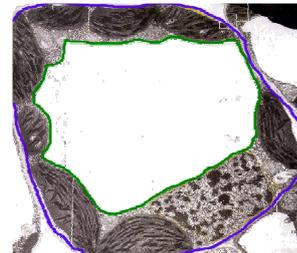
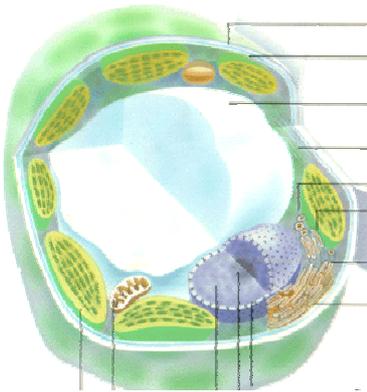


CITOLOGÍA II

i. Vacuolas

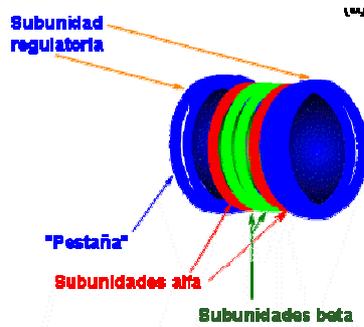
Son vesículas de diversos tamaños y formas rodeados por una membrana. Generalmente se pueden ver en el citoplasma de las células eucarióticas, sobre todo en las células vegetales, aunque no son exclusivas de estas. El espacio interior de la vacuola se le denomina tonoplasto. Funciones:

- *Vacuola de reserva*: Se encargan de transportar y almacenar materiales ingeridos, así como productos de desecho y agua. Las células animales se hallan compuestas de glucógeno (reserva energética, granulos u oclusiones), algunas con contenido lipídico o proteico (albúminas, globulinas) y las células vegetales de sales minerales como cloruros, yoduros, nitratos y fosfatos
- *Vacuolas pulsátiles*: Intervienen en el mantenimiento de la turgencia, regulando la presión osmótica celular mediante la variación de la concentración de iones entre el citoplasma y el tonoplasto
- *Vacuolas digestivas*: En algunas células vegetales realizan funciones parecidas a los lisosomas.



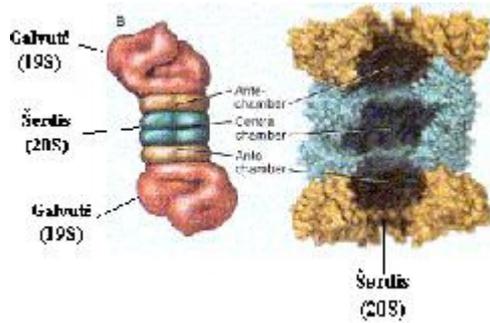
j. Proteosomas

El **proteosoma** o **proteosoma** es un complejo proteico presente en todas las células eucariotas y Archaea, así como en algunas bacterias, que se encarga de realizar la degradación de proteínas (denominada proteólisis) no necesarias o dañadas por una vía distinta de la lisosomal. En las células eucariotas los proteosomas suelen encontrarse en el núcleo y en el citoplasma. Los proteosomas representan un importante mecanismo por el cual las células controlan la concentración de determinadas proteínas mediante la degradación de las mismas. Las proteínas para ser degradadas, son marcadas por una pequeña proteína llamada ubiquitina. Una vez que una de estas moléculas de ubiquitina se ha unido a una proteína a eliminar, se empiezan a agregar más proteínas de ubiquitina dando como resultado la formación de una cadena poliubiquitínica que le permite al proteosoma identificar y degradar la proteína.



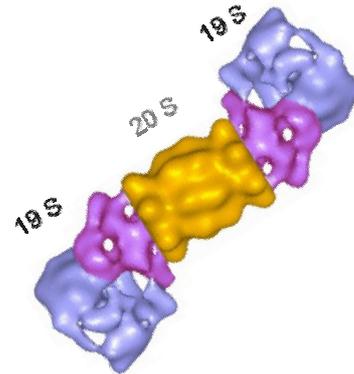
Estructuralmente un proteosoma es un complejo con forma de barril que contiene un "núcleo" compuesto de cuatro anillos apilados alrededor de un poro central. Cada uno de estos anillos está compuesto por siete proteínas individuales. Los dos anillos internos contienen subunidades proteicas β , conformando los sitios activos de las proteasas. Estos sitios se encuentran en las caras internas de los anillos, de manera que la proteína al ser degradada tiene que entrar a través del poro antes de ser procesada. Los dos anillos exteriores contienen subunidades α , cuya función es mantener una "puerta" por la cual las proteínas puedan entrar al barril. Las subunidades α son controladas por regiones reguladoras, a veces llamadas "pestañas", que reconocen los compuestos poliubiquitínicos en los sustratos de las proteínas e inician el proceso de degradación con dependencia de ATP. El

proceso de ubiquitinación más el proceso de degradación proteosómica recibe el nombre de sistema ubiquitino-proteosómico.



Durante el proceso de degradación proteica es imprescindible que la proteína a degradar, elimine su estructura terciaria o cuaternaria y permanezca solamente en estructura secundaria para la degradación.

La degradación proteosómica es un mecanismo esencial en varios procesos celulares, incluyendo el *ciclo celular*, la *regulación de la expresión génica* y las *respuestas al estrés oxidativo*. En algunas células tumorales, las proteínas p53 encargada de la muerte programada, son eliminadas por el proteosoma impidiendo que ejerzan su función. Otras veces permiten la maduración de alguna proteína que atraviesa de manera inactiva el proteosoma y es fragmentado en pequeños péptidos activos. También es importante tras algunas infecciones de tipo vírico, en la degradación proteica de los virus.



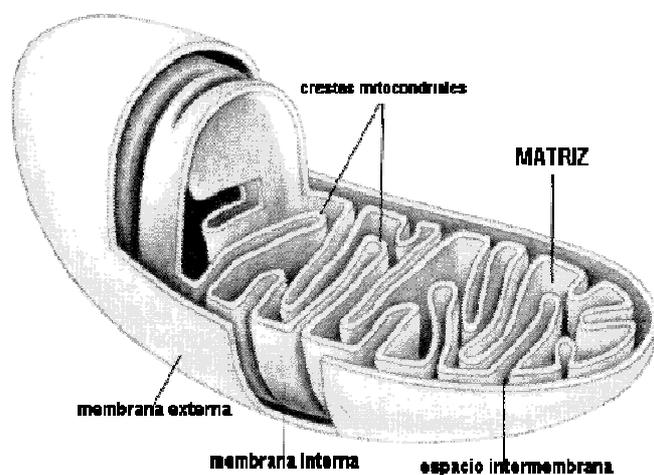
h. Mitocondria y respiración

Mitocondria (del griego mitos = hilo, hebra; chondros = grano, terrón, cartílago).

Las mitocondrias son orgánulos granulares y filamentosos que se encuentran en el citoplasma de todas las células eucariotas en un número aproximado de 2000. Su longitud es de 1 μm . Aunque su distribución dentro de la célula es generalmente uniforme, existen numerosas excepciones. Es muy probable que la mayoría de las mitocondrias, si no todas, se originen por fragmentación de otras ya existentes, antes de la división celular. Son por tanto orgánulos celulares con la capacidad de fusionarse y dividirse de manera autónoma, según las necesidades funcionales de la célula. Su origen está relacionado con la teoría endosimbiótica, debido a que su estructura es similar a algunas células procariontas.

Tienen más similitudes con las bacterias que su tamaño y forma. La matriz mitocondrial, contiene DNA, RNA y ribosomas que participan en la síntesis de algunos componentes mitocondriales (el resto es importado del citoplasma después de su expresión desde el núcleo).

A pesar de esto, se reproducen por fisión binaria, además el proceso respiratorio que llevan a cabo, es muy semejante al que se observa en los mesosomas de las bacterias aerobias actuales. A partir de estas

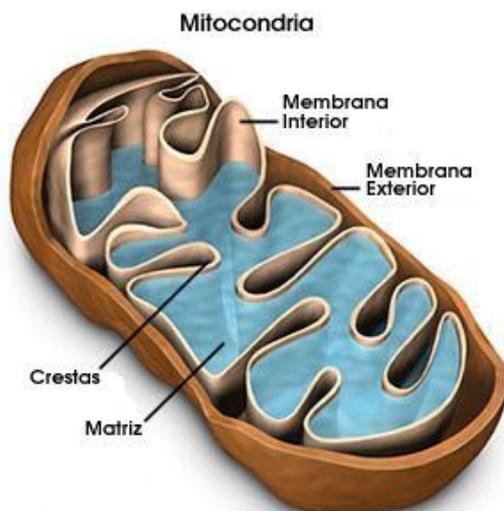


observaciones, Lynn Margulis propuso que el origen de las mitocondrias modernas es a partir de la endosimbiosis (endo, dentro + simbiosis relación biológica con beneficio mutuo) de bacterias aerobias con eucariontes anaerobios antiguos. Los nutrientes abastecidos por el eucarionte y consumidos por la bacteria, fueron presumiblemente reembolsados con creces, debido a la alta eficiencia metabólica oxidativa que el procarionte (sin núcleo), le dio al eucarionte

Estructura:

Están constituidas por dos membranas de estructura y características diferentes, que limitan el medio interno o matriz mitocondrial y dejan un espacio entre ambas denominado espacio intermembrana.

- a) Membrana externa: Es lisa y está constituida por una bicapa lipídica con un elevado porcentaje de colesterol. Es una membrana semipermeable con gran cantidad de proteínas (en torno al 60%) al igual que las membranas celulares de la célula eucariota.



Algunas de las proteínas son las porinas, que constituyen canales no selectivos a través de la membrana. Esto hace que la membrana mitocondrial externa se considere permeable al paso de algunas sustancias.

