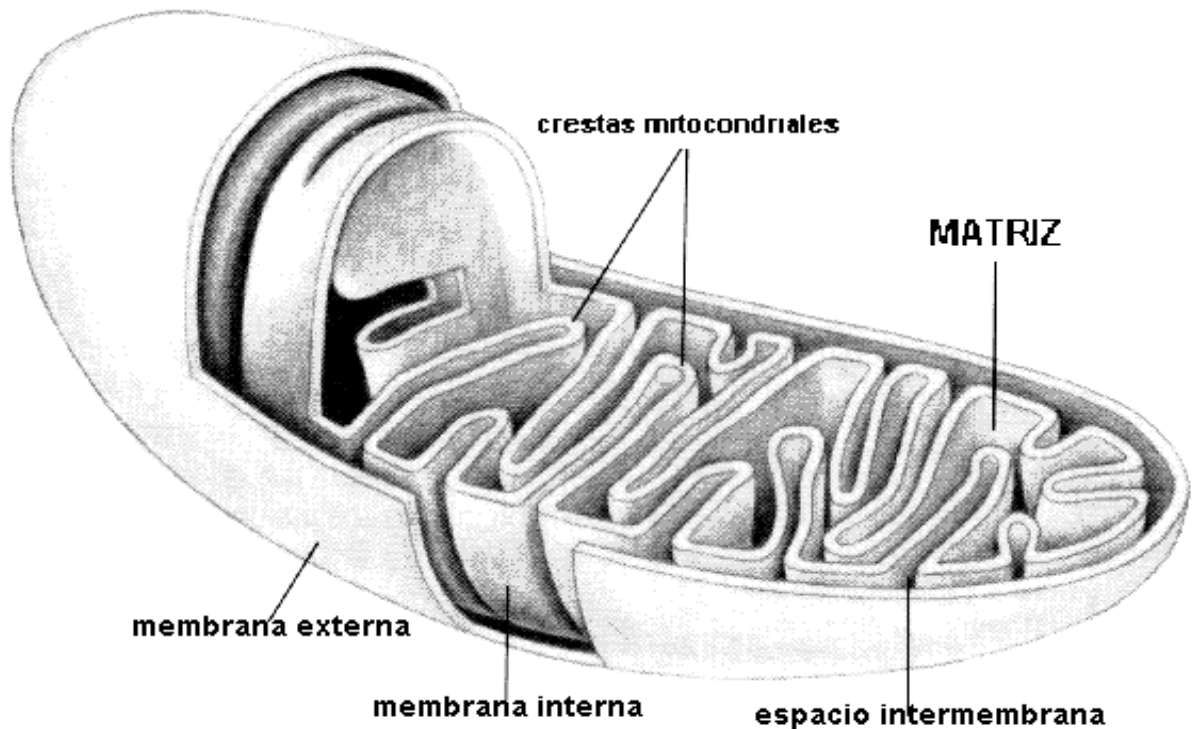


## Primera Parte: Mitocondrias



### • Descripción de la estructura y características de las mitocondrias

La mitocondria está estructurada en varias partes, la componen algunas membranas y cavidades.

#### 1.-Membrana externa

Contiene numerosas proteínas que regulan los intercambios de sustancias con el citosol. Destacan las proteínas de canal, las cuales forman grandes poros que la hacen muy permeable, es la membrana que cubre a todas las demás.

#### 2.-Espacio Intermembrana

De composición muy similar a la del citosol debido a la permeabilidad de la membrana externa, es el espacio que viene antes de la membrana interna.

#### 3.-Membrana Interna

Con repliegues hacia al interior o crestas que aumentan la superficie de la membrana. Contiene numerosas proteínas de transporte, y otras con funciones muy especializadas como los complejos que forman la *cadena respiratoria* y la *ATP sintetasa*, es la membrana que viene después del espacio intermembrana.

#### 4.-Matriz mitocondrial

Es el espacio interior de la mitocondria y está rodeado por membrana interna. Contiene varios elementos, es el centro de la mitocondria.

–Gran cantidad de **enzimas** que catabolizan diversas sustancias, como ácido piruvico o ácidos grasos.

–**DNA** en forma de doble cadena cerrada sobre si misma, que contiene la información genética necesaria para la síntesis de RNA y proteínas mitocondriales.

–**Ribosomas** responsables de la síntesis de las proteínas mitocondriales.

–**Enzimas** que regulan y controlan la replicación, transcripción y traducción de DNA mitocondrial.

–**Sustancias** diversas, como nucleótidos y iones.



## 1.2 Funciones generales y específicas de las mitocondrias

Las mitocondrias son los organulos especializadas en el proceso de **respiración celular**.

La principal función de las mitocondrias es generar energía para mantener la actividad celular mediante procesos de respiración aerobia. Los nutrientes se escinden en el citoplasma celular para formar ácido pirúvico que penetra en la mitocondria. En una serie de reacciones, parte de las cuales siguen el llamado ciclo de Krebs o del ácido cítrico, el ácido pirúvico reacciona con agua para producir dióxido de carbono y diez átomos de hidrógeno. Estos átomos de hidrógeno se transportan hasta las crestas de la membrana interior a lo largo de una cadena de moléculas especiales llamadas coenzimas. Una vez allí, las coenzimas donan los hidrógenos a una serie de proteínas enlazadas a la membrana que forman lo que se llama una cadena de transporte de electrones.

