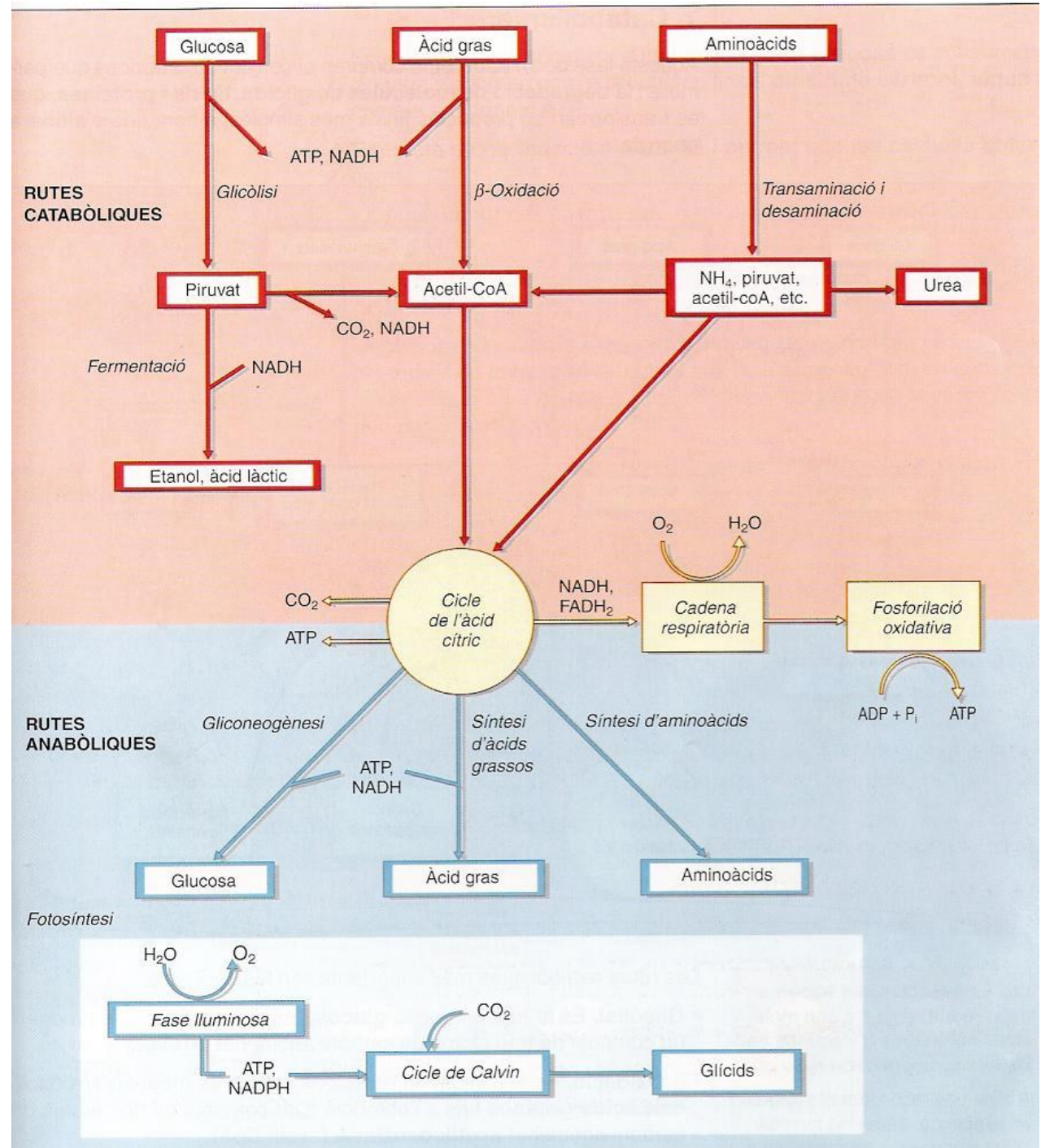


- 1:** glicogenòlisi
- 2:** glicogènesi
- 3:** glucòlisi
- 4:** cicle de Krebs o cicle de l'àcid cítric
- 5:** lipòlisi
- 6:** esterificació /lipogènesi
- 7:** beta-oxidació
- 8:** lipogènesi
- 9:** degradació (digestió) de proteïnes
- 10:** síntesi de proteïnes
- 11:** cadena respiratòria i fosforilació oxidativa
- 12:** fermentació
- 13:** transaminacions desaminacions / desaminació oxidativa
- 14:** síntesi d'animòacids
- 15:** gluconeogenesis
- 16:** oxidació del piruvat

