

METABOLISME

1- Definició

El metabolisme cel·lular és el conjunt de reaccions químiques que es produeixen a l'interior de les cèl·lules. Donat el gran nombre d'aquestes que s'han de produir dins d'un ésser viu, es fa necessari un control coordinat de totes elles: s'han de produir només les necessàries i a la velocitat i quantitat que a cada moment correspon.

Aquest control es porta a terme mitjançant els enzims: catalitzadors biològics que possibiliten les reaccions amb un màxim d'eficàcia. La seva activitat està coordinada (regulada): no es produeix l'acumulació de productes intermedis.

Dins d'aquesta idea del metabolisme s'han d'introduir els següents conceptes relacionats.

- Metabòlits: compostos químics que intervenen en les reaccions dels éssers vius.
- Substrats i productes: composició inicial i final d'una reacció.
- Via metabòlica: conjunt de reaccions coordinades per tal de produir un producte final.
- Disponibilitat de substrats: tant una via metabòlica com una reacció individual depèn de la presència dels substrats i coenzims de la reacció.

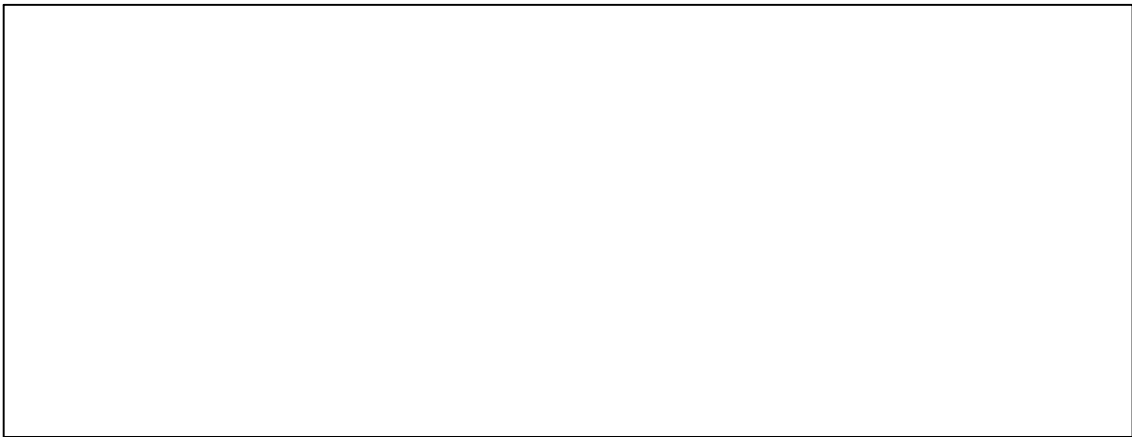
2- Tipus de metabolisme

Dins del metabolisme es poden classificar dos tipus de reaccions:

- Reaccions catabòliques: reaccions de degradació. Generalment són processos oxidatius, i com a resultat produeixen energia. Malgrat que no es pugui afirmar d'una forma absoluta, aquests processos són convergents: d'un ampli ventall de substrats s'arriba a un conjunt reduït de productes, generalment molt oxidats (piruvat, acetilCoA, CO₂, etc.).
- Reaccions anabòliques. Reaccions de síntesi de biomolècules. Generalment són processos de reducció que precisen del consum d'energia. A diferència de l'anterior és divergent (d'un nombre reduït de substrats s'arriba a una gran diversitat de productes).

3- L'ATP

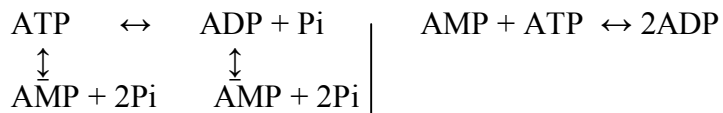
La transferència d'energia entre els dos tipus de reaccions dels éssers vius es fa mitjançant una "unitat energètica comú": la molècula d'ATP. Aquesta transferència energètica es produeix mitjançant la transferència dels grups fosfat. Així, la unió d'una molècula al grup fosfat es porta a terme mitjançant "enllaços rics en energia", el que representa un estat energètic superior.



Estructura de l'ATP i reacció de la seva defòsforilació

La formació d'ATP es duu a terme per la unió de l'ADP i un grup fosfat mitjançant un enllaç ric en energia. L'ADP es forma per aquest mateix procés sobre la molècula d'AMP. Aquests tres compostos reben el nom genèric d'adenilats, i s'ha de tenir en compte que l'ATP conté dos enllaços rics en energia, mentre que l'ADP **NOMÉS EN CONTÉ UN**. Quan es fa necessària una gran quantitat d'energia en una reacció, es poden alliberar dos enllaços rics en energia de l'ATP.

Els adenilats tenen un cicle d'interconversió entre ells:

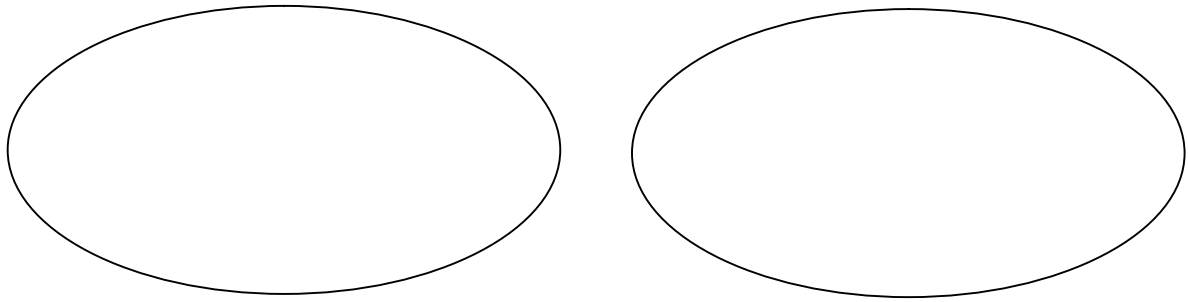


La síntesi d'ATP es fa per dues vies:

- Fosforilació a nivell de substrat
- Fosforilació oxidativa (i fotofosforilació).

La fosforilació a nivell de substrat es porta a terme mitjançant la cessió d'energia (en forma d'enllaços amb fosfats) des de compostos que tenen un nivell energètic superior a l'ADP al qual poden transferir l'enllaç amb fosfat. Aquesta reacció en sentit invers (transferència de fosfat des de l'ATP a altres molècules de nivell energètic inferior) és la forma de transferència energètica del metabolisme.

La fosforilació oxidativa és l'altre sistema de producció de molècules d'ATP. Aquest procés té lloc a les crestes mitocondrials i consisteix en la transferència d'electrons de compostos orgànics reduïts (coenzims) fins a l'oxigen molecular, que es redueix formant-se aigua. En transferir electrons els coenzims s'oxiden. En aquest procés de transferència electrònica es genera una diferència de concentració de protons (es a dir de pH) entre l'interior mitocondrial (matriu) i l'espai intermembranós. Aquesta diferència permet que es sintetitzi ATP, a partir d'ADP i fosfat, en aprofitar-se el moviment de protons a través de la membrana interna mitocondrial pels canal adequats (proteïnes de membrana sintetitzadors d'ATP conegudes com ATPases). Aquest procés és l'únic procés metabòlic cel·lular en el qual intervé l'oxigen molecular, per la qual cosa és la base del que s'anomena metabolisme aeròbic, que es caracteritza per la respiració cel·lular, o consum d'oxigen.