- b) Membrana interna: Está constituida por una bicapa lipídica repliegada formando crestas hacia el interior. El número de crestas varía con la actividad de la célula en estudio. Presenta mayor cantidad de proteínas (75-80%) que la membrana externa y por lo tanto es más parecida a las membranas de bacteria. La membrana interna, es sólo

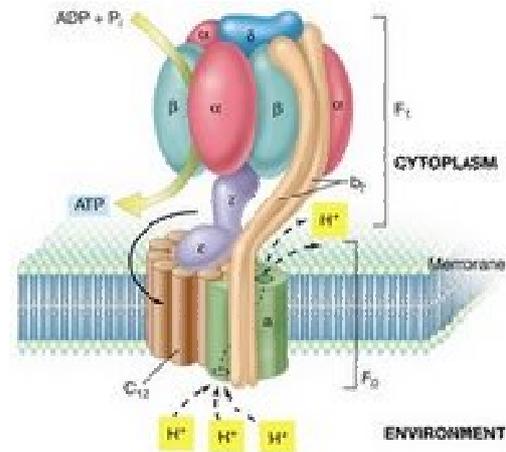
permeable a compuestos de bajo peso molecular, imprescindibles para la actividad mitocondrial. (CO_2 , O_2 y H_2O , para permitir el paso de metabolitos como el ATP, ADP, piruvato, Ca^{2+} y fosfato). Además existen proteínas que controlan este transporte. Esta impermeabilidad controlada permite la generación de gradientes iónicos y resulta en la compartimentalización de funciones metabólicas entre el citoplasma y la mitocondria.

Asociado a las crestas mitocondriales de la membrana interna, se encuentran gran cantidad de ribosomas de características procarionta, encargados de la síntesis proteica mitocondrial. Entre las proteínas de membrana destacan las enzimas que llevan a cabo el transporte de electrones, las fosforilación oxidativa, o la oxidación de ácidos grasos.

La membrana interna se encuentra además tapizada de pequeños salientes denominados partículas elementales, cuya función última es la fosforilación oxidativa del ADP a ATP.

- c) **Matriz mitocondrial:** Está formada por un material semifluido de carácter gel, (principalmente 50% de agua) con una elevada concentración proteica, enzimas encargadas del ciclo de krebs y oxidación de ácidos grasos, también contiene la maquinaria genética propia del orgánulo; ADN (circular y bicatenario sin asociar a histonas). El ADN contiene 13 genes que codifican principalmente para proteínas de la cadena transportadora, ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs y la oxidación de ac. Grasos. Además la matriz contiene ARN y ribosomas, que le permite la síntesis de gran cantidad de proteínas propias para el mantenimiento de la actividad y función del propio orgánulo, así como proteínas implicadas en la actividad de otros orgánulos.
- d) **Espacio intermembrana:** El espacio intermembrana de la mitocondria es imprescindible para el proceso estrella de la mitocondria: la fosforilación oxidativa y síntesis de ATP. Mediante el transporte de electrones a través de las diferentes proteínas de membrana en la cadena transportadora de electrones, se originan flujos de protones desde la matriz mitocondrial al espacio intermembrana. El aumento en la concentración de protones en dicho espacio con respecto a la matriz, origina un transporte a favor de gradiente desde el espacio intermembrana a la matriz a través de un sistema multiproteico (partículas elementales). En el paso de los protones hacia la matriz, se realiza la fosforilación del $ADP + P_i$ a ATP.

Las mitocondrias se relacionan directamente con el retículo endoplasmático, al que ceden su energía para la síntesis proteica, mientras que el retículo cede a la mitocondria algunas proteínas imprescindibles para su crecimiento.



En ocasiones, las mitocondrias se unen a la membrana nuclear. Las mitocondrias reciben del núcleo un estímulo para su intensa multiplicación. Se ignora todavía la naturaleza química de este material que parece desempeñar un papel tan importante en la multiplicación mitocondrial: Es posible, no obstante, que se trate de RNA, o bien de NAD^+ o $NADP^+$, es decir de una coenzima necesaria para las mitocondrias, pero sintetizada solamente al nivel del nucléolo.

Desde el punto de vista funcional:

Fue ya Lavoisier, padre de la química moderna, el primero en demostrar a mediados del S.XVIII que los animales consumen O_2 y generan CO_2 . A principios del siglo XX, Otto Warburg inició estudios de enzimología y quedó claro que las oxidaciones biológicas son catalizadas por enzimas intracelulares.

La célula necesita energía para crecer y multiplicarse, y las mitocondrias aportan casi toda esta energía realizando las últimas etapas de la descomposición de las moléculas de los alimentos. Estas etapas finales consisten en el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono, proceso llamado respiración, por su similitud con la respiración pulmonar. Sin mitocondrias, los animales y hongos no serían capaces de utilizar oxígeno para extraer toda la energía de los alimentos y mantener con ella el crecimiento y la capacidad de reproducirse. Los organismos llamados anaerobios viven en medios sin oxígeno, y todos ellos carecen de mitocondrias.

En el proceso de respiración celular mitocondrial, intervienen las siguientes rutas catabólicas:

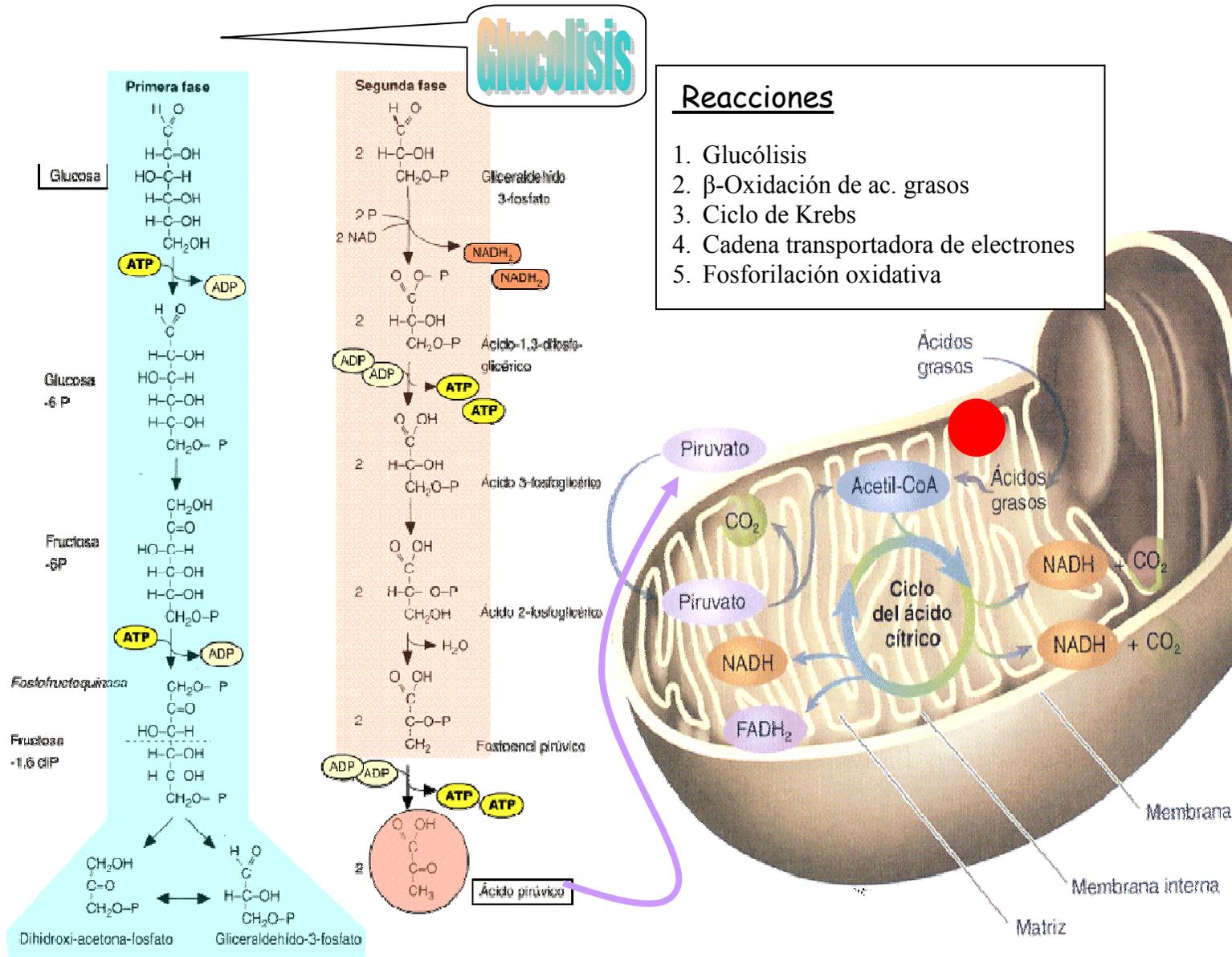
- 1- Ruta del ácido cítrico, o también denominado ciclo de Krebs.
- 2- Oxidación de ácidos grasos o ruta de los ácidos tricarbónicos
- 3- Transporte de electrones en la membrana interna mitocondrial
- 4- La fosforilación oxidativa.

A la mitocondria, se le han aplicado además las funciones de intervenir en los procesos cancerígenos mediante la apoptosis celular; y actuar en el envejecimiento. Además está implicada en una gran cantidad de enfermedades de origen genético como: Síndrome de Leigh (se inactiva el proceso de síntesis de ATP) originando la degeneración del bulbo raquídeo y la médula espinal (es degenerativa) los individuos poseen el 95% del ADNm mutado. Síndrome de Lhon genera ceguera en los individuos que poseen el 75% de las mitocondrias defectuosas...

El dinamismo de la función mitocondrial, enlaza los cuatro procesos implicados, que se pueden expresar de la siguiente manera:

Las mitocondrias generan energía para mantener la actividad celular mediante los procesos de la respiración aerobia. A partir de la glucosa, en el citoplasma celular, se forma 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.



La glucólisis o ruta de *Embden-Meyerhof* describe el proceso de degradación de la glucosa (6 átomos de carbono) en el hialoplasma, para formar dos moléculas de piruvato (3 átomos de carbono). El piruvato es una molécula ácida que puede atravesar la membrana externa e interna de la mitocondria para su degradación completa. Mediante dicha degradación la célula obtendrá energía en forma de ATP y NADH⁺ para su uso en otras rutas metabólicas o en diferentes procesos bioquímicos. Este ciclo se realiza en los 5 reinos de seres vivos y es la base principal de la obtención de energía por parte de algunos seres vivos. A partir de dicha ruta se realizara la respiración celular en presencia de oxígeno molecular o en su ausencia los procesos de fermentación.