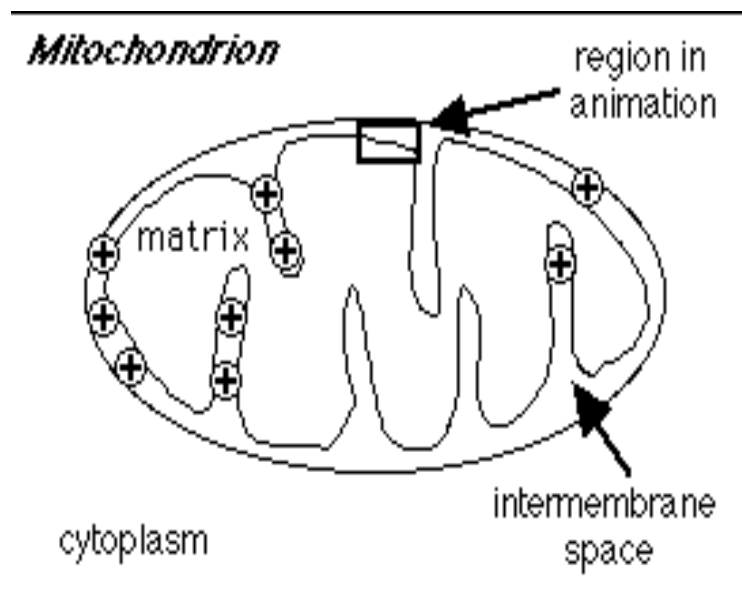
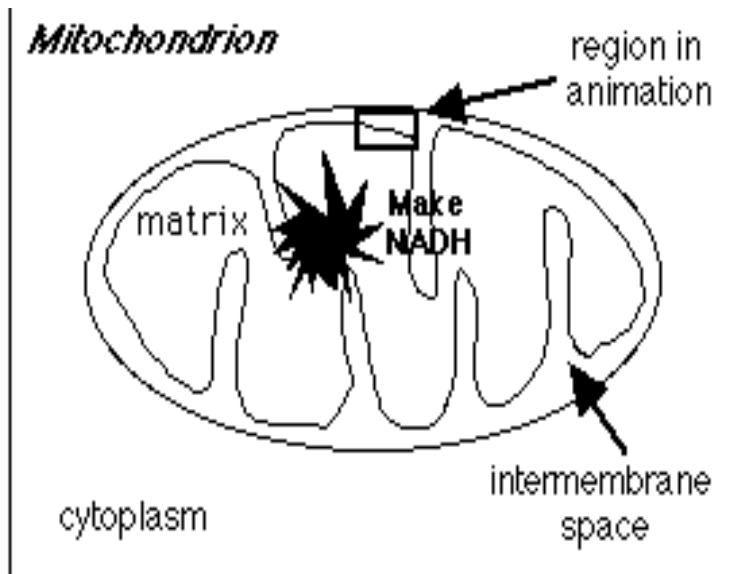
La cadena de transporte de electrones separa los electrones y los protones de cada uno de los diez átomos de hidrógeno. Los diez electrones se envían a lo largo de la cadena y acaban por combinarse con oxígeno y los protones para formar agua.

La energía se libera a medida que los electrones pasan desde las coenzimas a los átomos de oxígeno y se almacena en compuestos de la cadena de transporte de electrones. A medida que éstos pasan de uno a otro, los

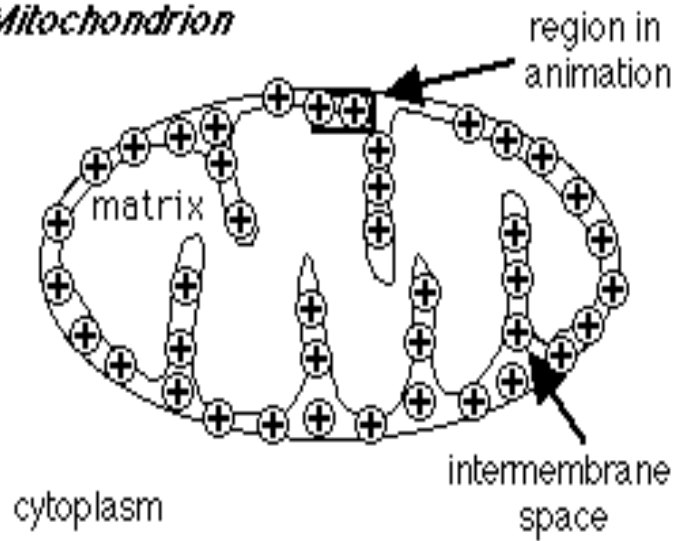
componentes de la cadena bombean aleatoriamente protones desde la matriz hacia el espacio comprendido entre las membranas interna y externa. Los protones sólo pueden volver a la matriz por una vía compleja de proteínas integradas en la membrana interior. Este complejo de proteínas de membrana permite a los protones volver a la matriz sólo si se añade un grupo fosfato al compuesto difosfato de adenosina (ADP) para formar ATP en un proceso llamado fosforilación.

El ATP se libera en el citoplasma de la célula, que lo utiliza prácticamente en todas las reacciones que necesitan energía. Se convierte en ADP, que la célula devuelve a la mitocondria para volver a fosforilarlo.

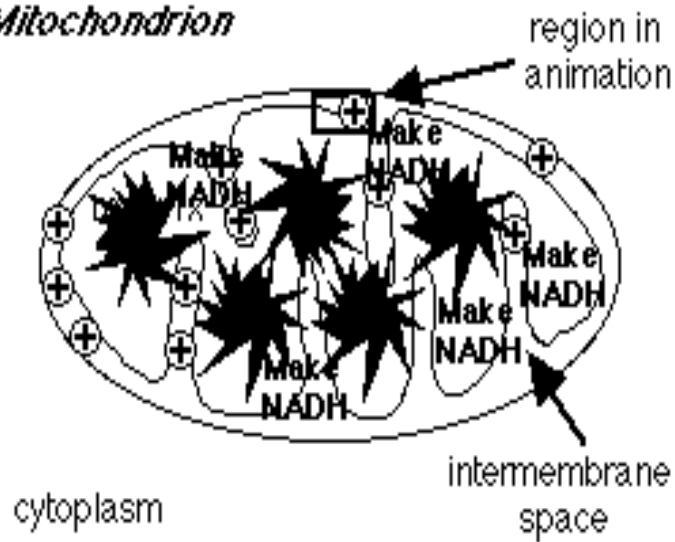
Como se dijo anteriormente el mecanismo específico más importante es la síntesis de ATP como se muestra en las siguientes imágenes.