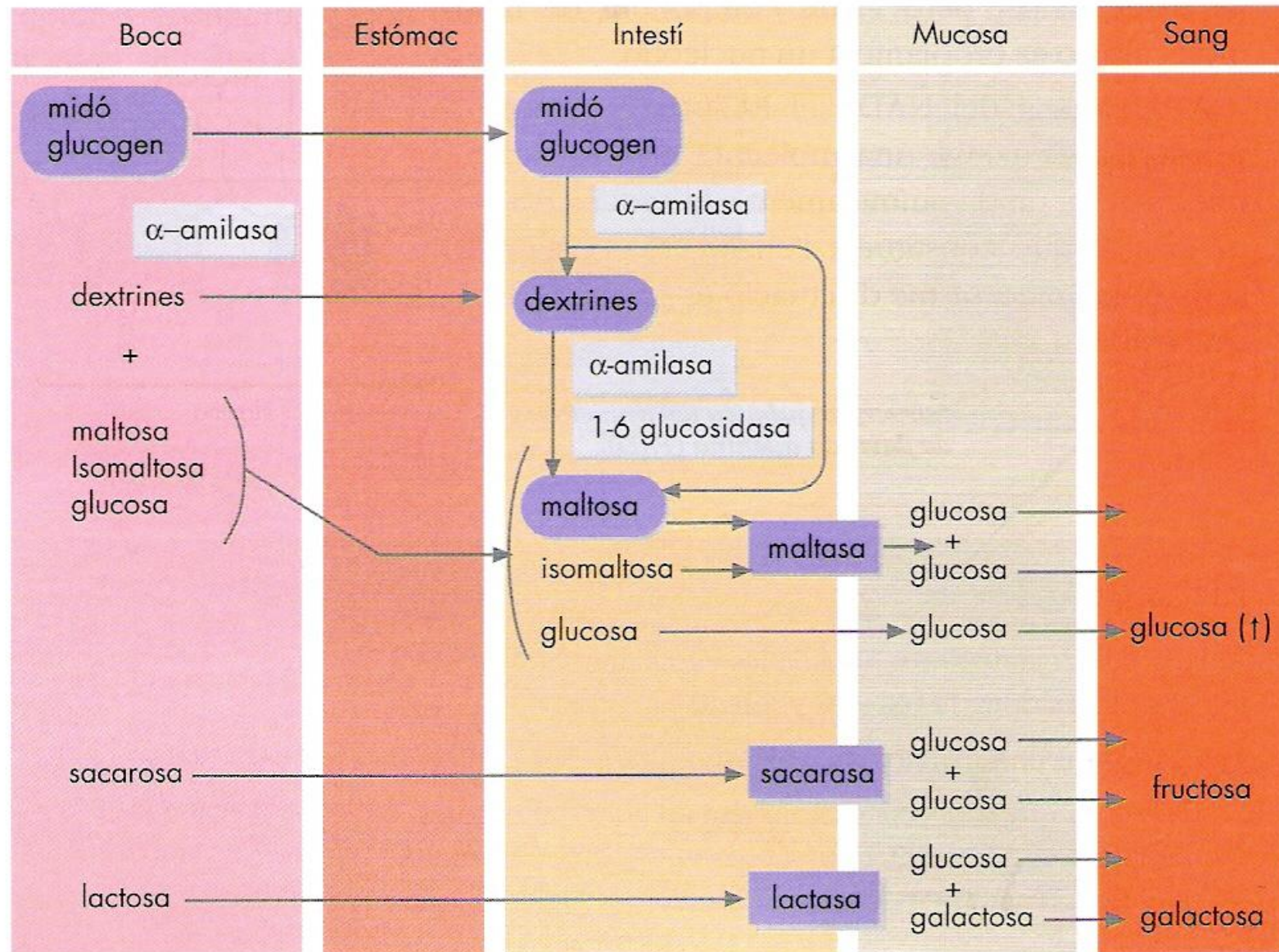
Metabolisme

Catabolisme



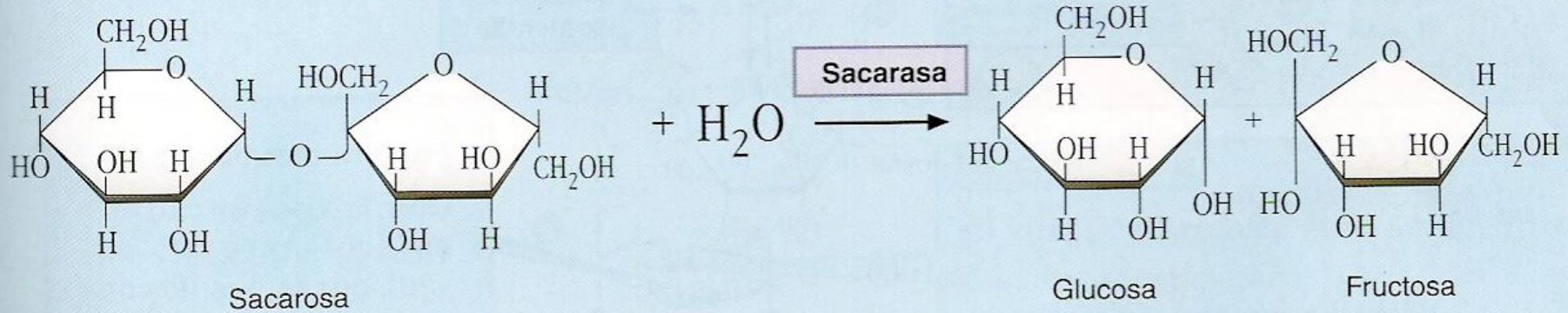
Catabolisme de glúcids

Digestió de glúcids

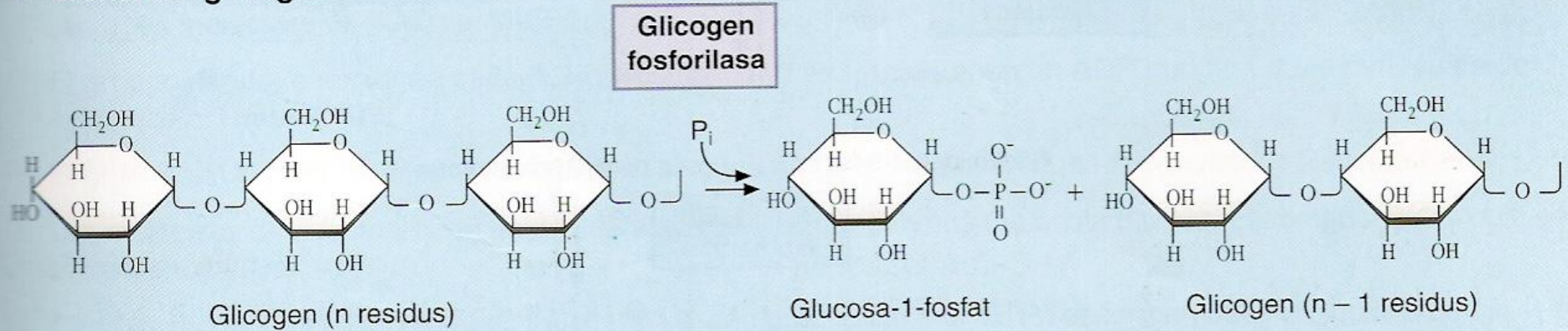


Hidròlisi de la sacarosa

Catabolisme de la glucosa



Hidròlisi del glicogen



Glicòlisi

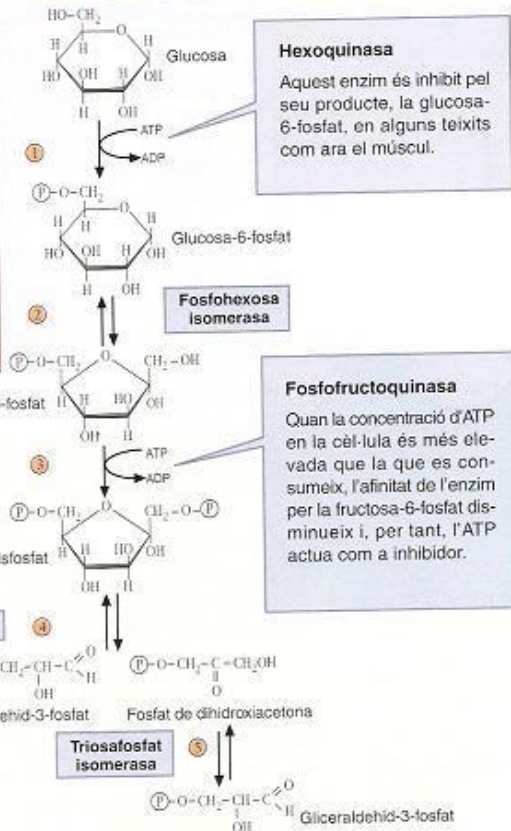
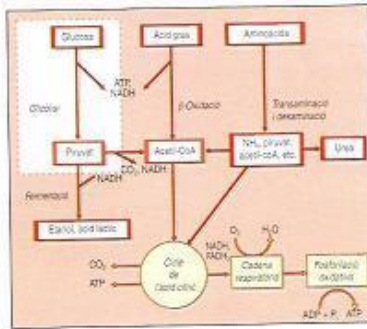


Glicòlisi

És la ruta catabòlica constituïda per una seqüència lineal de reaccions que condueixen a la formació de **piruvat**, a partir d'una molècula de **glucosa**.