Si describimos la ruta en sus diferentes etapas, podemos dividirla en dos fases que a su vez comprenden 11 reacciones con la intervención de una enzima por reacción.

Parte 1^a: Está constituida por el proceso de hidrólisis de la glucosa (6 carbonos) en gliceraldehido (3 carbonos) y dihidroxiacetona (3 carbonos) con el consumo de 2 moléculas de ATP.

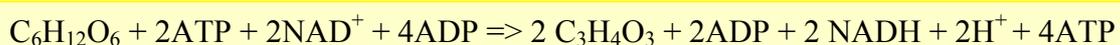
- a. La glucosa es fosforilada por una hexoquinasa para dar glucosa-6-P + ADP + H⁺
- b. A través de una isomerasa (*fosfoglucosa isomerasa*) se convierte en fructosa-6-P
- c. La fructosa-6-P vuelve a ser fosforilada por la *Fosfofructoquinasa* y libera ADP+H⁺, formándose la Fructosa 1,6 bifosfato.
- d. La fructosa-1,6-bifosfato se hidroliza formando Dihidroxiacetona-P y Gliceraldehido-3-P mediante la actividad de una aldolasa. Ambas moléculas se encuentran en equilibrio químico; de modo que cuando una desciende la otra se transforma para mantener el equilibrio.

Parte 2^a: El paso de las moléculas anteriores a piruvato mediante una serie de reacciones exergónicas, libera 4 moléculas de ATP y una de NADH⁺

- e. El gliceraldehido-3-P se fosforila mediante una reacción de oxidación a través de la actividad deshidrogenada dando lugar al Ac. 1,3-bifosfoglicerico.
- f. Posteriormente se desfosforila dando lugar al Ac. 3-fosfoglicerico.
- g. El Ac. 3-fosfoglicerico, mediante la actividad de la Fosfoglicerato mutasa, es transformada en Ac. 2-fosfoglicerico.
- h. Se forma un doble enlace como consecuencia de la pérdida de un átomo de hidrógeno y un grupo hidroxilo con la siguiente formación de una molécula de agua. La enzima que cataliza la reacción es una Enolasa, y forma Fosfoenolpiruvico.
- i. A partir del Fosfoenolpiruvico por la actividad de otra quinasa, se constituye de nuevo ATP a partir de ADP + Pi y se forma un nuevo enlace dando lugar al Piruvato.

Como consecuencia de esta segunda fase, el ATP y el NADH⁺ formado, se duplica ya que por cada molécula de glucosa que se degrada se originan dos de gliceraldehido-3-P

Por lo tanto a partir de la glucólisis, de una molécula de glucosa se obtiene 2 ATP y 1 NADH⁺ en su balance neto. El balance energético es el siguiente:



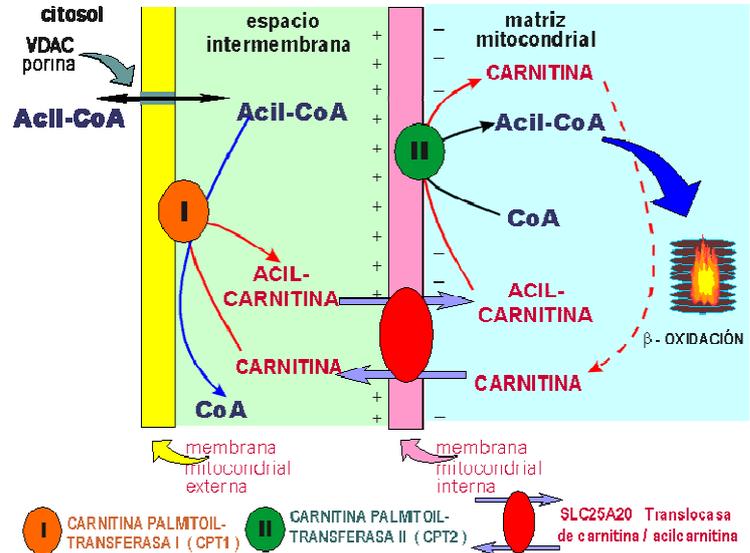
Las dos moléculas de ácido pirúvico que se originan a partir de una molécula de glucosa, atraviesan las membranas mitocondriales y son transformadas en Acetil-CoA mediante una oxidación, en la que se libera una molécula de CO₂ por molécula de piruvato y se obtiene poder reductor (de NAD⁺ a NADH+H⁺)

β-Oxidación de Ac. Grasos

1- β-Oxidación de Ac. Grasos

Es el proceso de transporte de ácidos grasos a través de las membranas mitocondriales y su degradación en la mitocondria. Durante su degradación, genera un metabolito que se incorpora en la ruta metabólica del ácido cítrico para su máximo aprovechamiento. En algunos grupos como hongos y plantas, este proceso se realiza en los peroxisomas con el consiguiente consumo de oxígeno.

FASE I



1- Fase I: Introducción del ácido graso en el interior de la mitocondria:

a. La membrana mitocondrial externa es permeable al paso de un grupo acilo unido a la CoA (coenzima A). Dicho grupo atraviesa la membrana a través de proteínas canal (las porinas)

b. Una vez atravesada la membrana externa, la interna es impermeable al paso del ácido graso, por lo que pasará esta membrana unido a la carnitina en forma de Acil-O-carnitina. Para ello los radicales acilo graso son transferidos desde el CoA hasta la carnitina en el espacio intermembrana, en una reacción reversible catalizada por una transferasa que origina acil-carnitina.

c. La acil-carnitina entra en la matriz mitocondrial gracias a la salida de carnitina libre desde la matriz al espacio intermembrana. El transporte es realizado por una proteína de membrana.

d. En la matriz mitocondrial se realiza el proceso contrario al del espacio intermembrana. Mediante la actuación de otra transferasa se realiza el paso del grupo acilo graso al CoA dejando la carnitina libre, y formando la Acil-CoA

e. El grupo Acil-CoA, en el interior de la mitocondria, comienza su proceso de degradación oxidativa mediante la β-Oxidación.

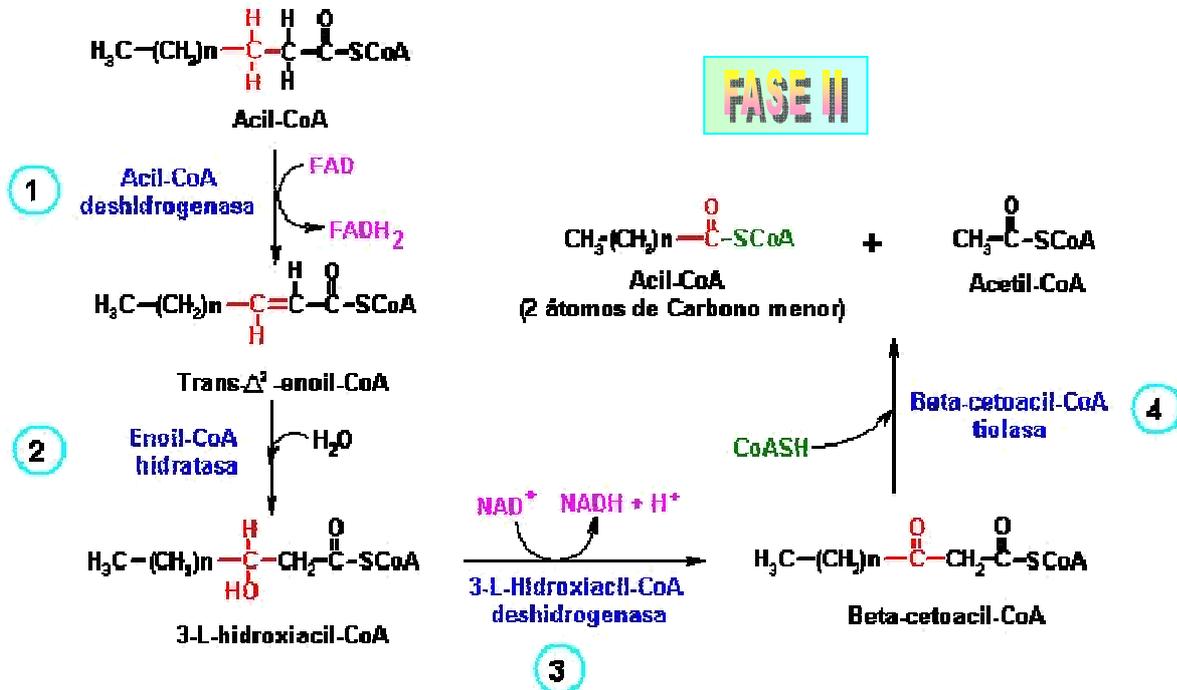
2- Fase II: Degradación del ácido graso mediante el proceso de β-Oxidación en la mitocondria, e introducción del metabolito en la ruta del ácido cítrico o ciclo de Krebs:

a. Formación del doble enlace trans- α,β a través de la deshidrogenación de la flavoenzima acil-CoA deshidrogenasa. (Paso de FAD a FADH⁺)

b. Hidratación del doble enlace por una hidrolasa para formar 3-L-hidroxiacil-CoA.

c. Deshidrogenación NAD^+ dependiente del β -hidroxiacil-acil-CoA por una deshidrogenasa, para formar el β -cetoacil-CoA correspondiente.

d. Ruptura del enlace $\text{C}\alpha - \text{C}\beta$ en una reacción de tiolisis catalizada por una tiolasa, para formar acetil-CoA y un nuevo acil-CoA con dos átomos de carbono menos que el original.



Balance energético:



Una vez que se ha originado Acetil-CoA durante el proceso de β -Oxidación y la glucólisis, es introducido en la ruta metabólica del ácido cítrico o ciclo de Krebs en la matriz mitocondrial, para la síntesis de poder reductor:

2- Ciclo de Krebs:

El ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico ocurre en las mitocondrias de las células eucariotas y en el citoplasma de las células procariotas.