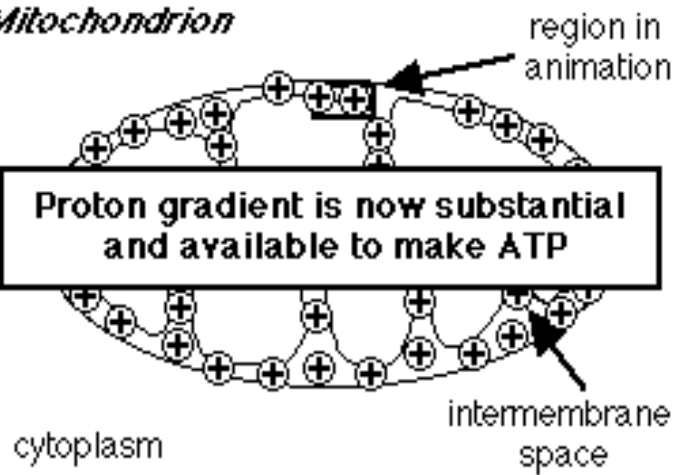
*Mitochondrion*



*Mitochondrion*



*Mitochondrion*



Ciclo de Krebs:

Es la ruta final de la oxidación del piruvato, ácidos grasos y cadenas de carbono de los aminoácidos.

Paso 1:El enlace energético se rompe y con otro grupo acetilo forman una molécula de citrato.

Paso 2:Los átomos del citrato se acomodan cuando se elimina una molécula de agua y se agrega otra molécula de agua ,por estas reacciones se convierte en un isocitrato.

Paso 3:El isocitrato es deshidrogenado y descarbolixado para formar un compuesto de 5 carbonos el  $\alpha$ -cetoglutarato y dióxido de carbono.

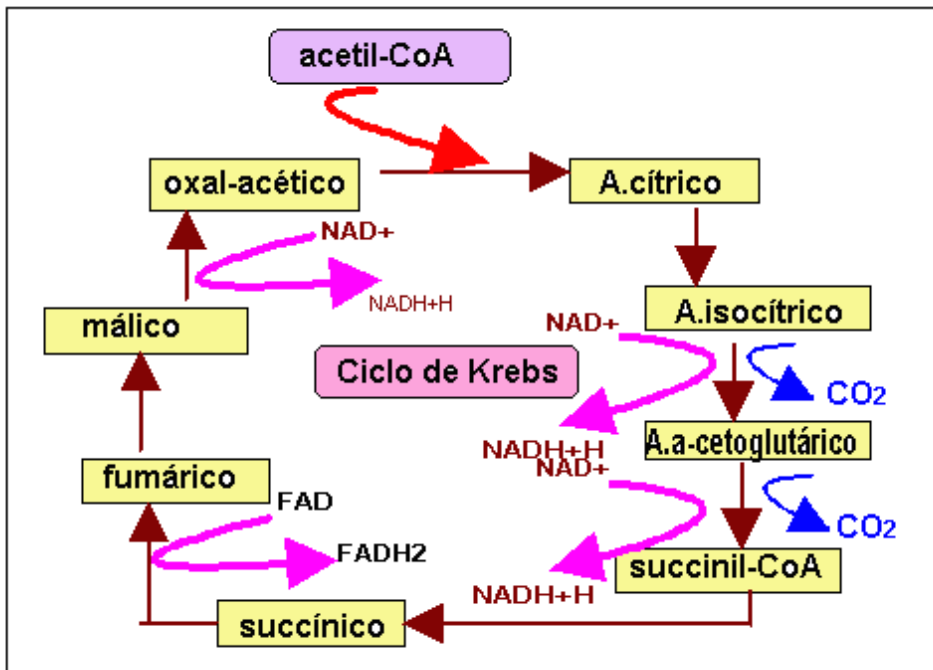
Paso 4:El  $\alpha$ -cetoglutarato se somete a una descarboxilacion oxidativa para formar un compuesto de 4 carbonos la succinil coenzima A Y  $\text{CO}_2$