Dibuix del mitocondri i del cloroplast vist al microscopi electrònic. Indica les parts .

Durant la fase lluminosa de la fotosíntesi es produeix un procés semblant a la fosforilació oxidativa, però la transferència d'electrons es genera a partir de l'excitació, per la llum, de la molècula de clorofil·la. El resultat és el mateix que a la fosforilació oxidativa, però els acceptors finals dels electrons són coenzims. En aquest cas també la transferència d'electrons genera un gradient de protons que s'aprofita per sintetitzar ATP, procés anomenat fotofosforilació.

Omple els quadres següents:

Reaccions catabòliques	Reaccions anabòliques

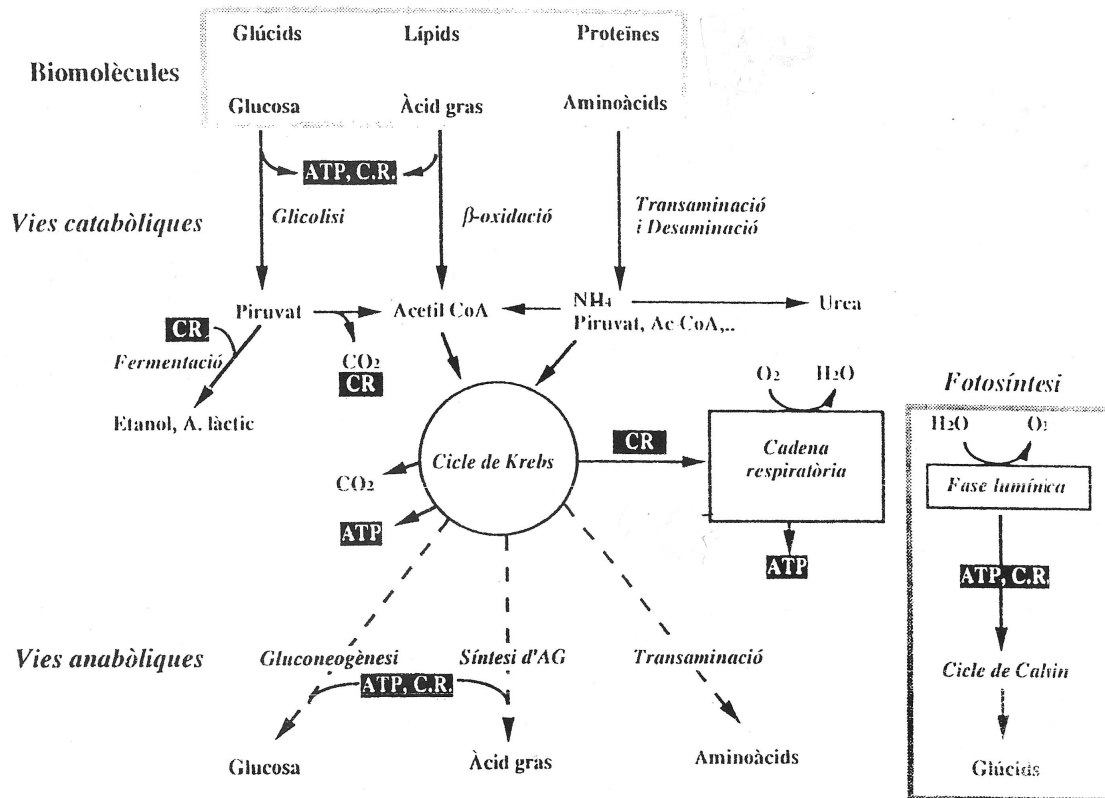
Quadre 1. Característiques de les dues fases del metabolisme

Tipus d'organismes Segons el seu metabolisme	Origen de l'energia	Origen del carboni	Exemples

Quadre 2. Modalitats del metabolisme

Tot el metabolisme es pot resumir segons el quadre de la pàgina següent (Figura 1). En aquest quadre es poden observar les vies catabòliques més importants, on s'indiquen els substrats inicials i els productes finals de les vies: **Glicolisi** (glucosa a piruvat) **β -oxidació** (àcids grassos a acetil CoA) i **transaminació i desaminació** (aminoàcids a amoni o urea i metabòlits oxidats coma acetil CoA, piruvat, etc.). S'indica com en el metabolisme aerobi aquest productes finals entren al cicle de Krebs per a ser oxidats fins a diòxid de carboni. Com a resultat de l'oxidació de totes aquestes biomolècules es redueixen els coenzims que després seran oxidats en entrar a la fosforilació oxidativa. Això fa que es pugui generar una gran quantitat d'ATP mitjançant el metabolisme aerobi. En canvi, la **fermentació**, característica del metabolisme anaerobi, només consumeix coenzims reduïts, generant productes finals com l'àcid làctic o l'etanol que encara contenen molta energia i, per tant, obtenen menys molècules d'ATP.

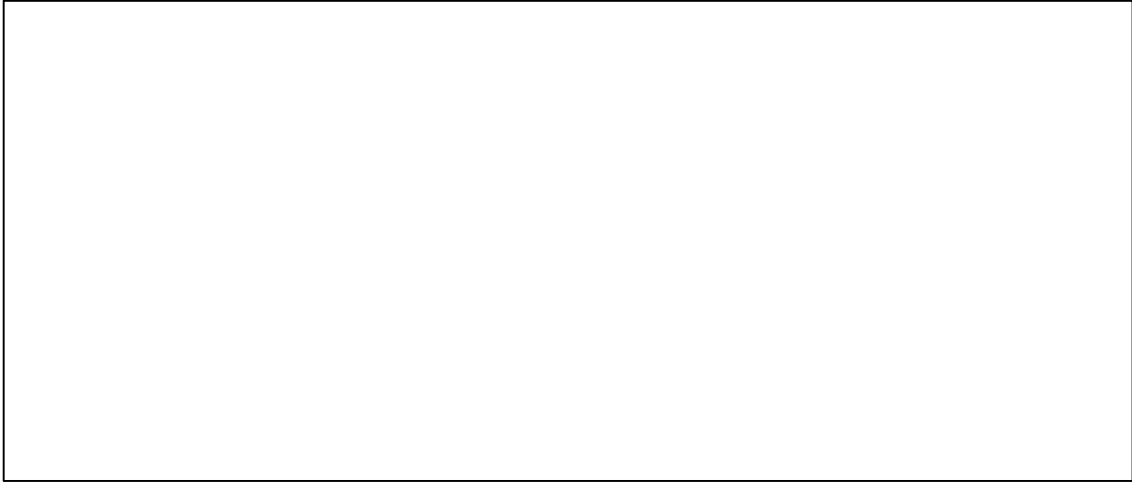
Figura 1: Quadre general del metabolisme



4- El catabolisme

El catabolisme és la fase degradativa del metabolisme amb la finalitat d'obtenir energia. Els productes finals del catabolisme generalment són expulsats de la cèl·lula i s'anomenen productes d'excreció (CO₂, NH₃, urea tec). L'energia alliberada en el catabolisme s'emmagatzema en els enllaços rics amb energia de l'ATP i, posteriorment, es podrà utilitzar per a reaccions de síntesi orgàniques o per dur a terme activitats cel·lulars. El catabolisme és semblant en els organismes autòtrofs i heteròtrofs.

Busca en el llibre els conceptes de deshidrogenació, oxigenació i transportadors d'electrons.



Transport d'electrons. Els electrons alliberats per la molècula que s'oxida ocuparan en els àtoms de la molècula acceptora nivells de menys energia. Aquesta pèrdua energètica és la que s'utilitza per fer els enllaços fosfat (rics en energia) entre l'ADP i el Pi (àcid fosfòric) i sintetitzar molècules d'ATP.