El catabolismo glucídico y lipídico (a través de la glucólisis y la beta oxidación), produce acetil-CoA, que constituye el principal sustrato del ciclo. En su entrada se produce una condensación con oxalacetato, al generar citrato. Al término del ciclo mismo, los dos átomos de carbono introducidos por el acetil-CoA serán oxidados en dos moléculas de CO_2 , regenerando de nuevo oxalacetato capaz de condensar de nuevo con acetil-CoA. La producción relevante desde el punto de vista energético, sin embargo, es a partir de una molécula de GTP (utilizada inmediatamente para regenerar una molécula de ATP), de tres moléculas de NADH y una de FADH_2 .

Los cofactores reducidos, NADH y FADH_2 , se comportan como intermediarios óxido/reductores. Cuando están reducidos, son capaces de transportar electrones a energía

relativamente alta (por ejemplo sustraída a los sustratos oxidados en la glucólisis o en el mismo ciclo de Krebs), hasta la cadena respiratoria mitocondrial. Cerca de tal cadena, ese reoxidan a NAD^+ y a FAD^{2+} , y ceden los electrones a la cadena misma, que será así capaz de regenerar moléculas de ADP y ATP.

Oxidación de los aminoácidos:

Al igual que se produce la degradación de los ácidos grasos y la glucosa, los aminoácidos también se degradan para dar lugar a energía, mediante su introducción como intermediarios en diferentes etapas del ciclo de Krebs.

A diferencia de lo que ocurre con los ácidos grasos o con la glucosa, los aminoácidos no son capaces de ser almacenados en ninguna parte del organismo. Es por esto, por lo que en momentos de exceso, al no poder ser almacenados ni expulsados directamente, han de ser degradados en alguna de las vías catabólicas.

El grupo amino presente en todos los aminoácidos se eliminará mediante la formación de urea, mientras que el resto de la cadena carbonatada de los aminoácidos, se degradará en alguna de las rutas catabólicas, incorporándose como metabolitos intermedios.

El grupo amino es transferido al α -cetoglutarato para formar ácido glutámico. Este se desamina, para dar lugar a amonio (NH_4^+). En la mayor parte de los vertebrados terrestres, el amonio es transformado en urea a través del ciclo de la urea para poder ser excretado. En cambio en invertebrados es más común eliminarlo en forma de amoniaco.

Sin embargo el resto del esqueleto carbonatado va a correr distinta suerte, uniéndose (según el tipo) a las diferentes fases del ciclo de Krebs:

- a- Aminoácidos cetogénicos: son aquellos que originan compuestos con cetosas como Acetil-CoA, acetocetil-CoA. Cuando son transformados en el hígado dan lugar a los llamados cuerpos cetónicos: leucina y lisina.
- b- Aminoácidos glucogénicos: son aquellos que al degradarse originan ácido pirúvico, ácido α -cetoglutarico, succinil-CoA, ácido fumárico y ácido oxalacético. Los aminoácidos que corresponden a estas etapas son: alanina, cisteína, glicina, serina, treonina, asparagina, metionina, ácido aspártico, glutamina, ácido glutámico, histidina, prolina y valina.
- c- Aminoácidos mixtos: pueden originar cuerpos cetónicos o glucogénicos: isoleucina, fenilalanina, triptofano y tirosina.

El ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico presenta las siguientes fases:

- Antes de comenzar el ciclo, se realiza la deshidrogenación del piruvato con el consumo de CoA-SH y NAD^+ y se obtiene acetyl-CoA, $\text{NADH} + \text{H}^+$ y CO_2
- El **acetyl-CoA** se condensa junto con el **oxalacetato** para la síntesis de citrato. En la condensación requiere una molécula de agua y libera el CoA que se une al grupo -SH.
- El **citrato** se deshidrogeniza dando **cis-aconitato** y se libera una molécula de agua.
- Mediante la actividad hidrogenasa el **cis-aconitato** es transformado en el **isocitrato** utilizando por tanto una molécula de agua.
- El **isocitrato** es oxidado por el NAD^+ a **oxalosuccinato** obteniéndose $\text{NADH} + \text{H}^+$
- A partir del **oxaloacetato** se produce una descarboxilación dando lugar a **α -cetoglutarato**.
- A su vez el **α -cetoglutarato** es descarboxilado y deshidrogenado, introduciéndose NAD^+ y CoA-SH y liberándose $\text{NADH} + \text{H}^+$ y CO_2 para dar **succinil-CoA**
- El **succinil-CoA** permite la fosforilación de $\text{GDP} + \text{P}_i$ a GTP por su transformación a **succinato** mediante una reacción exérgica. En dicha transformación se libera el CoA, que se une al grupo -SH que se ha quedado en la reacción anterior.
- El **succinato** se transforma en **fumarato** por la formación de un doble enlace y con la consiguiente deshidrogenación el FAD^{2+} que pasa a FADH_2
- El **fumarato** se hidrogeniza al introducir una molécula de agua y forma **malato**.
- La oxidación del **malato** a **oxalacetato** de nuevo, cierra el ciclo y produce una última molécula de $\text{NADH} + \text{H}^+$ por su transformación a partir de NAD^+

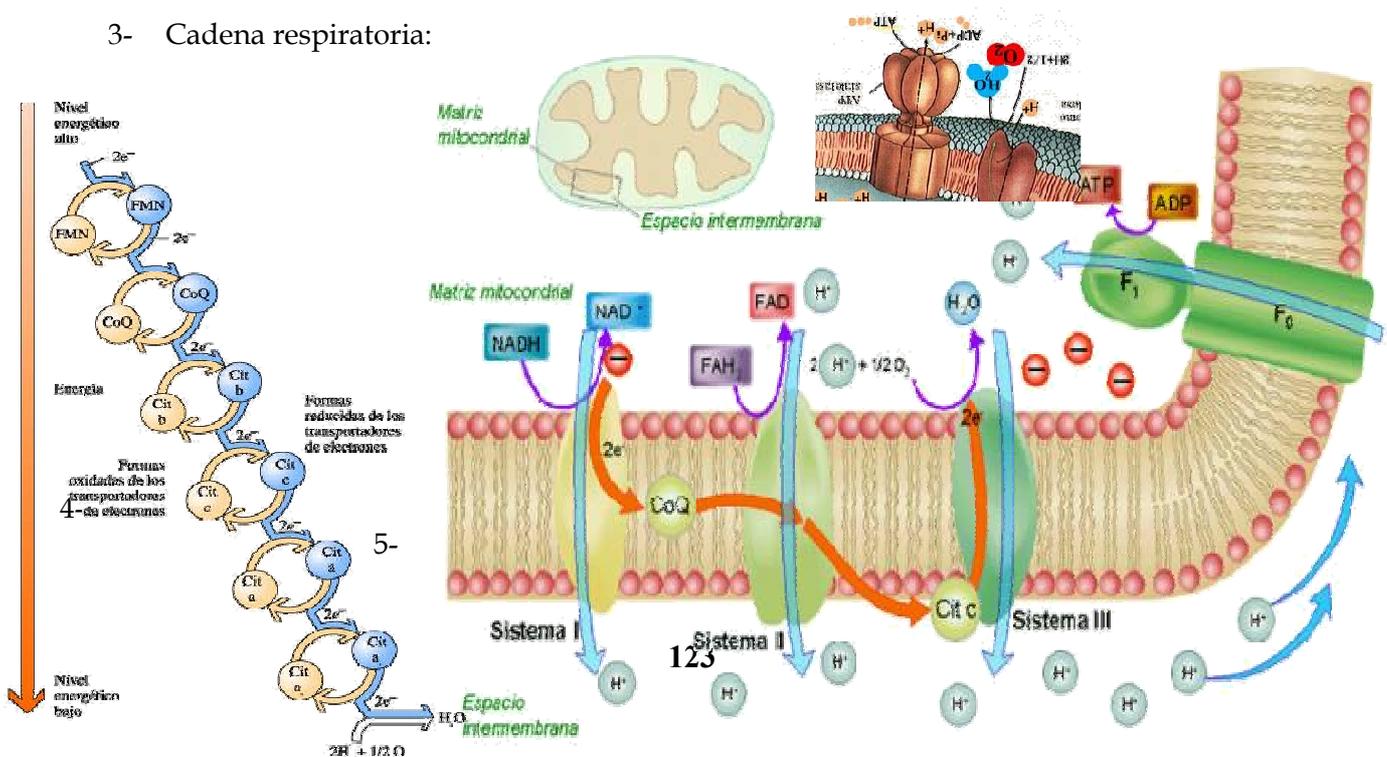
Por otra parte el piruvato podría dar lugar a oxalacetato mediante el consumo de ATP y en medio ácido (con ión carbonato)

El balance energético de dicho proceso es el siguiente:



La importancia biológica del ciclo de Krebs, radica en la síntesis de poder reductor ($\text{NADH} + \text{H}^+$), ya que es un ciclo que energéticamente no produce mucho ATP. Este poder reductor es utilizado posteriormente en la cadena respiratoria que se encuentra en la membrana mitocondrial a partir de la cual si se sintetizará gran cantidad de ATP.

3- Cadena respiratoria:



El poder reductor sintetizado en el ciclo de Krebs, así como el que se ha formado durante el proceso de glucólisis, constituye el primer metabolito que actúa en la cadena respiratoria a nivel de las crestas mitocondriales. El objetivo es la síntesis de ATP, gracias a la formación de un gradiente de protones entre el espacio intermembrana y la matriz mitocondrial. El transporte se realiza a través de la cesión de un par de electrones entre los diferentes aceptores proteicos que se encuentran integrados en la membrana de las crestas mitocondriales. Cada uno de los aceptores presenta un grado energético superior por lo que los electrones pueden ser transferidos a otro aceptor de menor energía. El último aceptor de electrones es el oxígeno, que gracias a la presencia de protones en la matriz mitocondrial da lugar a la formación de agua metabólica.

Durante el transporte electrónico, se origina en tres puntos de la cadena respiratoria el paso de protones de la matriz mitocondrial al espacio intermembrana. Este paso a través de las bombas de protones, se debe al aporte energético que se libera durante las reacciones de oxidación/reducción. Cuando dos electrones circulan a lo largo de la cadena, se origina el paso de hasta 10 protones al espacio intermembrana. De este modo y debido a que la membrana es impermeable al paso de protones por difusión, se origina un gradiente electroquímico de protones desde el espacio intermembrana, a la matriz mitocondrial. Los protones pueden regresar a la matriz mitocondrial a través de las partículas elementales F_0 . En el transporte de protones a través de las partículas elementales (partículas F), se produce la fosforilación oxidativa del $ADP + P_i$ a ATP.