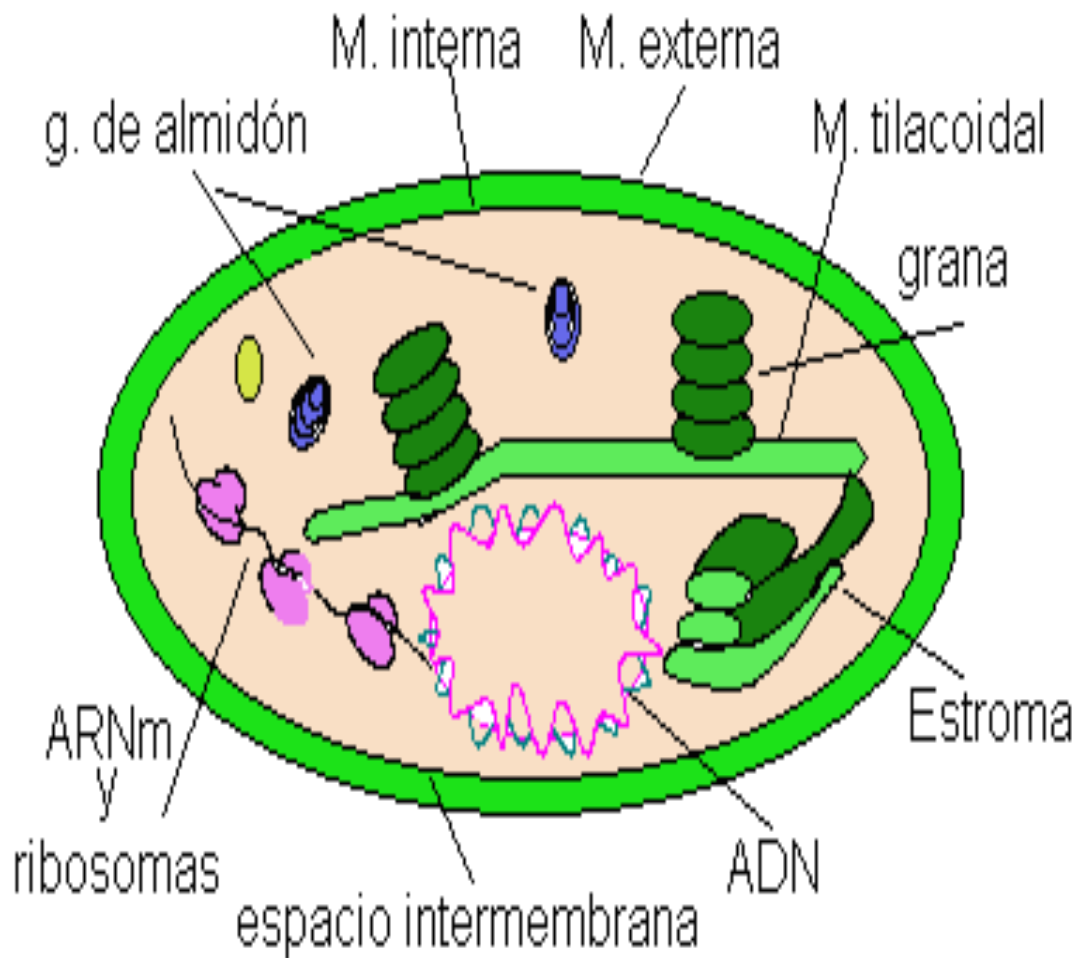
Paso 5:En esta fase ocurre la fosforilacion a nivel de sustrato. El enlace que une la coenzima A con el succinato, como el de acetil CoA,es energetico y se señala

como ( $\sim$ S).En esta etapa la succinil CoA se convierte en succinato

Paso 6:El succinato es oxidado y 2 de sus atomos de hidrogeno se transfieren al  $\text{FADH}_2$ .El compuesto formado por el succinato es el fumarato.

Paso 7:Con la adicion del agua el fumarato se convierte en malato.





## Segunda parte: Los Cloroplastos

### 2.1 Descripción de la estructura y característica del cloroplasto

#### Membrana externa

Muy permeable, contiene numerosas proteínas que regulan los intercambios de sustancias con el citosol. Destacan las proteínas de canal, las cuales forman grandes poros que la hacen muy permeable, es la membrana que cubre a todas las demás membranas.

#### Espacio Intermembrana

De características similares a la del citosol.

#### Membrana Interna

Lisa, es decir sin crestas, menos permeable que la externa y con numerosas proteínas especializadas en el transporte selectivo de sustancias.

#### Estroma

Es la cavidad interna del cloroplasto y contiene:

–**Enzimas** implicados en el metabolismo fotosintético. De ellos, el que mas abundante es la *ribulosa bisfosfato carboxilasa oxigenasa*, que puede llegar a representar la mitad de las proteínas del cloroplasto.

–**DNA** de doble cadena cerrada sobre si misma. El genoma de los cloroplastos es mayor que el mitocondrial. Contiene la información genética que codifica distintos tipos de RNA y algunas proteínas de los complejos enzimáticos que participan en la fotosíntesis.

–**Ribosomas** encargados de la síntesis de las proteínas propias de los cloroplastos.

–**Enzimas** que regulan y controlan la replicación, transcripción y traducción del material genético del cloroplasto.

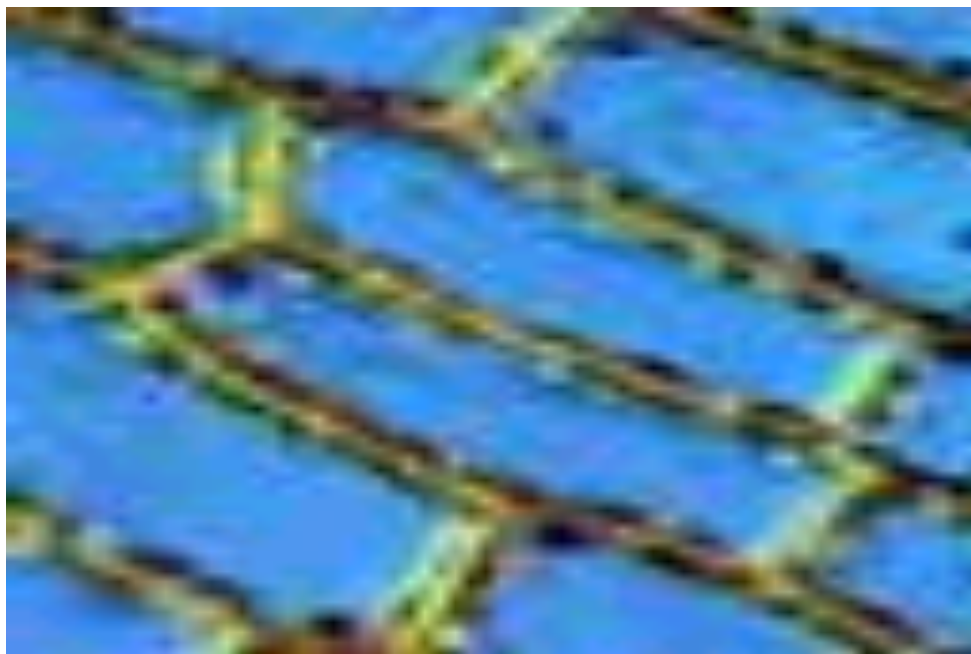
–**Sustancias Diversas**, principalmente almidón y gotas lipídicas