4.1 Els tipus de catabolisme

Segons la naturalesa de la substància que es redueix, és a dir, que accepta els hidrògens, es distingeixen dos tipus de catabolisme. La fermentació i la respiració:

En la fermentació la molècula que es redueix sempre és orgànica

En la respiració la molècula que es redueix és un compost inorgànic, per exemple O_2 , NO_3 , SO_4 etc. Si és l'oxigen, s'anomena respiració aeròbica (quan l'oxigen es redueix per mitjà de l'acceptació dels hidrògens es forma aigua) i si és una substància diferent de l'oxigen s'anomena respiració anaeròbia (quan es redueix l'ió nitrat NO_3 es forma ió nitrit NO_2 , i quan es redueix l'ió sulfat SO_4 es forma l'ió sulfit SO_3).

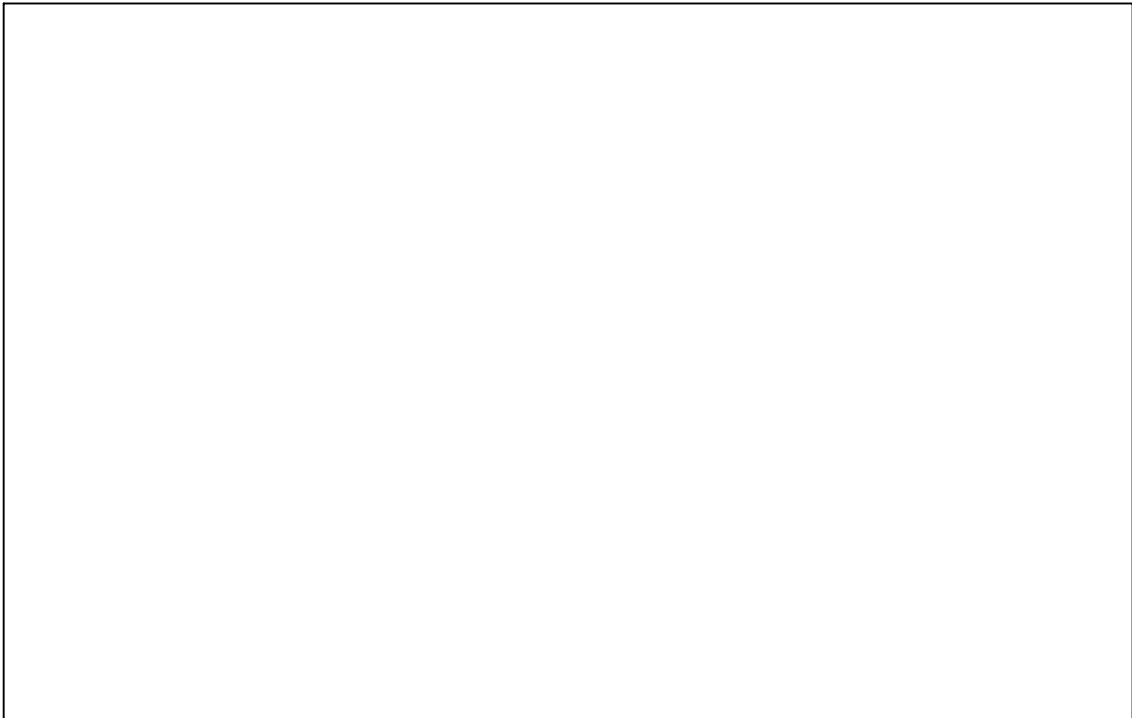
4.2 El catabolisme per respiració

Les reaccions catabòliques per respiració són diferents segons els substrats orgànics que s'han de degradar (glúcids, lípids, proteïnes, àcids nucleics)

4.2.1 El catabolisme de glúcids

Al tub digestiu dels animals els polisacàrids es converteixen en monosacàrids. El glicògen del teixit muscular s'hidrolitza, quan es requereix energia, en unitats de glucosa. Anàlogament a les cèl·lules vegetals, el midó s'hidrolitza a glucosa.

En la degradació total per respiració de la glucosa i fins a l'aprofitament complet de tota l'energia alliberada, s'hi distingeixen dues fases: la glicòlisi i la respiració. En la respiració es distingeixen dos processos, el cicle de Krebs i el transport d'electrons en la cadena respiratòria.

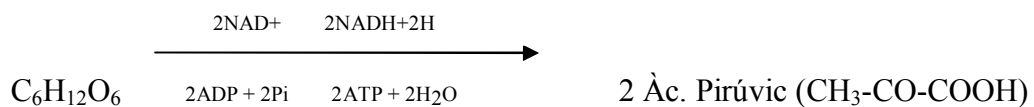


Tipus de catabolisme de la glucosa

A- Glicòlisi (Figura 2)

Aquesta via metabòlica és universal, la presenten tots els éssers vius. És una via catabòlica (producte final 3C i inicial 6 C), oxidativa (el producte final, piruvat, està més oxidat, es a dir, té més oxigen i menys hidrogen que el inicial, glucosa) on es redueixen coenzims (NADH) i fosforilacions a nivell de substrat (síntesi neta de 2 ATP).

El balanç de la glicòlisi serà:



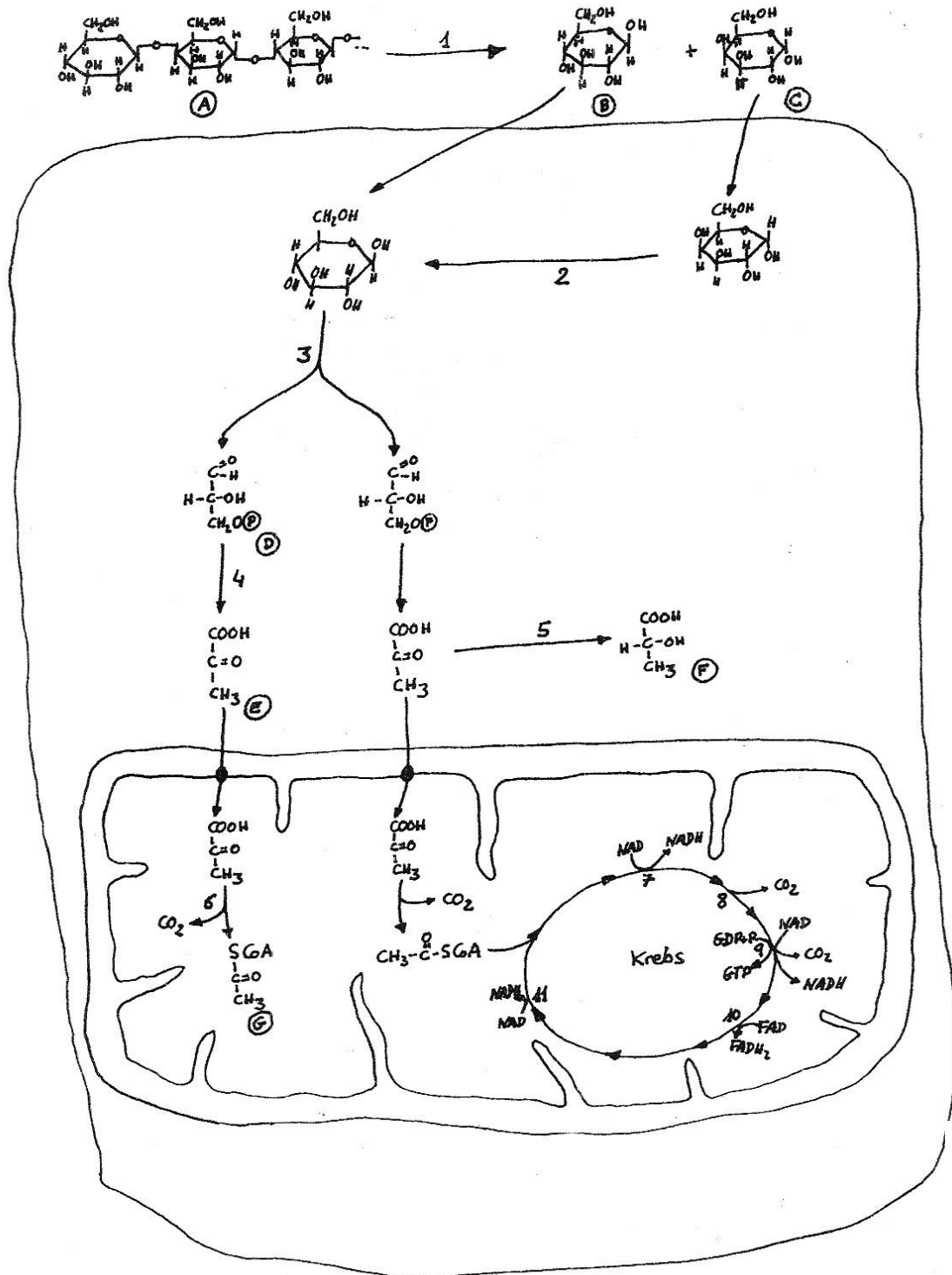


Figura 2. Esquema de la glucòlisi i el cicle de Krebs: indica el nom dels enzims i de les molècules que intervien en aquesta via.

B- Respiració: el cicle de Krebs (Figura 2)

L'àcid pirúvic produït en la glicòlisi, perquè pugui ser oxidat per respiració, ha d'entrar a l'interior dels mitocondris travessant-ne la doble membrana. Per fer-ho, sofreix un complicat procés d'oxidació i descarboxilació (pèrdua d'un àtom de carboni) en el qual intervenen uns quants enzims (l'anomenat sistema piruvatdeshidrogenasa), i es transforma en acetil-S-CoA.

L'entrada de l'acetil-S-CoA al cicle de Krebs comporta l'oxidació total d'aquest compost fins a CO₂ mitjançant dues descarboxilacions oxidatives. El resultat global d'aquest cicle comporta la producció d'una molècula d'ATP per fosforilació a nivell de substrat i la reducció de 4 coenzims (3NAD i 1 FAD).

Aquest cicle es troba íntimament lligat a la fosforilació

C- Respiració. El transport d'electrons en la cadena respiratòria

El cicle de Krebs es troba íntimament lligat a la fosforilació oxidativa, i es produeix a la mateixa estructura cel·lular, el mitocondri. Aquest lligament es porta a terme mitjançant un cicle de dependència de substrats (coenzims en aquest cas). Així els coenzims reduïts, produïts prèviament en oxidar-se, transfereixen els seus electrons a la cadena transportadora d'electrons que acaba finalment a l'oxigen molecular. En produir-se aquesta transferència electrònica es produeix un bombeig de protons a través de la membrana interna mitocondrial, procés que és aprofitat per sintetitzar ATP. El rendiment energètic d'aquest procés és que per cada molècula de NAD reduït que s'oxida es generen 3 d'ATP, mentre que per cadascuna de FAD reduït se'n generen 2. Així, com a resum, podem calcular que per cada molècula de glucosa consumida per aquesta via es generen 38 molècules d'ATP d'acord amb el següent càlcul:

Glicolisi.	2ATP + 2(NADH+H)	8 ATP
Acetil CoA	1(NADH + H) (x2)	6 ATP
Cicle Krebs	3(NADH + H)(x2)	18 ATP
	1FADH ₂ (x2)	4 ATP
	1GTP (x2)	2 ATP

TOTAL

38 ATP



Transport d'electrons en la cadena respiratòria

4.2.2 El catabolisme de lípids

Els acilglicèrids tenen el contingut energètic més elevat dels nutrients habituals (9Kcal/), el 95% del qual resideix en els àcids grassos i el 5% restant en la glicerina.

Fases del catabolisme:

Fase I: els acilglicèrids són hidrolitzats per lipases donant glicerina i àcid grassos. La digestió pot ser extracel·lular, com en el tub digestiu humà, o tenir lloc en un vacuol d'endocitosi. En ambdós casos els productes de la hidròlisi s'acumulen al hialoplasma.

Fase II: la glicerina s'incorpora a la glicòlisi i el seu valor energètic equival al de mitja glucosa. Els àcids grassos arriben a la matriu mitocondrial per transport actiu, on te lloc la β -oxidació, que degrada els àcids grassos en fragments de dos àtoms de carboni (acetil-CoA).

Fase III: l'acetil-CoA format en la β -oxidació s'utilitza com a substrat en el cicle de Krebs.