- Los electrones entran en la cadena transportadora a través del $NADH + H^+$ que se oxida (a NAD^+) y son transferidos al aceptor FMN que se reduce. A su vez pasan protones al espacio intermembrana gracias a la bomba presente en este primer sistema.
- El FMN reducido, cede los electrones a la coenzima Q que se reduce.
- En el paso de electrones del aceptor FMN a la coenzima Q puede ser mediado por el $FADH_2$ que se oxida a FAD^{2+} .
- De la coenzima Q reducida, pasan los electrones al citocromo b. Aquí, se origina el paso de protones al espacio intermembrana, gracias a la presencia de otra bomba de hidrógeno.
- Del citocromo b los electrones son transferidos al citocromo a y de este al oxígeno para formar agua. El agua originada, sale de la mitocondria y de la célula. En este último paso se encuentra la última bomba de protones al espacio intermembrana.

Todo este proceso es dependiente del oxígeno, ya que sin él, no existiría el último aceptor capaz de sacarlos de la célula. Todos los pasos de protones al espacio intermembrana, se deben a la liberación de energía en el salto electrónico a lo largo de la cadena.

A partir de una molécula de $NADH + H^+$ se originan 3 ATP. Mientras que a partir de un $FADH_2$ se originan 2 ATP, por su incorporación en un estado energético inferior que el $NADH + H^+$.

Finalmente, la energía que se extrae de la ruptura completa de una molécula de glucosa pasa los tres estadios de la respiración celular (glucólisis, ciclo de Krebs y cadena de transporte de electrones), es idealmente de 36 moléculas de ATP. En realidad son 38 las moléculas netas de ATP que se producen, pero dos de ellas se consumen para transportar (mediante transporte activo), desde el citoplasma a la matriz mitocondrial las dos moléculas de $NADH + H^+$ producidas en la glucólisis.

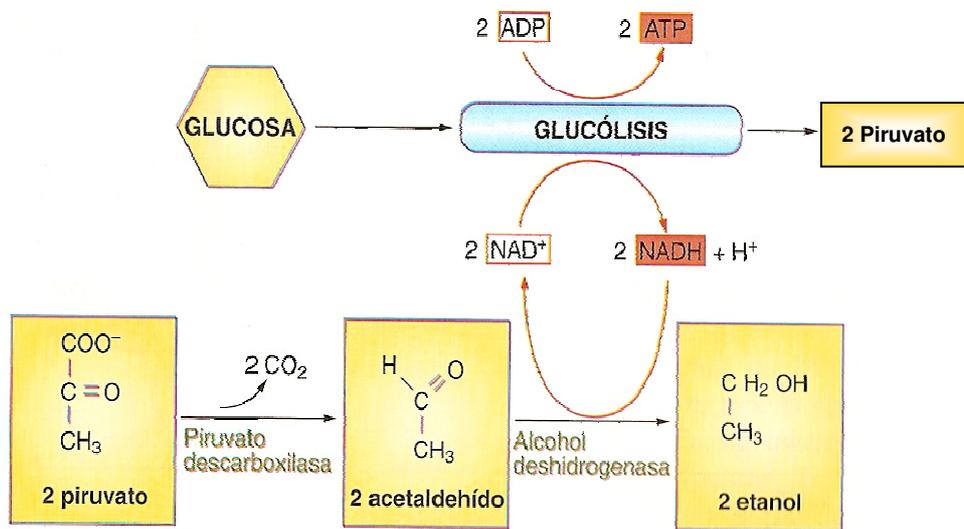
En ausencia de oxígeno, se entra en el proceso de fermentación (láctica o alcohólica en plantas) para la obtención de energía a partir del PEP que se reduce a ácido láctico o etanol (importante desde el punto de vista comercial)

Fermentaciones:

1- Fermentación etílica:

El proceso de fermentación etílica se realiza en plantas y hongos debido a la presencia de la enzima *piruvato descarboxilasa*. Es muy utilizada a nivel comercial.

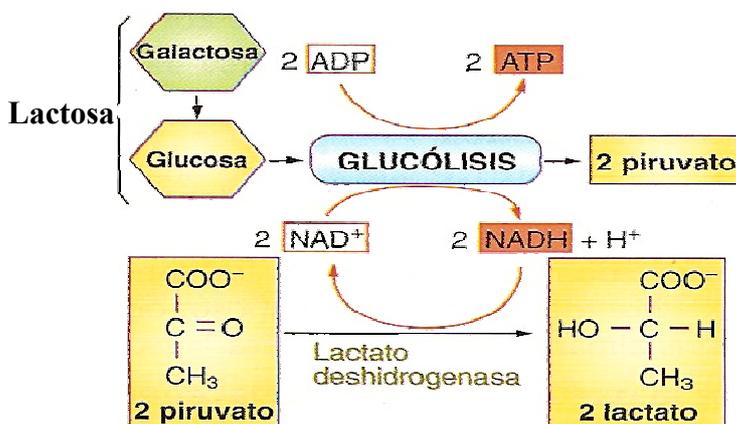
El que dicho proceso se encuentra inhibido, se debe a la presencia de oxígeno en el medio. Su ausencia lo activa.



Etapas:

La glucosa es transformada en piruvato mediante la glucólisis, y es a partir del piruvato donde se libera CO₂ para la formación de acetaldehído. A partir de la reducción del acetaldehído se origina etanol y se libera NAD⁺, que será el que intervenga de nuevo en la glucólisis.

2- Fermentación láctica:

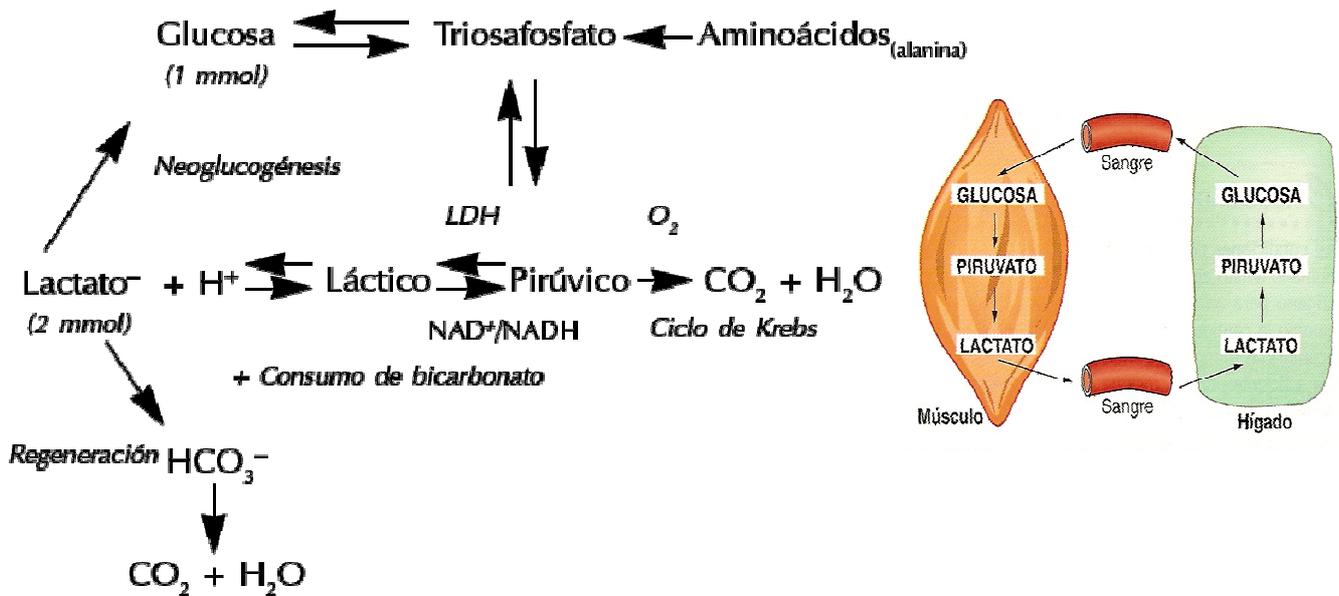


Este tipo de fermentación se da en el tejido muscular durante la actividad física, y es propia de gran cantidad de microorganismos. Al igual que en la fermentación alcohólica, se regenera el NAD⁺ de la glucólisis.

Las etapas en las que se desarrolla son dos: la formación de piruvato a partir de la glucólisis, y el paso de piruvato a lactato mediante una deshidrogenación. Es en este proceso en el que se oxida el NADH + H⁺ a NAD⁺ que se revierte al

proceso de glucólisis.

El lactato en grandes concentraciones, origina la acidez de la sangre y los tejidos en los que se libera. Si este es mantenido y no degradado, eleva la acidez plasmática alcanzando valores que inhiben a numerosas enzimas y proteínas provocando hasta la muerte del individuo. Es una enfermedad típica de algunos tratamientos con antivirales, neoplasias... Tras la realización de un ejercicio, algunas partes del cuerpo pueden doler debido las altas concentraciones de lactato. En su catabolismo, es eliminado en el hígado mediante la síntesis de glucosa o CO₂ con la producción final de bicarbonato. Con la presencia de oxígeno el lactato revierte a piruvato y entra de nuevo en el ciclo de Krebs.



La diferencia en el rendimiento energético entre el metabolismo aerobio (36 ATP netos) y el metabolismo anaerobio (2 ATP netos) es 18 veces menor. De ahí que frente a las posibilidades del metabolismo aerobio y anaerobio, su actividad se vea inhibida o estimulada por la presencia o ausencia de oxígeno en el medio.

Recordar que a partir de una molécula de glucosa se producen 2 Acetil- CoA, a partir de un ácido graso 1 Acetil-Co A, y los aminoácidos van a generar más o menos energía dependiendo de la posición del ciclo a la que se unan.

i. Plastos

Son orgánulos celulares exclusivos de células vegetales. Se caracterizan por la presencia de pigmentos y por la capacidad de sintetizar y acumular sustancias de reserva. Al igual que las mitocondrias presentan una autonomía mayor que el resto de los orgánulos por lo que se le relaciona con la teoría endosimbiótica.