### **Tilacoides**

Saculos membranosos aplanados que tienden a formar apilamientos denominados **granas**, los cuales se conectan entre ellos formando una red de cavidades. Las membranas de los tilacoides contienen los pigmentos fotosintéticos, principalmente *clorofilas* y *carotenoides*, la cadena fotosintética de *transporte de electrones* y *ATP sintetasa*.

### **Espacio Tilacoidal**

Situado en el interior de los tilacoides, que mantiene unas condiciones de pH ácido.



## **2.2 Funciones generales y específicas de los cloroplastos**

Los cloroplastos es donde se tiene lugar la **fotosíntesis**

La fotosíntesis se divide básicamente en 2 partes de desarrollo. La parte dependiente a la luz y la parte independiente de la luz como veremos ahora

### **Fase Dependiente de la luz**

Los hechos que ocurren en la fase luminosa de la fotosíntesis se pueden resumir en estos puntos:

1. Síntesis de ATP o **fotofosforilación** que puede ser:

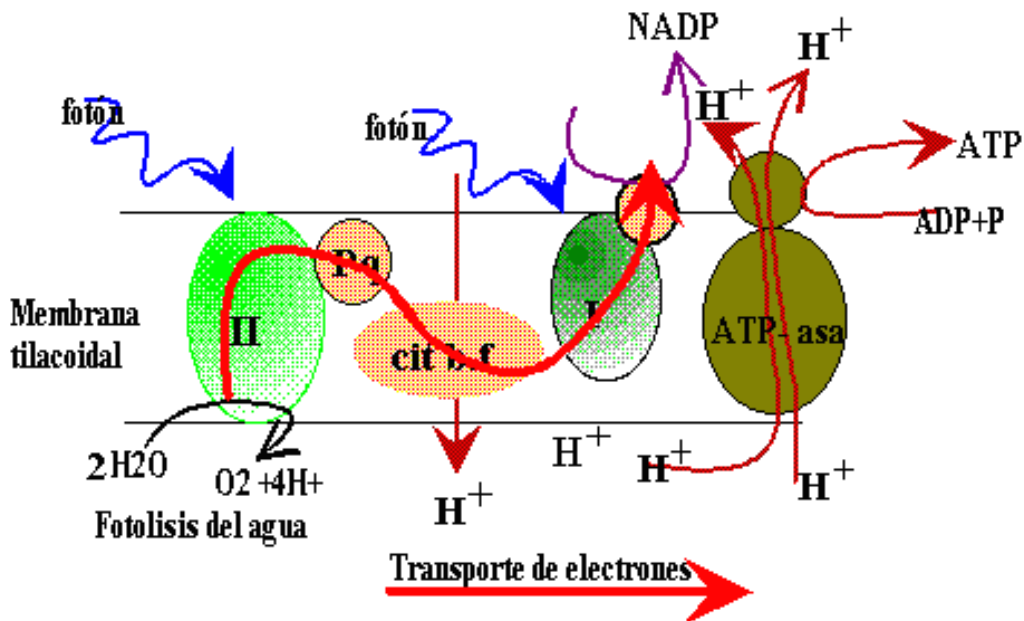
–acíclica o abierta

–cíclica o cerrada

2. Síntesis de **poder reductor** NADPH

3. **Fotólisis** del agua

Los pigmentos presentes en los tilacoides de los cloroplastos se encuentran organizados en **fotosistemas** (conjuntos funcionales formados por más de 200 moléculas de pigmentos); la luz captada en ellos por pigmentos que hacen de **antena**, es llevada hasta la molécula de "clorofila diana" que es la molécula que se oxida al liberar un electrón, que es el que irá pasando por una serie de transportadores, en **cuyo recorrido liberará la energía**.



Existen dos tipos de fotosistemas, el fotosistema I (FSI), está asociado a moléculas de clorofila que absorben a longitudes de ondas largas (700 nm) y se conoce como P700. El fotosistema II (FSII), está asociado a moléculas de clorofila que absorben a 680 nm. por eso se denomina P680.