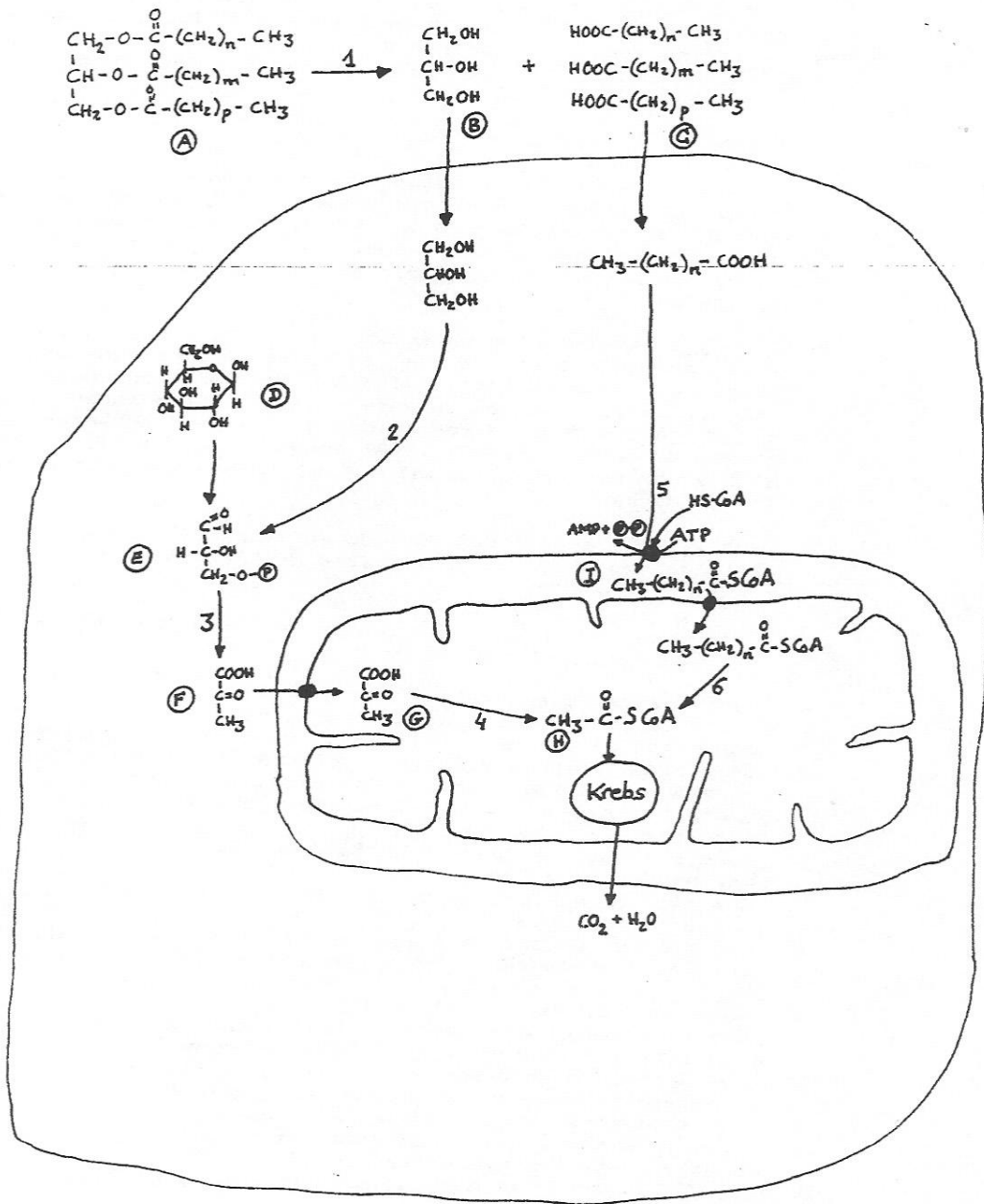


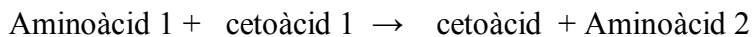
Figura 3: catabolisme de lípids: indica el nom dels enzims i de les molècules que intervenen en aquesta via.

4.2.3.El catabolisme de les proteïnes

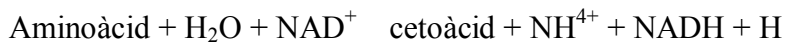
Les proteïnes tenen fonamentalment missions diferents de les energètiques, però en casos de necessitat, els aminoàcids són oxidats i els derivats d'aquestes oxidacions poden entrar al cicle de Krebs i a la cadena respiratòria.

Es poden distingir tres tipus de mecanismes diferents de degradació dels aminoàcids: la transaminació, la desaminació oxidativa i la descarboxilació:

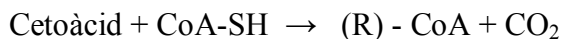
- Transaminació: consisteix en el traspàs del grup amino d'un aminoàcid a una molècula anomenada alfa-cetoàcid, que l'accepta i es transforma en un altre aminoàcid, de manera que un aminoàcid es degrada per permetre que un altre se sintetitzi. Les transaminacions són catalitzades per transaminases, que es troben tant al citoplasma com a la matriu mitocondrial.



- Desaminació oxidativa. és l'alliberació directa dels grups amino dels aminoàcids en forma de NH_4^+ , i així es formen els alfa-cetoàcids. Les desaminacions dels aminoàcids són catalitzades per enzims del grup de les deshidrogenases, localitzades al citoplasma i als mitocondris de les cèl·lules hepàtiques. En les desaminacions es produeixen coenzims reduïts (NADH) que poden entrar a la cadena respiratòria.



- Descarboxilació: és la pèrdua del grup carboxil (-COOH) en forma de CO_2 . gràcies a l'acció del CoA. Prèviament l'aminoàcid deu haver perdut el grup amino. El producte pot incorporar-se al cicle de Krebs.



Reaccions de la transaminació i de la desaminació de l'aminoàcid alanina

4.3 El catabolisme per fermentació

La fermentació és un procés catabòlic en el qual, a diferència de la respiració, no intervé la cadena respiratòria. L'acceptor final de protons i d'electrons és un compost orgànic, per la qual cosa la fermentació sempre dona algun compost orgànic entre els seus productes. A la fermentació, com que la cadena respiratòria no hi intervé, no es pot utilitzar l'oxigen de l'aire com a acceptor d'electrons, i per tant sempre és un procés anaeròbic.

Fem un incís per tal d'explicar la dependència de processos metabòlics:

El cicle de Krebs genera coenzims reduïts que s'oxiden en entrar a la cadena respiratòria. En absència d'oxigen molecular, aquests coenzims no es poden oxidar i, per tant, el cicle de Krebs no pot continuar per manca de substrats (coenzims oxidats en aquest cas), la qual cosa provoca que s'acumuli àcid pirúvic. Donat que la glicòlisi també utilitza coenzims oxidats, el procés fermentatiu apareix com un procés que permet l'oxidació de coenzims i la continuació de la glicòlisi. La fermentació, doncs, apareix exclusivament com un procés generador de coenzims oxidats que permet l'obtenció d'energia (en forma d'ATP) mitjançant la glicòlisi, sense que les reaccions fermentatives generin "per se" energia a la cèl·lula. No hi ha síntesi d'ATP en les ATP-sintetases, tan sols hi ha síntesi d'ATP en substrat. Això explica la baixa rendibilitat energètica de les fermentacions. Per exemple, una glucosa, quan es degrada, produeix 38 ATP per mitjà de la respiració i tan sols 2 ATP per mitjà de la fermentació.

Les fermentacions són pròpies dels microorganismes (determinats llevats i bacteris), encara que alguna, com ara la fermentació làctica, es pot dur a terme al teixit muscular dels animals quan no arriba prou oxigen a les cèl·lules.

Segons quina sigui la naturalesa del producte final, es distingeixen diversos tipus de fermentacions. Les més importants són la fermentació alcohòlica, la fermentació làctica, la fermentació butírica y la putrefacció.



Reaccions principals de la fermentació alcohòlica i de la làctica.

COMPARACIÓ DELS DIFERENTS TIPUS DE CATABOLISME			
Conceptes considerats	Respiració		Fermentació
	Aeròbica	Anaeròbica	

5- L'Anabolisme

- Definició: l'anabolisme és la via constructiva del metabolisme, és a dir, la ruta de síntesi de molècules complexes a partir de molècules senzilles. Si les molècules inicials són inorgàniques, per exemple H₂O, CO₂, NO₃ etc s'anomena anabolisme autòtrof, mentre que si són orgàniques, per exemple, glucosa, aminoàcids, nucleòtids etc., s'anomena anabolisme heteròtrof.

Anabolisme autòtrof:

1- Fotosíntesi: la font d'energia és la llum (vegetals, algues i bacteris fotosintètics)

2- Quimiosíntesi: l'energia prové de reaccions d'oxidació (alguns bacteris).

Anabolisme heteròtrof:

És dona en tots els organismes. Té com a objectiu la síntesi de reserves energètiques i crear estructures perquè l'organisme pugui créixer o, simplement pugui renovar estructures deteriorades.

5. 1- L'Anabolisme autòtrof

5.1.1 Fotosíntesi

- Definició:

La fotosíntesi és la conversió d'energia lluminosa en energia química estable. La primera molècula en la qual queda emmagatzemada aquesta energia química és l'ATP. Posteriorment l'ATP s'utilitza per sintetitzar altres molècules orgàniques més estables. La fotosíntesi és possible gràcies a l'existència d'unes molècules especials anomenades pigments fotosintètics, capaces de captar l'energia lluminosa.