Entre los plastos más conocidos encontramos: leucoplastos (almacenan sustancias y carecen de pigmentos), cromoplastos (presentan pigmentos fotosintéticos como los cloroplastos que deben su nombre al elevado contenido en clorofila)

Estructura

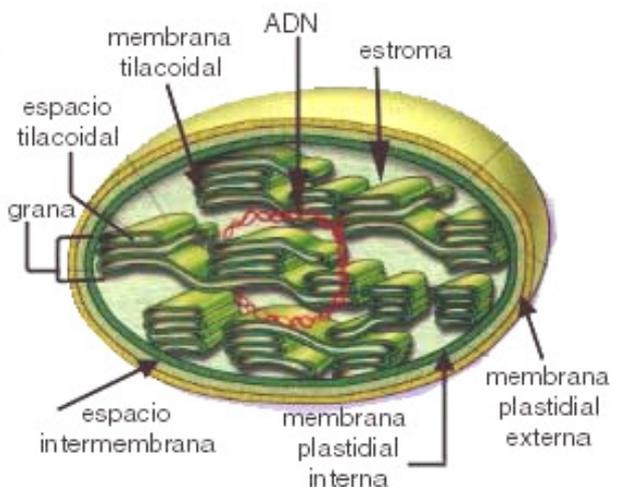
Los cloroplastos son orgánulos con forma de disco, de entre 4 y 6 μm de diámetro y 10 μm o más de longitud. Aparecen en mayor cantidad en las células de las hojas, lugar en el cual parece que pueden orientarse hacia la luz. Es posible que en una célula haya entre cuarenta y cincuenta cloroplastos, y en cada milímetro cuadrado de la superficie de la hoja hay 500.000 cloroplastos. Cada cloroplasto está recubierto por una membrana doble, en cuyo interior contiene una sustancia básica denominada estroma. El estroma está atravesado por una red compleja de discos conectados entre sí, llamados lamelas. Muchas de las lamelas se encuentran apiladas como si fueran platillos; a estas pilas se les llama grana.

La capacidad que tienen los cloroplastos para reproducirse a sí mismos, y su estrecha similitud, con independencia del tipo de célula en que se encuentren, sugieren que estos orgánulos fueron alguna vez organismos autónomos que establecieron una simbiosis en la que la célula vegetal era el huésped, según la teoría endosimbiótica de Lynn Margulis

Está constituida por un sistema de membranas más complejo que la mitocondria y que ninguno de los orgánulos celulares.

Atendiendo a las estructuras particulares del cloroplasto se caracterizan por:

- Membrana externa:** Es una membrana semipermeable y al igual que las membranas eucariotas, está constituida por una bicapa lipídica con gran presencia de poros (porinas) que permiten el paso de sustancias de gran tamaño. Además también posee colesterol.
- Membrana interna:** Su composición es similar a la de la membrana externa, aunque presenta proteínas transportadoras selectivas que le hace ser prácticamente impermeable al paso de grandes moléculas. Sin embargo es permeable al paso de los metabolitos propios que intervienen en los diferentes procesos. ATP, CO₂, O₂, glucosa...
- Entre medias se desarrolla el **espacio intermembranoso** que regula la entrada y salida de iones y moléculas entre el plasto y el citoplasma, manteniéndose en equilibrio.

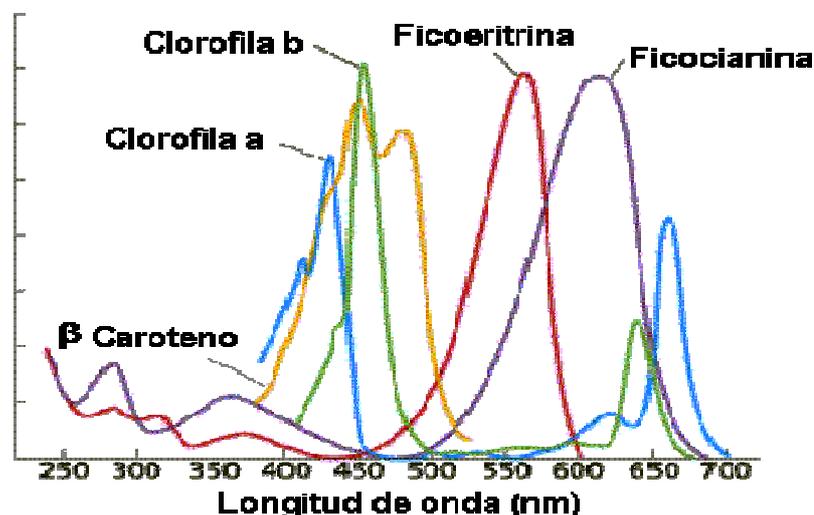


- d) El medio interno del plasto denominado *estroma*. Es una sustancia gelatinosa constituida en un 50% de agua y proteínas. Dentro de las proteínas destaca la **Rubisco**, encargada de la fijación de carbono en la fase oscura de la fotosíntesis o ciclo de Calvin. Además encontramos las proteínas sintetizadas para dicho ciclo. También contiene ARN y ADN circular y bicatenario, junto con ribosomas similares a los bacterianos, encargados de la síntesis de proteínas específicas que intervienen en los procesos anabólicos propios del cloroplasto. Dispersos por el estroma aparecen pequeñas concentraciones de glucosa formando almidón que lo otorga un aspecto granular.
- e) Inmerso en el estroma se encuentra el tercer grupo de membranas, que constituyen un conjunto de sacos denominados *tilacoides* y en ocasiones se apilan manteniendo una red membranosa interconectada denominada *grana*. Los tilacoides: Son un conjunto de sáculos que limitan el medio externo (estroma) del espacio tilacoidal, tiene las características propias de las membranas bacterianas. Su composición proteica es mucho mayor y está constituida en gran medida por complejos sistemas encargados de la transformación de energía lumínica en energía química (ATP). Estos sistemas se denominan fotosistemas, encargados de la fase lumínica de la fotosíntesis. Además presenta endosadas partículas elementales que permiten la síntesis de ATP. Es el lugar en el que se realiza la fosforilación y contiene las proteínas implicadas en el transporte electrónico. Las cadenas transportadoras de electrones, constituyen el proceso fotosintético para la síntesis de $\text{NADH} + \text{H}^+$, y permitir mediante una bomba de hidrógeno, el paso de H^+ desde el estroma al espacio intermembrana, para la posterior síntesis de ATP.

La fotosíntesis:

La vida en la tierra depende fundamentalmente de la energía solar, la cual es atrapada mediante el proceso fotosintético, que es responsable de la producción de toda la materia orgánica que conocemos. Para poder realizar este proceso son imprescindibles los pigmentos fotosintéticos.

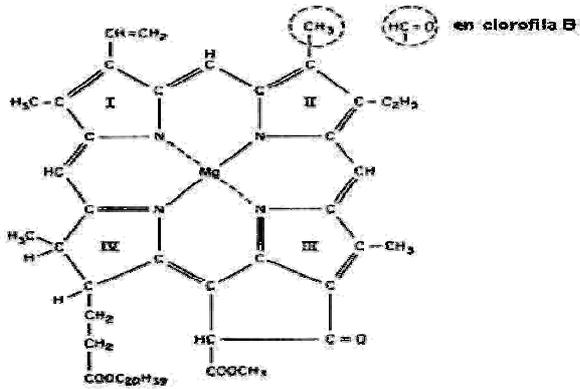
Un pigmento es cualquier sustancia que absorbe luz. El color de un pigmento es el resultado de la longitud de onda reflejada (no absorbida). La clorofila, el pigmento verde de todas las células fotosintéticas, absorbe todas las longitudes de onda de la luz visible excepto el verde, el cual es reflejado y percibido por nuestros ojos. El espectro de absorción lumínica de los diferentes pigmentos es el siguiente:



Entre los pigmentos más importantes encontramos:

a) *Las clorofilas*

Es una molécula compleja, formada por cuatro anillos pirrólicos, un átomo de magnesio y una cadena de fitol larga ($C_{20}H_{39}OH$). En las plantas y otros organismos fotosintéticos existen diferentes tipos de clorofilas, siendo las más comunes las clorofilas *a* y *b*. La clorofila *a* se encuentra en todos los organismos fotosintéticos (plantas, ciertos protistas, cianobacterias).



Los electrones procedentes de los dobles enlaces son los encargados de absorber la radiación del espectro visible excitándose a niveles energéticos superiores.

Entre los valores de 500 y 600nm de λ (longitud de onda), las clorofilas no son capaces de absorber la radiación, mientras que si lo pueden

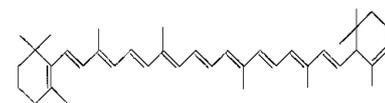
realizar diferentes pigmentos como los carotenoides.

b) *Los carotenoides:*

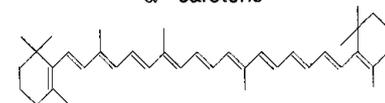
Constituyen un grupo muy importante de flavonoides con función antioxidante. Muchos se encuentran en estructuras fotosintéticas como pigmentos accesorios. Se pueden encontrar en la membrana tilacoidal y membrana interna.

Podemos distinguir dos grupos:

- a. **Los carotenos:** Son aquellos que poseen una coloración rojiza y anaranjada. Los más importantes son los β -carotenos y α -carotenos, que desarrollan funciones antioxidantes y anticancerígenas, además de ser capaces de pasar a un estado excitado y transferir electrones a la cadena transportadora. El licopeno (color rojizo de los tomates), tiende a disminuir el colesterol en sangre ...

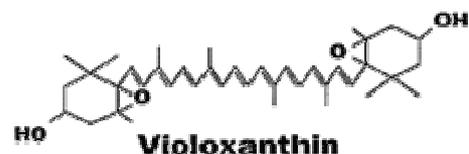


α - caroteno



β - caroteno

- b. **Las xantofilas:** Poseen una coloración amarillenta. Dentro de este grupo encontramos pigmentos cuya función es disipar parte de la energía absorbida, para evitar el sobrecalentamiento de los fotosistemas e impedir la desnaturalización de proteínas por elevadas temperaturas. Esta misma propiedad resulta eficaz para proteger la retina humana de las radiaciones ultravioletas del sol. Dentro de este grupo podemos encontrar la luteína, violoxantina.