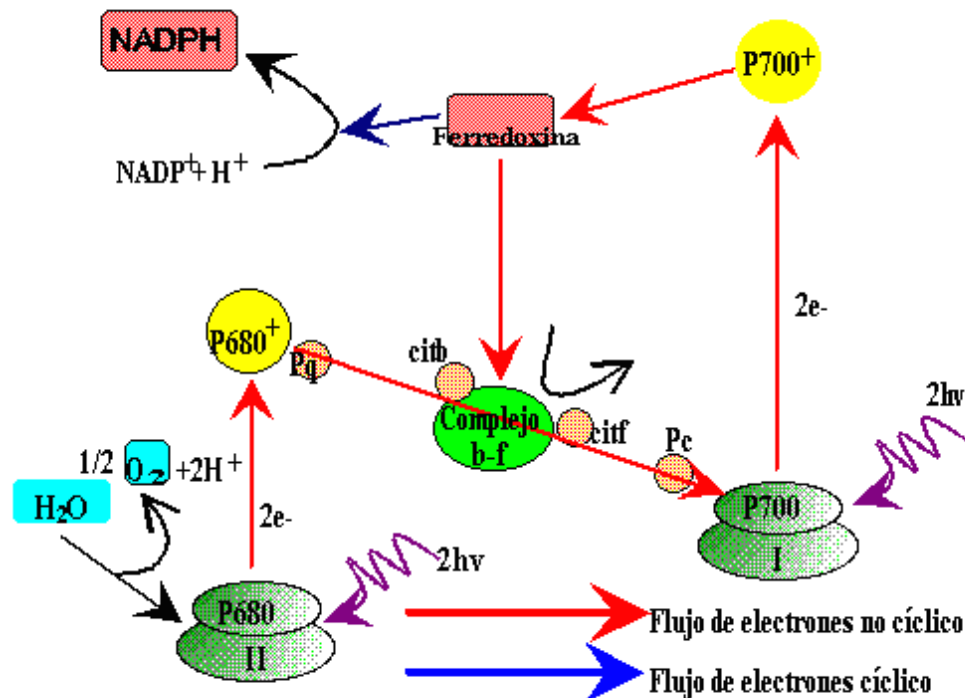
La luz es recibida en el FSII por la clorofila P680 que se oxida al liberar un electrón que asciende a un nivel superior de energía; ese electrón es recogido por una sustancia aceptora de electrones que se reduce, la Plastoquinona (PQ) y desde ésta va pasando a lo largo de una cadena transportadora de electrones, entre los que están varios citocromos (*cyt b/f*) y así llega hasta la plastocianina (PC) que se los cederá a moléculas de clorofila del FSI.

En el descenso por esta cadena, con oxidación y reducción en cada paso, el electrón va liberando la energía

que tenía en exceso; energía que se utiliza para bombear protones de hidrógeno desde el estroma hasta el interior de los tilacoides, generando un **gradiente electroquímico de protones**. Estos protones vuelven al estroma a través de la ATP-asa y se originan moléculas de ATP.

El fotosistema II se reduce al recibir electrones procedentes de una molécula de H<sub>2</sub>O, que también por acción de la luz, se descompone en hidrógeno y oxígeno, en el proceso llamado fotólisis del H<sub>2</sub>O. De este modo se puede mantener un **flujo continuo de electrones desde el agua hacia el fotosistema II y de éste al fotosistema I**.

En el fotosistema I la luz produce el mismo efecto sobre la clorofila P700, de modo que algún electrón adquiere un nivel energético superior y abandona la molécula, es recogido por otro aceptor de electrones, la ferredoxina y pasa por una nueva cadena de transporte hasta llegar a una molécula de NADP<sup>+</sup> que es reducida a NADPH, al recibir dos electrones y un protón H<sup>+</sup> que también procede de la descomposición del H<sub>2</sub>O.



Los dos fotosistemas pueden actuar conjuntamente – proceso conocido como **esquema en Z**, para producir la **fotofosforilación** (obtención de ATP) o hacerlo solamente el fotosistema I; se diferencia entonces entre **fosforilación no cíclica o acíclica** cuando actúan los dos, y **fotofosforilación cíclica**, cuando actúa el fotosistema I únicamente. En la **fotofosforilación acíclica** se obtiene ATP y se reduce el NADP<sup>+</sup> a NADPH, mientras que en la **fotofosforilación cíclica únicamente** se obtiene ATP y no se libera oxígeno.

Mientras la luz llega a los fotosistemas, se mantiene un flujo de electrones desde el agua al fotosistema II, de éste al fotosistema I, hasta llegar el NADP<sup>+</sup> que los recoge; ésta pequeña corriente eléctrica es la que mantiene el ciclo de la vida.

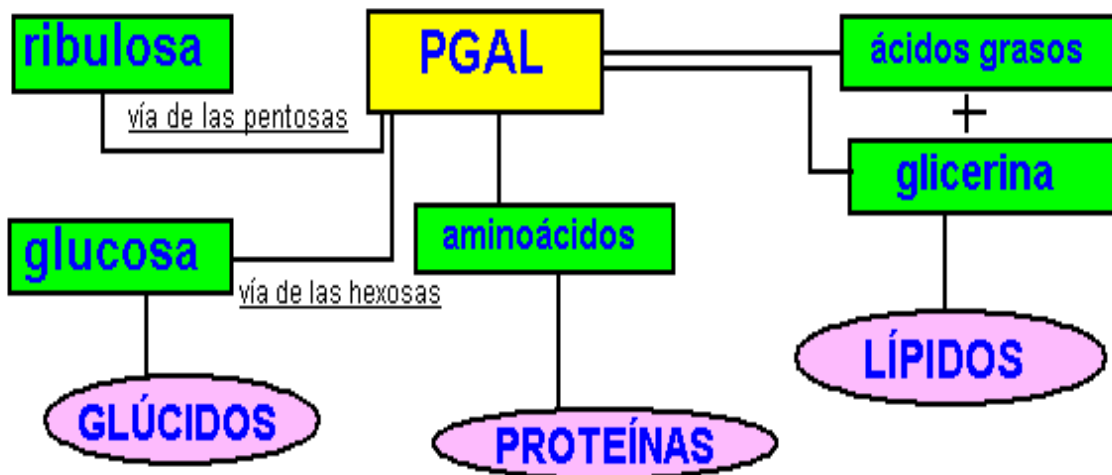
### Fase independiente de la luz

En esta fase, se va a utilizar la energía química obtenida en la fase luminosa, en reducir CO<sub>2</sub>, Nitratos y Sulfatos y assimilar los bioelementos C, H, y S, con el fin de sintetizar glúcidos, aminoácidos y otras sustancia.