En la glicòlisi es distingeixen dues etapes, una en què es consumeix energia i una altra en què se n'obté. Totes dues etapes es desenvolupen en el **citòsol**.

Etapa de consum d'energia



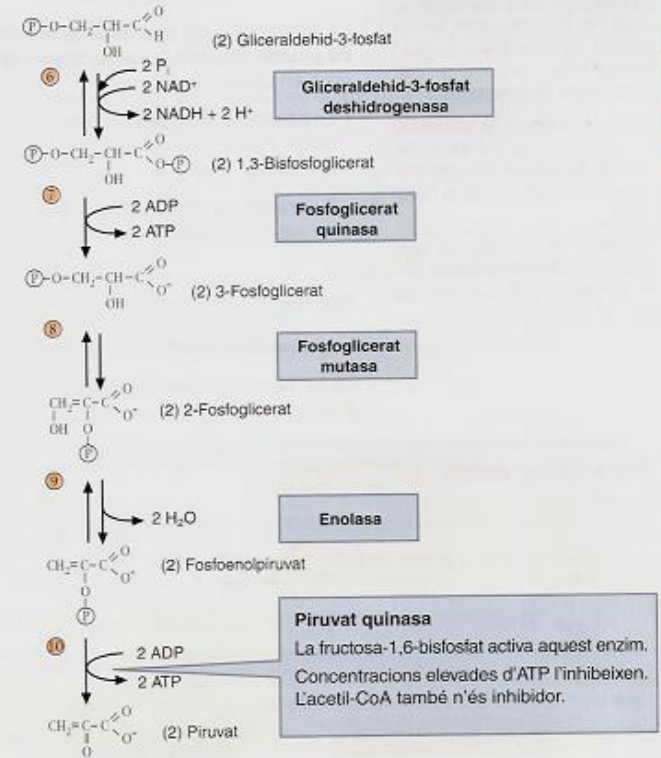
Hexoquinasa
Aquest enzim és inhibït pel seu producte, la glucosa-6-fosfat, en alguns teixits com ara el múscul.

Fosfofructoquinasa
Quan la concentració d'ATP en la cèl·lula és més elevada que la que es consumeix, l'afinitat de l'enzim per la fructosa-6-fosfat disminueix i, per tant, l'ATP actua com a inhibidor.

1. Es produeix la transferència d'un grup fosfat procedent d'una molècula d'ATP al grup hidroxil en C-6 de la glucosa. S'obté una molècula de *glucosa-6-fosfat*.
2. La glucosa-6-fosfat, mitjançant una isomerització, origina la *fructosa-6-fosfat*.
3. La fructosa-6-fosfat es fosforila en C-1 mitjançant el consum d'una molècula d'ATP i produeix la *fructosa-1,6-bisfosfat*.
4. La fructosa-1,6-bisfosfat s'escindeix en dues molècules de tres àtoms de carboni: una cetosa, el *gliceraldehid-3-fosfat*, i una aldosa, el *fosfat de dihidroxiacetona*.
5. El fosfat de dihidroxiacetona, mitjançant una isomerització, origina el *gliceraldehid-3-fosfat*.