Violoxanthin

c) *Las ficobilinas:*

Son pigmentos fotosintéticos presentes en cianobacterias y algas rojas. Son capaces de absorber la radiación en las longitudes de onda próximas al rojo, por lo que les permite a estos organismos a vivir a mayores profundidades marinas.

Los pigmentos fotosintéticos se encuentran agrupados en los cloroplastos en unas estructuras específicas llamadas fotosistemas, que se encuentran en las membranas de los grana y tilacoides.

Fotosistemas

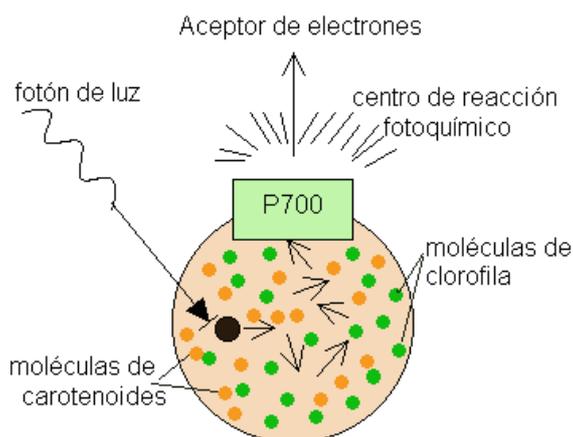
En la fotosíntesis cooperan dos grupos separados de fotosistemas, que se encuentran localizados en los tilacoides. Muchos organismos procariontes solamente tienen el fotosistema I (es el más primitivo desde el punto de vista evolutivo). Los organismos eucariotes poseen los fotosistemas I y II.

El fotosistema I está asociado a las formas de clorofila a, que llega a absorber a longitudes de onda de 700 nm (P_{700}), mientras que el fotosistema II tiene un centro de reacción que sólo alcanza hasta una longitud de onda de 680 nm (P_{680}). Cada uno de estos fotosistemas se encuentra asociado a polipeptidos en la membrana tilacoidal y absorben energía luminosa independientemente.

En el fotosistema II, se produce la fotólisis del agua y la liberación de oxígeno; sin embargo ambos fotosistemas operan en serie, transportando electrones, a través de una cadena transportadora de electrones. En el fotosistema I se transfieren dos electrones a la molécula de $NADP^+$ y se forma NADPH, en el lado de la membrana tilacoidal que mira hacia el estroma..

Ambos presentan la siguiente estructura:

- 1- Un complejo antena, formado por varios centenares de moléculas de clorofila y carotenos.
- 2- Un centro reactivo, o centro de reacción fotoquímico, tiene unas moléculas de clorofila a que actúan como una verdadera *trampa energética*, puesto que los electrones que liberan son *catapultados* hacia la cadena de transporte electrónico de la membrana tilacoidal



• Fase lumínica de la fotosíntesis:

Cuando una de las moléculas del complejo antena se excita al captar un fotón (unidad de energía lumínica) transfiere esa energía de excitación a otra molécula cercana por un proceso de *resonancia* y, en una reacción en cadena, esa energía llega hasta el centro reactivo.

A partir del centro activo, se transfiere la energía al primer aceptor de electrones de la cadena (el agua). En el fotosistema II, el agua es hidrolizada formándose oxígeno, que es expulsado del cloroplasto para ser liberado a la atmósfera, e hidrógeno, que parte permanece en el estroma y otra parte cede los electrones a la cadena transportadora de electrones del fotosistema II. El paso de electrones a través de la cadena, origina el flujo de protones en uno de los intermediarios de la cadena, por la presencia de una bomba de hidrógeno. Los protones, atraviesan la membrana tilacoidal desde el estroma al espacio intertilacoidal, en el que se encuentran en una mayor concentración. En las membranas

tilacoidales se encuentran complejos multiproteicos denominados partículas elementales que permiten el paso de protones desde el espacio intertilacoidal, al estroma. De este modo se equilibra la concentración de protones entre el estroma y el espacio intertilacoidal, y en su paso se origina la fosforilación del $ADP + P_i$ a ATP .

Los electrones que atraviesan la cadena del fotosistema II, pasan al fotosistema I. En el fotosistema I, junto con la energía que es capturada en dicho fotosistema, se produce el transporte electrónico hasta alcanzar el penúltimo aceptor: la ferredoxina, donde gracias a los protones obtenidos de la hidrólisis del agua en las proximidades del fotosistema II se produce la obtención de poder reductor ($NADPH + H^+$).

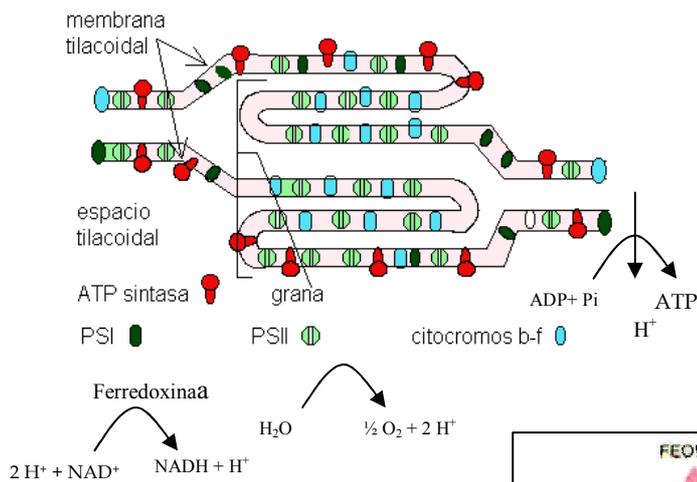


Figura 1. Representa los tilacoides y grana con la situación de cada uno de los componentes de las membranas, así como los procesos que se dan en cada uno. El fotosistema I al igual que las partículas elementales, están presentes en las membranas tilacoidales, en contacto directo con el estroma. El fotosistema II aparece por todas las membranas aunque es más abundante en los grana.

Figura 2. Representa el paso de los electrones a través de la cadena transportadora del fotosistema II y del fotosistema I. incluyendo cada una de las proteínas implicadas en el transporte, así como los metabolitos obtenidos.

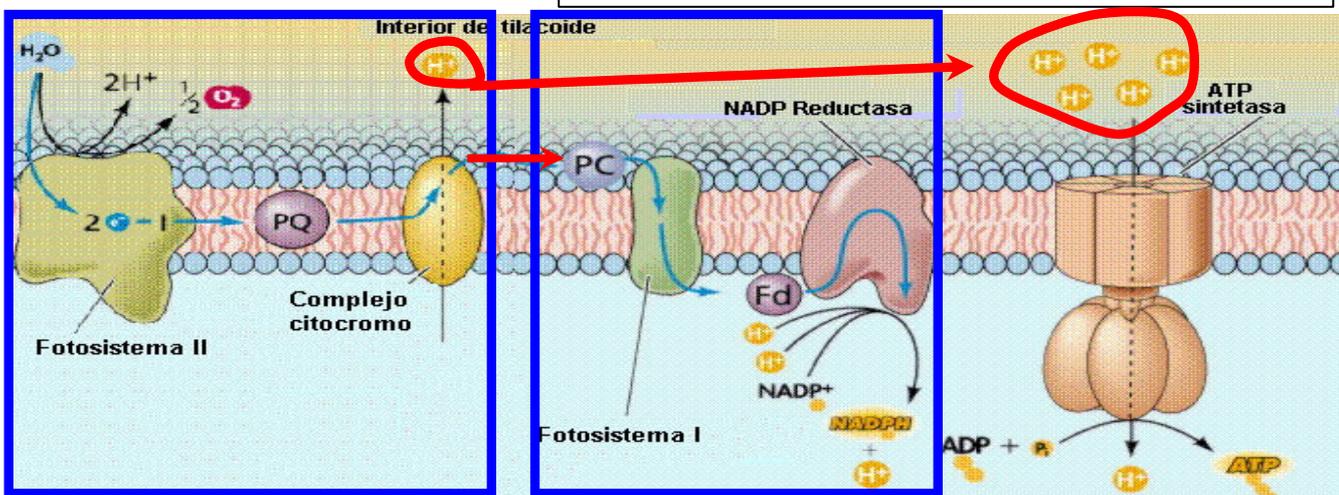
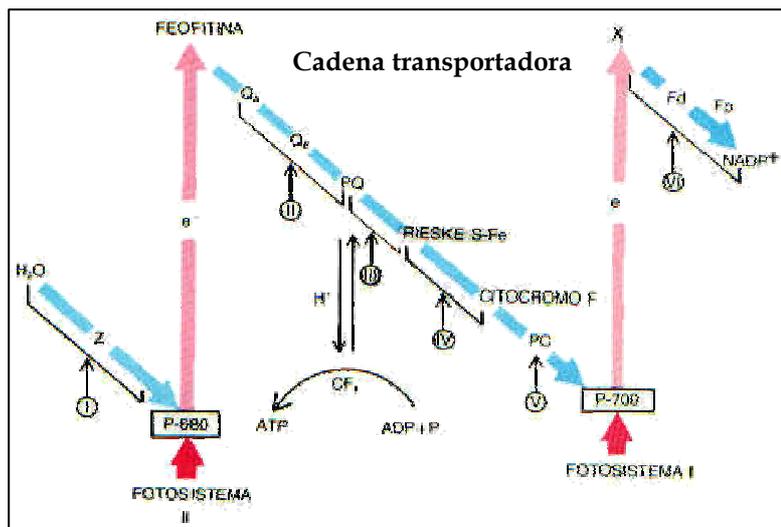


Figura 3. Representa el proceso fotosintético dividido en sus dos partes de síntesis de ATP y $NADH + H^+$

- Fase oscura

Se denomina fase oscura, por poder realizarse en ausencia de radiación, aunque en la mayoría de los vegetales se realiza simultáneamente a la fase lumínica. Todo el ATP y el NADH obtenido se utiliza íntegramente en el ciclo de Calvin para la síntesis de azúcares a partir de Rubisco. De este modo se obtiene materia orgánica a partir de inorgánica.