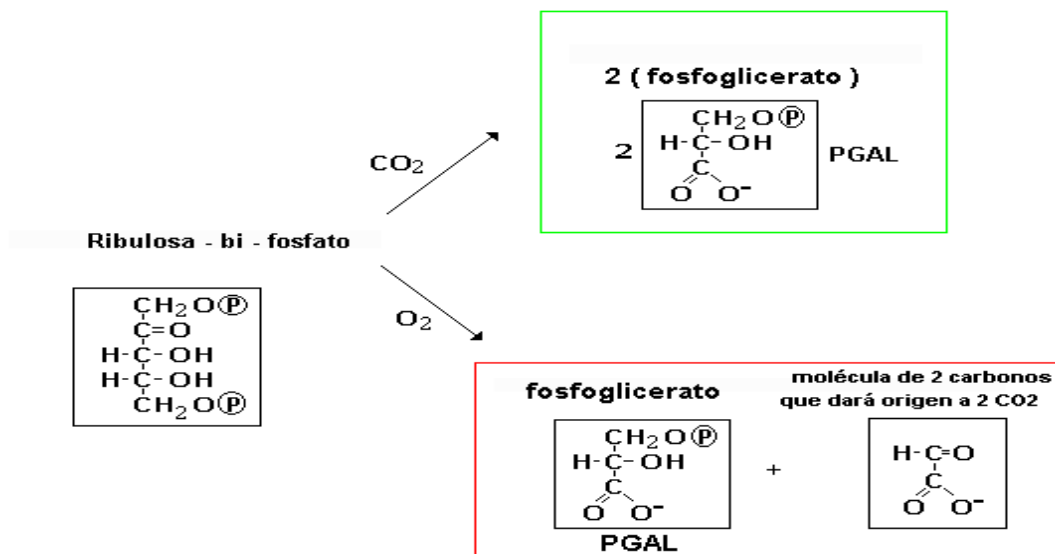
Las plantas obtiene el CO<sub>2</sub> del aire a través de los **estomas** de sus hojas. El proceso de reducción del carbono es cíclico y se conoce como **Ciclo de Calvin.**, en honor de su descubridor M. Calvin.

La fijación del CO<sub>2</sub> se produce en tres fases:

- **Carboxilativa:** El CO<sub>2</sub> se fija a una molécula de 5C, la **ribulosa 1,5 difosfato**, formándose un compuesto inestable de 6C, que se divide en dos moléculas de **ácido 3 fosfoglicérico** conocido también con las siglas de PGA
- **Reductiva:** El ácido 3 fosfoglicérico se reduce a **gliceraldehido 3 fosfato**, también conocido como PGAL, utilizándose ATP Y NADPH.
- **Regenerativa/Sintética:** Las moléculas de gliceraldehido 3 fosfato formadas siguen diversas rutas; de cada seis moléculas, cinco se utilizan para regenerar la **ribulosa 1,5 difosfato** y hacer que el **ciclo de calvin** pueda seguir, y una será empleada para poder sintetizar moléculas de.



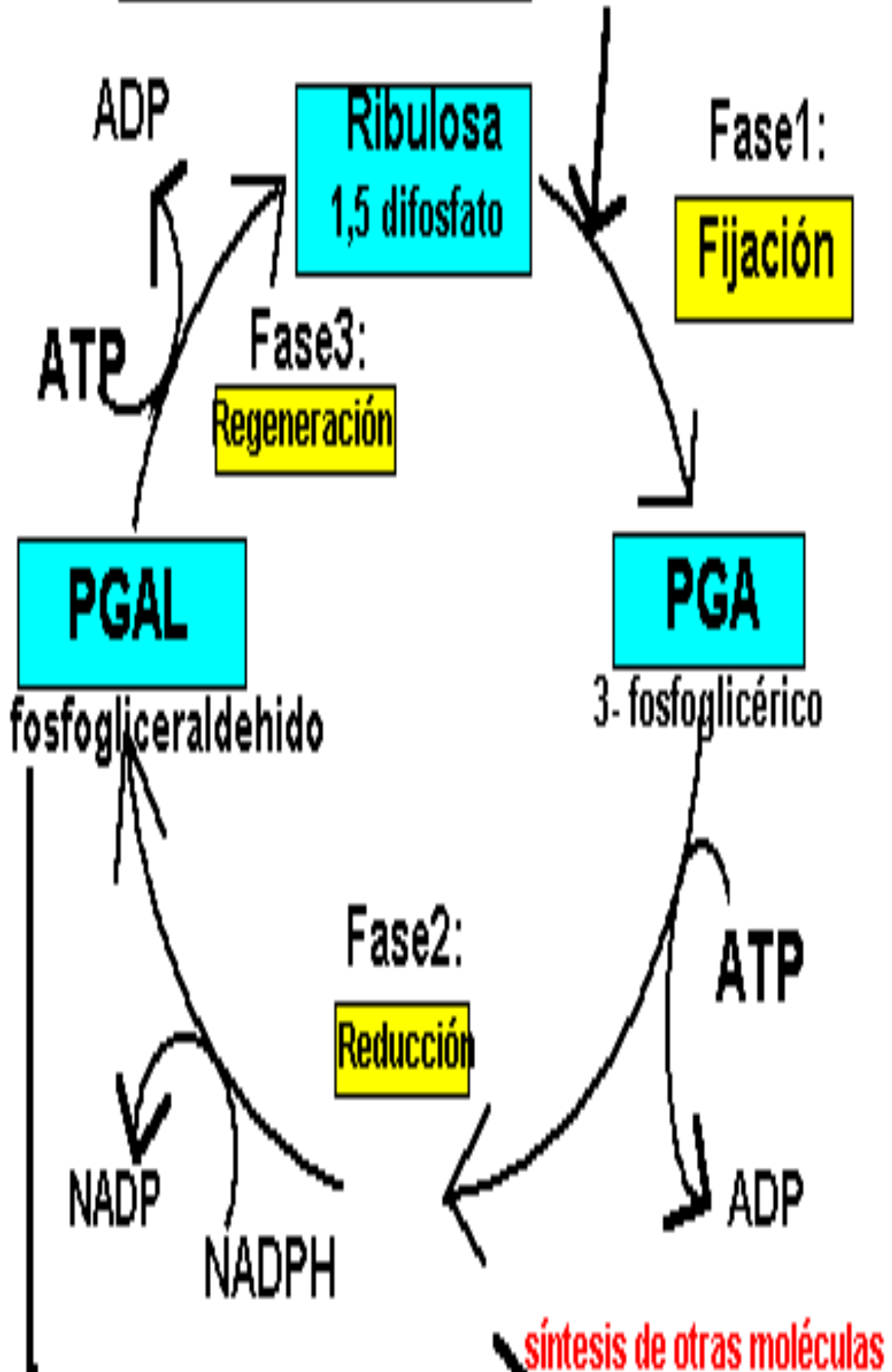
glucosa (vía de las hexosas), ácidos grasos, aminoácidos... etc; y en general todas las moléculas que necesita la célula