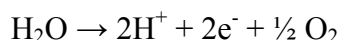
- Les fases de la fotosíntesi

1- Fase lluminosa acíclica

Localització: membrana del tilacoide, en els fotosistemes PSI i PSII

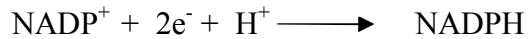
Descripció: durant la fase lluminosa tenen lloc 3 processos diferents:

A- La fotòlisi de l'aigua: quan un fotó excita la clorofil·la del centre de reacció del fotosistema II, un electró es transferit a l'acceptor d'electrons. La clorofil·la carregada positivament recupera l'electró del donador d'electrons més proper, provocant el trencament de la molècula d'aigua.



La fotòlisi de l'aigua origina l'oxigen que s'allibera en la fotosíntesi, proporciona els electrons que redueixen la clorofil·la excitada y produeix protons que poden ser utilitzats en la síntesi d'ATP i coenzims reduïts.

B- Transport d'electrons: l'acceptor reduït per la clorofil·la cedeix els electrons a una cadena de transport d'electrons formada per la plastoquinona, el complex b₆-f i la plastocianina. L'acceptor final de la cadena es la clorofil·la del centre de reacció del fotosistema I. l'electró que perd la clorofil·la es acceptat per la ferredoxina y finalment per la NADP reductasa, que redueix el NADP⁺



C- Fotofosforilació: n el transport d'electrons que té lloc en el complex b₆-f s'allibera suficient energia per transposar protons des de l'estroma del cloroplast fins el lòcul del tilacoide. Es forma un gradient de protons que genera ATP de la mateixa forma que en el mitocondri.

Cal remarcar que en aquesta fase és produeix una transferència electrònica, semblant a la que es produeix a la fosforilació oxidativa, malgrat que en un sentit invers: a la fosforilació oxidativa els electrons es transfereixen d'un nivell energètic superior (coenzims reduïts) a un d'inferior (l'oxigen molecular). En canvi, a la fase lluminosa els electrons es transfereixen des d'un nivell energètic inferior (la molècula d'aigua) fins a un de superior (coenzims oxidats que es redueixen). Per tal de que aquest procés es pugui produir és necessari un aport energètic exterior, aconseguit a partir de l'energia solar, que es captada per les molècules de clorofil·la, activant així els electrons de forma que puguin ingressar a una cadena transportadora d'electrons similar a la fosforilació oxidativa. De forma semblant a com a la cadena transportadora d'electrons s'ha produït un transport de protons a través de la membrana interna del mitocondri, en aquest cas també es produeix, amb un resultat final de síntesi d'ATP a partir d'ADP i fosfat inorgànic (fotofosforilació).

Així com a resultat final de la fase lluminosa tenim la síntesi neta d'ATP i la reducció de coenzims.



Esquema en Z que surt quan els components es disposen segons el potencial d'oxidoreducció que tenen.

2- Fase lluminosa cíclica

Localització: membrana del tilacoide, en el fotosistema I

Descripció: en el fotosistema I es crea un flux o cicle d'electrons que a cada volta dóna lloc a síntesi d'ATP. Com que no hi intervé el fotosistema II, no hi ha fotólisi de l'aigua i, en conseqüència, no hi ha reducció del NADP^+ ni es desprèn oxigen. Tan sols se n'obté ATP.

La finalitat d'aquesta fase cíclica és solucionar el dèficit d'ATP obtingut en la fase acíclica per poder dur a terme la fase fosca posterior.

3- Fase fosca o biosintètica:

L'ATP i el NADPH formats en la fase lluminosa intervenen en el cicle de Calvin o de fixació reductora de diòxid de carboni. En aquesta fase el CO_2 es fixa a una pentosa per generar 2 trioses. Aquestes, per diferents reaccions, redueixen el CO_2 fixat en una via metabòlica complexa, en la qual s'utilitza l'ATP i s'oxiden coenzims.

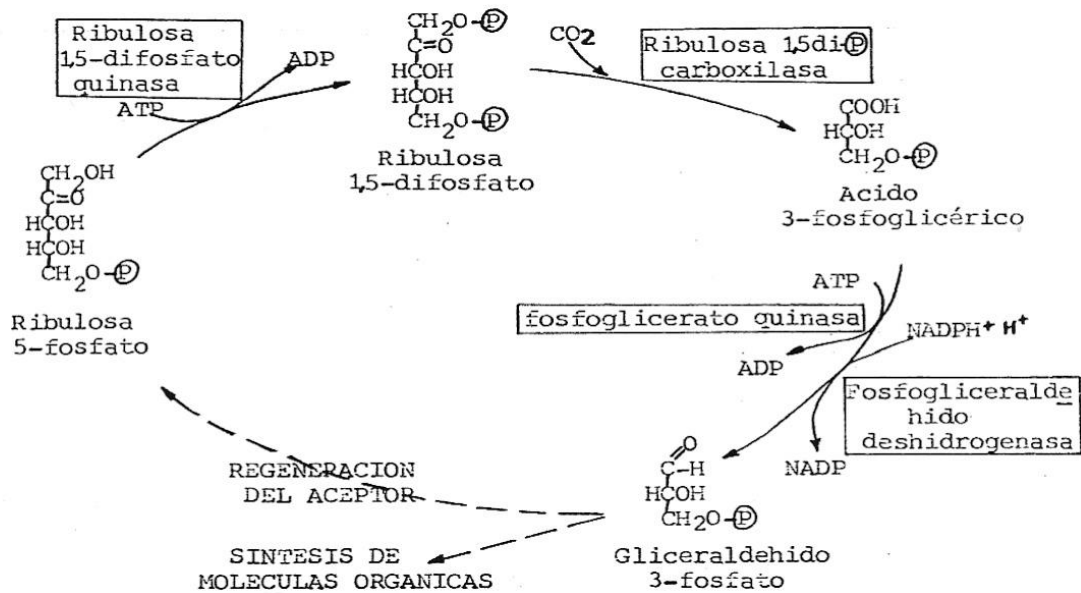
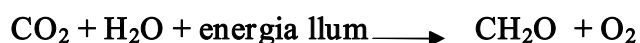


Figura 4: el cicle de Calvin

La reacció global de la fotosíntesi es pot abreviar:



Però aquesta reacció global en realitat és la suma de les dues fases, de las que la fase lluminosa és.



I el cicle de Calvin:



Entre aquestes dues fases es produeix també una interdependència a nivell de la disponibilitat de coenzims: Així, la fase lluminosa produeix ATP i coenzims reduïts, necessaris per a que progressi el cicle de Calvin, però aquest els utilitza i torna a la fase lluminosa ADP i coenzims oxidats, ambdós necessaris per a que es pugui produir la fase lluminosa. Així, per exemple, en una atmosfera sense diòxid de carboni i en presència de llum, no es podria produir la fase lluminosa, malgrat que aquesta no l'utilitzi directament.

Com a resum es pot concloure que dins dels processos metabòlics vistos, es produeix una dependència de la disponibilitat de substrats entre les diverses vies.

Glicòlisi – Fermentació: per coenzims oxidats/reduïts (en absència d'oxigen)

Cicle de Krebs – Fosforilació oxidativa: per coenzims oxidats/reduïts

Fase lluminosa – cicle de Calvin. Per coenzims oxidats/reduïts i ATP/ADP.