La presencia de fotosíntesis se da tanto en células eucariotas como en las procariotas (cianobacterias), en estas últimas la clorofila se encuentra rodeada por una membrana. Solamente presentan el fotosistema I (por lo que puede trabajar en una franja menor del espectro lumínico) y la obtención de ATP y poder reductor se realiza en la membrana interna, ya que carece de tilacoides. A esta estructura se le denomina cromatóforo.

j. Pared celular

Es un componente típico de las células eucarióticas vegetales y fúngicas. Entre los vegetales, las únicas células que no la tienen son los gametos masculinos y a veces los gametos femeninos. En las células vivas las paredes tienen un papel importante en actividades como absorción, transpiración, traslocación, secreción y reacciones de reconocimiento, como en los casos de germinación de tubos polínicos y defensa contra bacterias u otros patógenos. Son persistentes y se preservan bien, por lo cual se pueden estudiar fácilmente en plantas secas y también en los fósiles.

Inclusive en células muertas las paredes son funcionales: en los árboles, la mayor parte de la madera y la corteza está formada sólo de paredes celulares que contienen materiales que protegen las células subyacentes de la desecación. En la madera las paredes celulares son gruesas y rígidas y sirven como soporte mecánico de los órganos vegetales.

Estructura de la pared celular

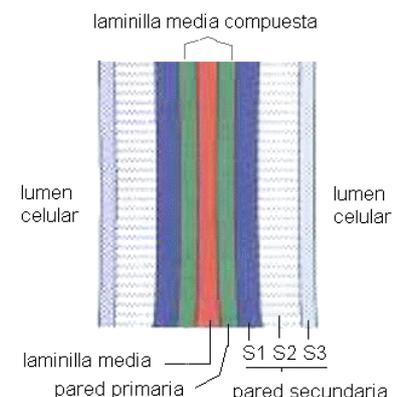
La pared celular tiene tres partes fundamentales: 1) la sustancia intercelular o lámina media, 2) la pared primaria y 3) la pared secundaria. La pared es secretada por la célula viva, de manera que la capa más vieja está hacia afuera, y la capa más joven hacia adentro junto al protoplasma, demarcando la cavidad celular.

1- Laminilla media o sustancia intercelular

Se inicia como "placa celular", en el momento de la división celular. Es amorfa y óptimamente inactiva. Se compone principalmente de compuestos. Se descompone con facilidad, y cuando esto sucede el tejido se separa en células individuales.

2- Pared primaria

Se forma inmediatamente después de la división celular, antes de que la célula complete su crecimiento. Usualmente es delgada, pero puede alcanzar considerable grosor. Cuando las paredes son gruesas pueden mostrar una clara laminación debida a las variaciones en la composición de los sucesivos incrementos.

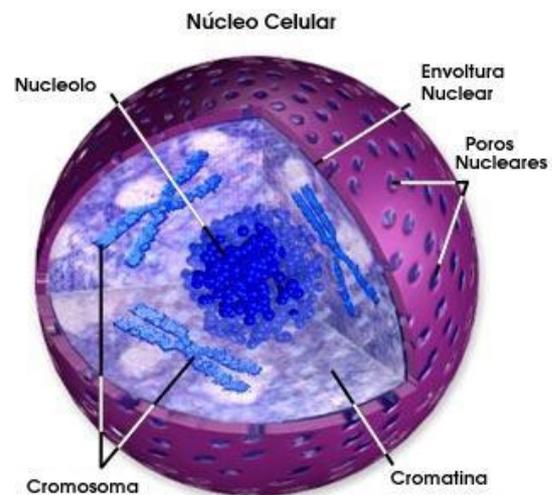


3-Pared secundaria

Sigue a la pared primaria en orden de aparición. La pared secundaria consta de tres capas con características físicas y químicas diferentes, que se denominan de afuera hacia adentro S1 (capa externa), S2 (capa medial o central) y S3 (capa interna). Algunos consideran que la última capa puede ser considerada como una pared terciaria, que presenta internamente una capa verrucosa, los restos de protoplasto. Cada una de las capas se encuentra depositada de forma diferente, otorgando mayor resistencia a las células que lo presentan (principalmente células de los vasos conductores)

k. El Núcleo

El núcleo es el mayor de los orgánulos presentes en las células. Tiene una forma oval u esférica y contiene el material hereditario de la célula en los llamados genes, quienes controlan muchas de las actividades de la célula, así como su estructura y su función. La mayor parte de las células tienen un núcleo aunque algunas como los eritrocitos maduros pueden no tener ninguno y otras como las células musculares pueden tener dos o más.



Estructura

- 1- El núcleo está rodeado por una membrana nuclear doble que lo separa del citoplasma. Tanto la membrana interna como la externa están constituidas por fosfolípidos similares a los de la membrana plasmática. Esta membrana nuclear está perforada por poros nucleares llenos de agua por donde pueden difundir moléculas solubles en agua. Los poros nucleares son 10 veces mayores que los de la membrana plasmática de forma que pueden pasar a través de ellos moléculas relativamente grandes como el RNA y algunas proteínas.
- 2- Dentro del núcleo aparece una sustancia viscosa, constituida principalmente por agua, proteínas, ADN y ARN que permite la difusión de moléculas a través de la membrana. Esta sustancia se denomina nucleoplasma.
- 3- En el nucleoplasma se pueden apreciar pequeñas condensaciones de color más oscuro y de estructura esférica llamados nucléolos, consistentes en agregados de proteínas, DNA y RNA que no están rodeados de membrana. Los nucleolos son los lugares donde se ensamblan los ribosomas, partículas que contienen el RNA-ribosómico, de importancia fundamental para la síntesis de proteínas. Dentro del nucleolo se pueden reconocer dos regiones:
 1. Fibrilar: Constituida por moléculas de ADN y ARN_r asociado a proteínas
 2. Granular correspondiente al conjunto de proteínas ribosomales encargadas de la transcripción, así como de unidades ribosomales en proceso de maduración.

En las células en metafase, el DNA y las proteínas asociadas se encuentran empaquetados en un agregado llamado cromatina. Durante la división celular, el DNA y unas proteínas denominadas histonas condensan un forman unas estructuras en forma de X llamadas cromosomas. Los cromosomas contienen una enorme cantidad de DNA en relación a su tamaño, ya que pueden ser vistos con facilidad al microscopio óptico.

Cada cromosoma está formado por una única molécula de DNA muy enrollada y plegada alrededor de las histonas. El conjunto de una estructura redondeada formada por 8 histonas y varias vueltas de DNA constituye un nucleosoma y el DNA existente entre dos nucleosomas adyacentes se llama DNA de unión (linker DNA). Además, las histonas promueven el plegamiento de la cadena de nucleosomas en una estructura de mayor diámetro llamada fibra cromatínica. A su vez, la fibra cromatínica se pliega en bucles formando la cromatina cuando la célula no está en división. Antes de la división, el DNA se duplica y cada cadena de cromatina se pliega para formar las cromátidas. Una pareja de cromátidas constituye un cromosoma. En resumen, la complejidad estructural del DNA nuclear progresa de la forma siguiente:

- La doble hélice se enrolla alrededor de un grupo de 8 histonas formando el nucleosoma.
- Los nucleosomas, unidos por el linker-DNA a modo de las cuentas de un collar, se enrollan formando una fibra de cromatina.
- El plegamiento de la fibra de cromatina forma los bucles característicos de la cromatina en las células en metafase y las cromátidas en las células en división.
- Dos cromátidas se asocian formando el cromosoma.

Diferencias entre células procariota y eucariota.

Órgano	Célula procariota	Célula Eucariota
Membrana plasmática	Composición similar aunque más sencilla. No presenta glucocalix	Composición compleja. Presenta glucocalix en C. animales
Citoplasma	Constituido por el citosol	Citosol: Similar al procariota
		Cioesqueleto: formado por microtúbulos
Centrosoma	No presenta	En células animales
Cilios/Flagelos	Con estructura diferente a 9 + 2	Estructura 9 + 2 pares de microtubulos
Reticulo endoplásmico	La síntesis de lípidos se realiza en la membrana	Con ribosomas (rugoso) y sin ellos (liso)
Aparato de Golgi		Formado por dictiosomas
Lisosomas	Realiza la digestión celular en el citoplasma gracias a la presencia de enzimas	Encargados de la digestión celular
Peroxisomas		Oxidación de ácidos grasos entre otros en plantas fotorespiración y ciclo del glioxilato
Vacuolas	No presenta	Con función de almacen, turgente...
Proteosomas	Encargados de la ruptura de los puentes de hidrógeno, disulfuro y enlaces peptídicos hasta la obtención de aa.	
Mitocondria	La obtención de energía se realiza en la membrana citoplásmica en su cara interna en los mesosomas	Encargada de la obtención de energía mediante la fosforilación oxidativa y degradación de moléculas (respiración) y poder reductor por el ciclo de krebs.
Plastos	Presencia de cromatóforos con clorofila a en el fotosistema I. Tilacoides lamelares	Constituido por tres capas membranosas: membrana externa, interna y tilacoidal, donde se realiza la fase lumínica de la fotosíntesis

Pared celular	Presencia de pared celular de origen proteico diferente de la celulosa. Es de mureína En ocasiones presentan cápsula	Presencia en células vegetales a excepción de los gametos. Formada por lamina media, primaria y secundaria de naturaleza celulósica
Núcleo	Carece de núcleo diferenciado	Dividido en membrana nuclear, nucleoplasma y nucleolo
ADN	Monocatenario o bicatenario, disperso por el citoplasma y sin asociarse a proteínas estructurales	Constituyendo una doble hélice, que se asocia a proteínas de tipo histona y se condensa en la profase con la formación de cromosomas para la división mitótica

Diferencias entre célula animal y vegetal:

	Célula animal	Célula vegetal
Membrana plasmática	presente	presente
Núcleo	presente	presente
Nucleolo	presente	presente
Reticulos	presente	presente
Vacuolas	pequeñas	grandes
Mitocondrias	presente	presente
Cromosomas	presente	presente
Centrosoma	presente	ausente
Plástidos	ausentes	presentes
Pared celular	ausente	presente
Plasmodesmos	ausentes	presentes