En el ciclo para fijar el CO<sub>2</sub>, intervienen una serie de enzimas, y la más conocida es la enzima **Rubisco** (**ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa/oxidasa**), que puede actuar como carboxilasa o como oxidasa, según la concentración de CO<sub>2</sub>.

Si la concentración de CO<sub>2</sub> es baja, funciona como oxidasa, y en lugar de ayudar a la fijación de CO<sub>2</sub> mediante el ciclo de Calvin, se produce la oxidación de glúcidos hasta CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, y al proceso se le conoce como **fotorrespiración**. La fotorrespiración no debe confundirse con la respiración mitocondrial, la energía se pierde y no se produce ni ATP ni NADPH; y como se ve en el esquema se disminuye el rendimiento de la fotosíntesis, porque sólo se produce una molécula de PGA que pasará al ciclo de Calvin; en cambio cuando funciona como carboxilasa, se obtienen dos moléculas de PGA.

# CICLO DE CALVIN $\text{CO}_2$



### 3. Teoría que explica el origen de las mitocondrias y cloroplastos

Existe un gran parecido en cuanto a estructura y composición de bacteria, plastos y mitocondrias. Esta semejanza tiene mayor trascendencia de la mencionada hasta ahora. Los ARNr y ARNt son muy similares y se diferencian notablemente de los que se encuentran en el citoplasma de las células eucariotas.

Por estas razones, entre otras, se ha postulado que las mitocondrias y los plastos surgieron por la simbiosis íntima de bacterias y de células eucariotas. Según esta teoría, denominada **hipótesis endosimbiótica**, a la relación de simbiosis entre una bacteria y una célula eucariota permitiría a esta un mayor aprovechamiento de la energía.

De esta forma se originarían las mitocondria, hecho que debió de marcar el inicio de la evolución de los organismos eucariotas. La simbiosis posterior de una célula eucariota y de una bacteria fotosintética daría lugar a los plastos, lo que supuso el inicio de la evolución del mundo vegetal.

### 4. Glosario

**ADN o ácido desoxirribonucleico**. Ácido presente en todas las células, es el material hereditario que contiene toda la información genética. Al enrolarse con ayuda de las proteínas llamadas histonas, forma los cromosomas.

**ARN**, Abreviatura común del ácido ribonucleico, uno de los 2 ácidos nucleicos, localizado esencialmente en los ribosomas del citoplasma celular.

**Citoplasma**, Parte fundamental de toda célula viviente, excluyendo el núcleo; esta compuesta esencialmente de proteínas y contiene gran número de corpúsculos.

**Cromosoma**, Estructura visible al microscopio que se observa antes de la duplicación celular en el núcleo de las células. Por lo general tiene forma de bastoncillo.

**Proteínas**, Macromoléculas formadas por cientos o miles de aminoácidos, encargadas de diversas funciones en los seres vivos como transportadores, catalizadores etc.

**Traducción**, Fenómeno en el cual los codones o tripletes del ARN son traducidos a aminoácidos para formar las proteínas.

**Transcripción**, Producción de ARN a partir de un molde de ADN. Proceso por el cual la información genética contenida en el ADN especifica una molécula complementaria de ARN.

**Transformación**, Adquisición por una bacteria de nuevos caracteres hereditarios después de la Penetración de un fragmento de cromosoma (ADN) proveniente de una bacteria muerta de cepa diferente.

### Bibliografía consultada

Vilee, C. & E. Solomon, 1992; *Biología*; Int-McGraw Hill 4: 95-96; 7: 166-172; 8: 181-197

Silvia Alvarez, María José Novoa Bermudez y Alberto Boveris.  
*Cátedra de Físicoquímica, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires*. 1994

TOXICOLOGIA AMBIENTAL  
Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental  
© 1996-2001, The University of Arizona

Cloroplasto" Enciclopedia Microsoft® Encarta® en línea 2001  
<http://encarta.msn.es> © 1997–2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Lafacu.com ©2001

Mitocondria" Enciclopedia Microsoft® Encarta® en línea 2001  
<http://encarta.msn.es> © 1997–2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

**¡Error! Marcador no definido.**

"Retículo endoplasmático" Enciclopedia Microsoft® Encarta® en línea 2001  
<http://encarta.msn.es> © 1997–2000 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.