5.1.2 La quimiosíntesi

- Definició: la quimiosíntesi consisteix en la síntesi d'ATP a partir de l'energia que es desprèn en les reaccions d'oxidació de determinades substàncies inorgàniques.
- Organismes que realitzen aquest procés: els bacteris anomenats quimioautòtrofs o quimiolitòtrofs.
- Descripció: en la quimiosíntesi, igual que en la fotosíntesi, també s'hi poden distingir dues fases:
 - 1- En la primera fase, la reacció d'oxidació de les substàncies inorgàniques constitueix la font d'energia per a la fosforilació de l'ADP, en la cadena respiratòria, procés anomenat fosforilació oxidativa. Una part d'aquest ATP s'utilitza per provocar un transport invers d'electrons en la mateixa cadena respiratòria per a l'obtenció de NADH
 - 2- En la segona fase, les vies metabòliques seguides coincideixen amb les de la fase fosca de la fotosíntesi. Per exemple, el carboni s'hi incorpora a partir del CO₂, gràcies al cicle de Calvin, el nitrogen s'hi incorpora a partir dels nitrats etc. Algunes espècies de bacteris poden incorporar nitrogen a partir del nitrogen atmosfèric (N₂).

--

Fases de la quimiòsintesi

Omple el quadre següent referent als tipus de bacteris quimiòsintètics:

Nom	Molècula que s'oxida	Molècula resultant	Hàbitat	Exemples
Incolores del sofre				
Nitrosificants				
Nitrificants				
Del ferro				
De l'hidrogen				
Fixadors de nitrogen				

5.2 L'anabolisme heteròtrof

L'anabolisme heteròtrof és el procés metabòlic de formació de molècules orgàniques complexes a partir de molècules orgàniques senzilles. Es duu a terme tant en les cèl·lules autòtrofes com en les cèl·lules heteròtrofes.

5.2.1 L'anabolisme dels glúcids

En l'anabolisme heteròtrof dels glúcids es poden distingir dues fases : obtenció de glucosa i obtenció de polímers de la glucosa

- a) La gliconeogènesi : és la via metabòlica que sintetitza glucosa a partir de piruvat. Es desenvolupa en el hialoplasma aprofitant quasi tots els enzims de la glicòlisi. La formació d'una molècula de glucosa requereix la hidròlisi de 2 ATP y 2 NADH.
- b) La glicogenogènesi. És el procés metabòlic que permet el creixement del glicògen per addició de molècules de glucosa. Aquesta via metabòlica és necessària perquè l'acumulació de glucosa en el hialoplasma produeix un augment de la pressió osmòtica. La addició d'una molècula de glucosa al glicògen requereix la hidròlisi d'un ATP i es catalitzada per una ligasa, la glicògenosintetasa.

No totes les cèl·lules tenen els enzims necessaris per duu a terme les diferents vies metabòliques. Per exemple, la gliconeogènesi es realitza en les cèl·lules hepàtiques a partir de l'àcid làctic que es produeix a les cèl·lules musculars i arriba a través de la sang fins el fetge.

5.2.2 L'anabolisme de lípids

Els diversos lípids cel·lulars se sintetitzen a partir d'un substrat comú: l'acetil-CoA:

- 1- La síntesi d'àcid grassos està dirigida per enzims del hialoplasma que enllacen grups acetil formant àcids grassos amb una longitud màxima de 16 àtoms de carboni (àcid palmític).
- 2- L'elongació dels àcids grassos permet sintetitzar àcids grassos de cadena més llarga. Està catalitzat per enzims de la membrana del reticle endoplasmàtic llis.
- 3- La desaturació dels àcids grassos, localitzada en les membranes del REL sintetitza àcids grassos no saturats, com l'àcid oleic. De tota manera, alguns àcids grassos essencials, no poden ser fabricats per la cèl·lula han de ser ingerits per la dieta diària.
- 4- La síntesi d'acilglicèrids i fosfolípids també depèn dels enzims localitzats en les membranes del REL.
- 5- Els esteroides com el colesterol, es sintetitzen a partir de l'acetil-CoA en les membranes de REL.

Ja que la reacció que forma acetil-CoA a partir de piruvat és irreversible, **es impossible sintetitzar glúcids a partir de greixos**. En canvi, els excedents de glúcids que no es consumeixen s'emmagatzemen en forma de greixos que són insolubles en aigua i per això ocupen menys espai i tenen major capacitat calorífica.

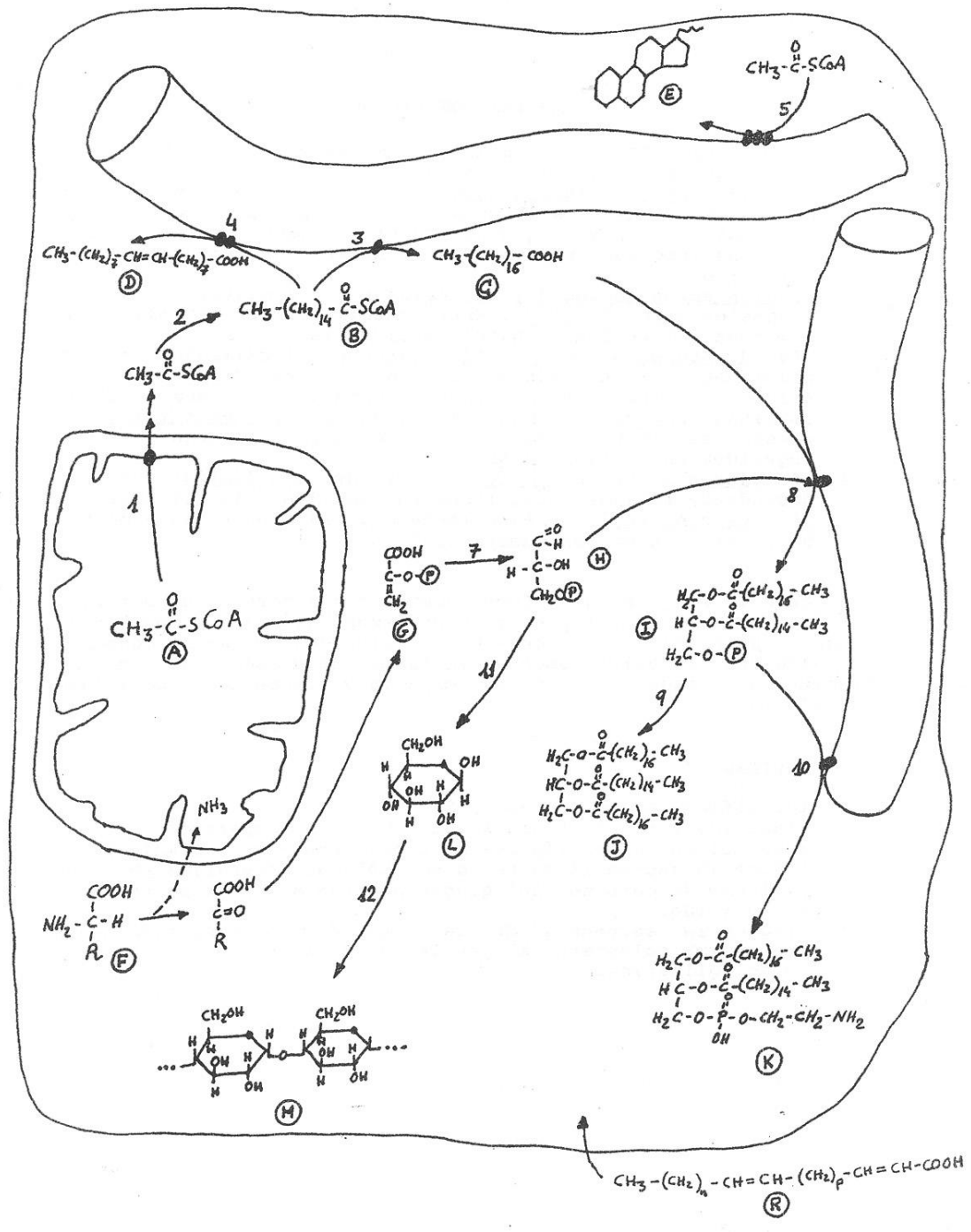


Figura 5: anabolisme de glúcids i lípids: posa els noms dels enzims i molècules que intervenen en aquesta via.

5.2.3 L'anabolisme de proteïnes

La síntesi de proteïnes requereix dues etapes: la síntesi dels aminoàcids i la seva unió per formar un polipèptid.

- 1- La síntesi d'aminoàcids té lloc al hialoplasma per mitjà de vies metabòliques específiques, excepte en el cas dels aminoàcids essencials (val, leu, ileu, met, phe, thr).
- 2- La síntesi de proteïnes té lloc en els ribosomes en el procés anomenat traducció. Les proteïnes que arriben a les cavitats del RER i de l'aparell de Golgi, poden ser modificades formant glicoproteïnes i lipoproteïnes.

5.2.4 L'anabolisme dels àcids nucleics

En el procés de formació d'un àcid nucleic podem distingir dues etapes:

- 1- La síntesi de nucleòtids: té lloc en el hialoplasma. Les bases nitrogenades es formen a partir d'alguns aminoàcids i posteriorment s'uneixen a pentoses per formar nucleòsids.
- 2- La síntesi d'àcids nucleics. Consisteix en la formació d'un polímer de nucleòtids mitjançant un procés complex (replicació i transcripció de l'ADN).

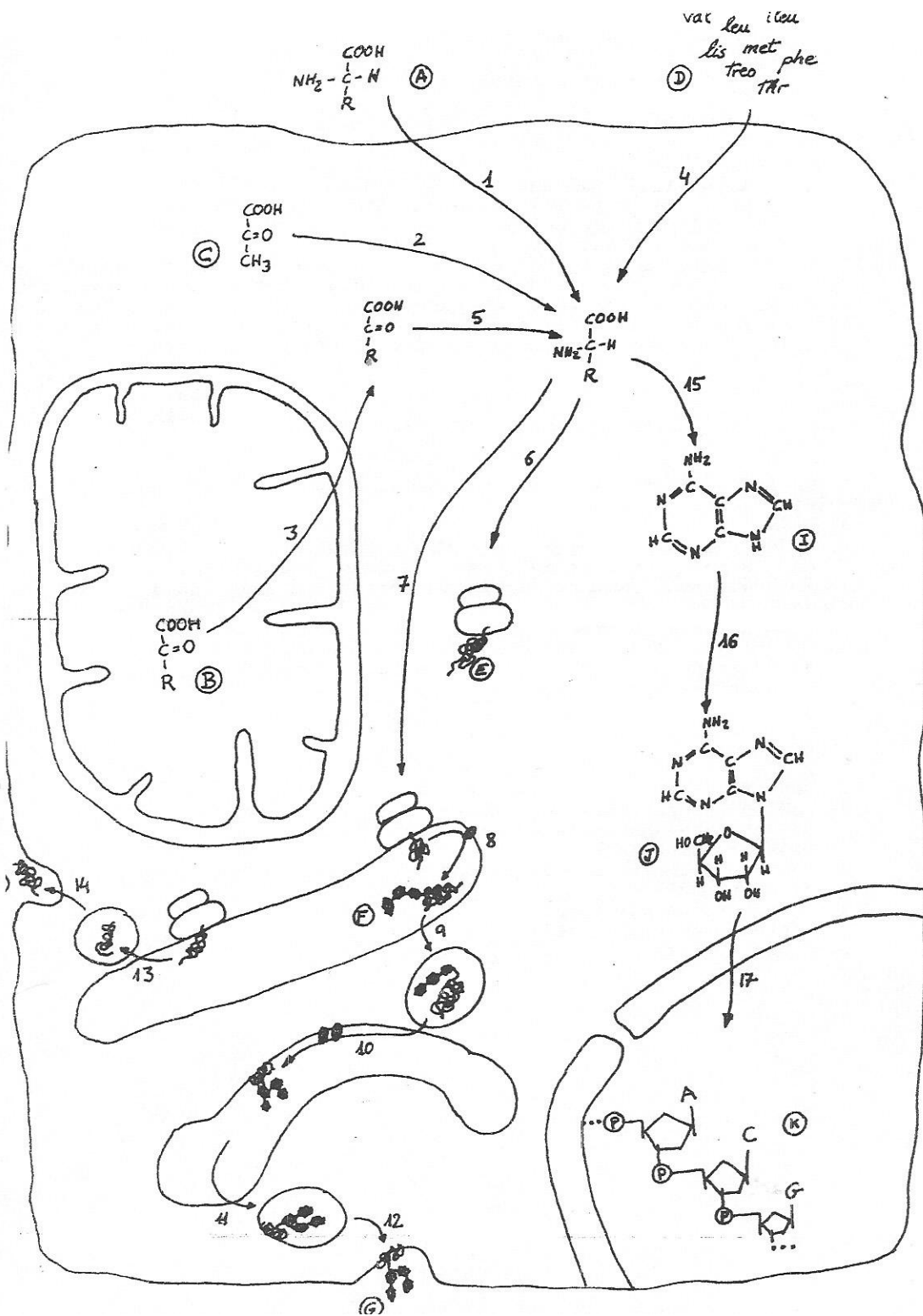


Figura 6: anabolisme de proteïnes i àcids nucleics: posa els noms dels enzims i molècules que intervenen en aquesta via.

6- L'evolució dels processos metabòlics

Donat que els diferents tipus de metabolisme bacterià representen en realitat diverses fases d'adaptació a la vida sobre la terra, es poden presentar exemples del metabolisme com a evolució de la vida sobre la terra.

Així, després de la formació de la terra i el seu refredament, es va produir la síntesi fotoquímica de diverses molècules orgàniques. Aquestes molècules orgàniques es van agrupar en els primers organismes que, de fet disposaven d'abundant matèria orgànica per nodrir-se. Així els primers organismes eren **organoheteròtrofs**, que van desenvolupar la glicòlisi com a via més universal. Aquests organismes van evolucionar fins la formació d'ATP per fosforilació oxidativa, però sense utilitzar el oxigen molecular (doncs no existia) reduint sals inorgàniques oxidades com nitrats o sulfats. Aquesta via indicava ja una necessitat d'una millor utilització d'una matèria orgànica que ja començava a ser escassa.

La manca de matèria orgànica i l'existència de cadenes transportadores d'electrons va facilitar el pas cap als **fotoautotrofisme**, dels quals els primers utilitzaven el H₂S com a font d'electrons, dels quals es conserven els fòssils més antics (estromatòlits). Posteriorment apareixen els fotoautòtrofs que utilitzen l'aigua com a font d'electrons, i per tant es comença a produir oxigen molecular. Fins aquest moment la atmosfera era reductora, sense oxigen, per la qual cosa els organismes (i en conseqüència) les seves vies metabòliques eren completament **anaeròbies**. A partir de la producció d'oxigen s'inicia la diversificació metabòlica **aeròbica**, en la qual apareixen progressivament els **fotoheteròtrofs** (com a híbrids de fotosintetitzadors i respiradors), i la diversitat aeròbica present a bacteris (**quimioheteròtrofs** i **quimiolitòtrofs**).

Posteriorment apareixen els eucariotes, els quals metabòlicament els dividim entre **quimioheteròtrofs** (animals i fongs) i **fotoautòtrofs** (plantes).