Balànç energètic: en aquesta etapa **es consumeixen dues molècules d'ATP**.

Etapa d'obtenció d'energia

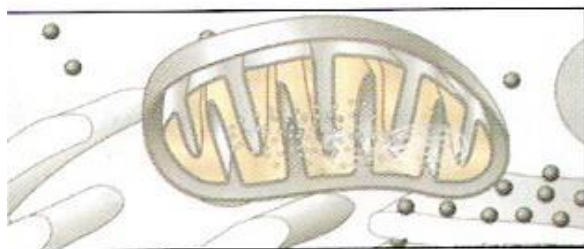


6. El grup aldehid de cadascuna de les dues molècules de gliceraldehid-3-fosfat que s'han obtingut en l'etapa anterior reacciona amb un fosfat inorgànic i s'obtenen dues molècules de *1,3-bisfosfoglicerat* i dos hidrògens que redueixen dues molècules de NAD^+ a $NADH$.
 7. El grup fosfat del carboxil de cada 1,3-bisfosfoglicerat es transfereix a un ADP i origina dues molècules de *3-fosfoglicerat* i dues d'ATP.
 8. El grup fosfat en C-3 de cada 3-fosfoglicerat se situa en C-2 i s'obtenen dues molècules de *2-fosfoglicerat*.
 9. Les molècules de 2-fosfoglicerat es deshidraten, és a dir, perden una molècula d'aigua. El compost que s'obté és el *fosfoenolpiruvat*.
 10. Cada molècula de fosfoenolpiruvat transfereix el seu grup fosfat a un ATP i es formen dues molècules de *piruvat*.
- Balànç energètic:** en aquesta etapa **es produeixen quatre ATP i dos NADH**.

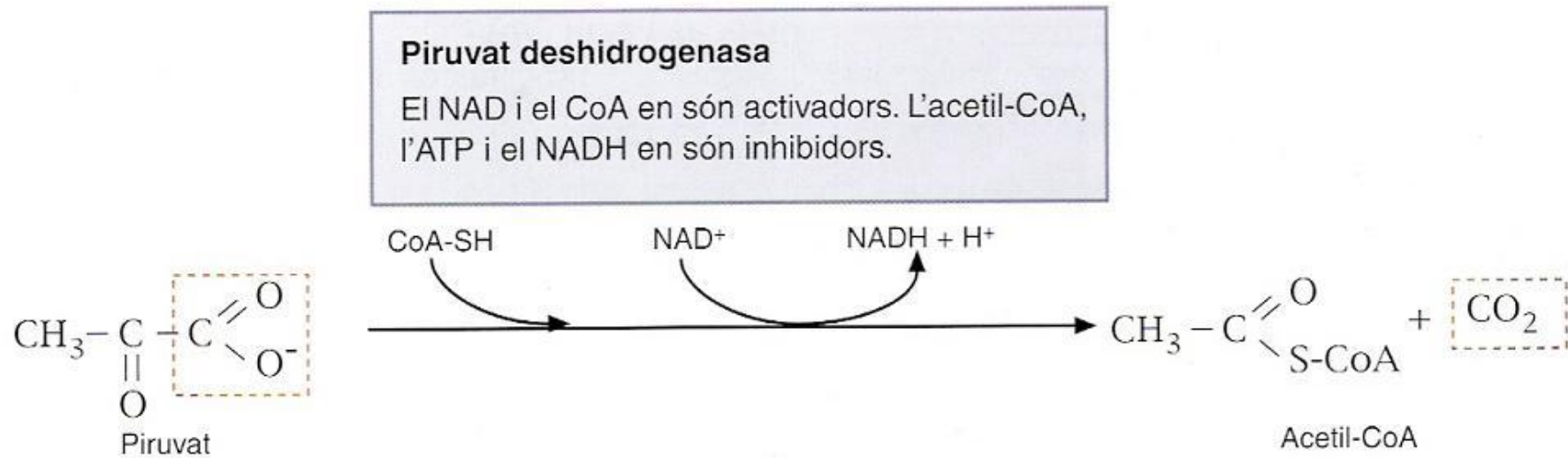
Balànç energètic de la glicòlisi

Tenint en compte que en la primera etapa es consumeixen dos ATP i que en la segona es formen quatre ATP i dos NADH, la glicòlisi es pot representar mitjançant l'equació següent:





Oxidació del piruvat

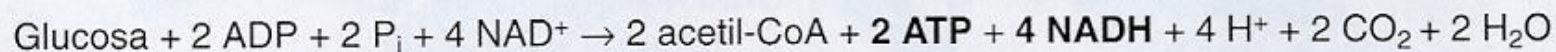


- La molècula de piruvat perd un grup carboxil en forma de CO₂ i origina *acetil-CoA* i NADH.

La reacció està catalitzada per un grup de tres enzims, el **complex piruvat deshidrogenasa**. Aquest complex regula la velocitat de formació de l'acetil-CoA i, per tant, la velocitat a la qual s'incorpora al cicle de l'àcid cítric.

Balanç energètic: la degradació d'una molècula de piruvat produeix un NADH; per tant, la degradació de dues molècules de piruvat **origina dos NADH**.

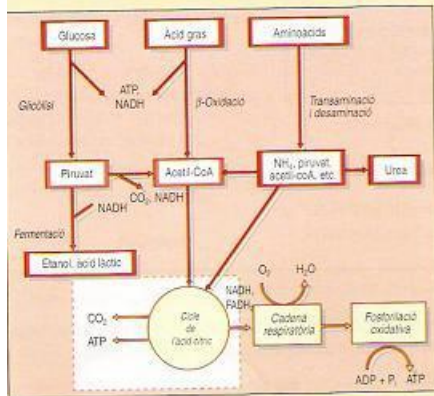
La degradació d'**una molècula de glucosa** fins a **acetil-CoA** es representa per l'equació següent:



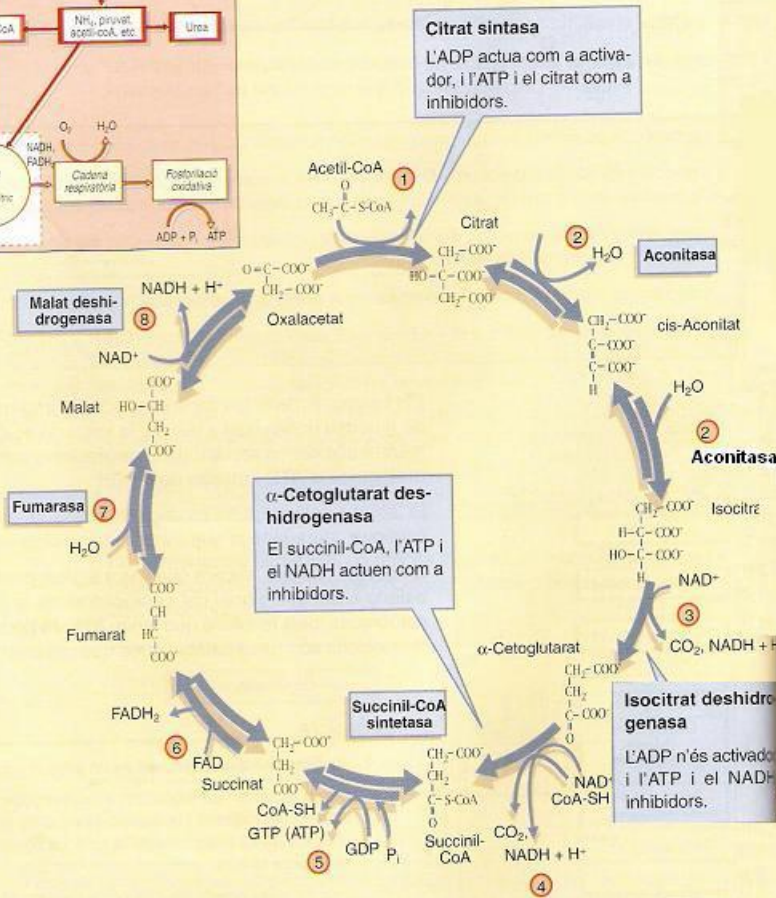


Cicle de Krebs

Cicle de l'àcid citric



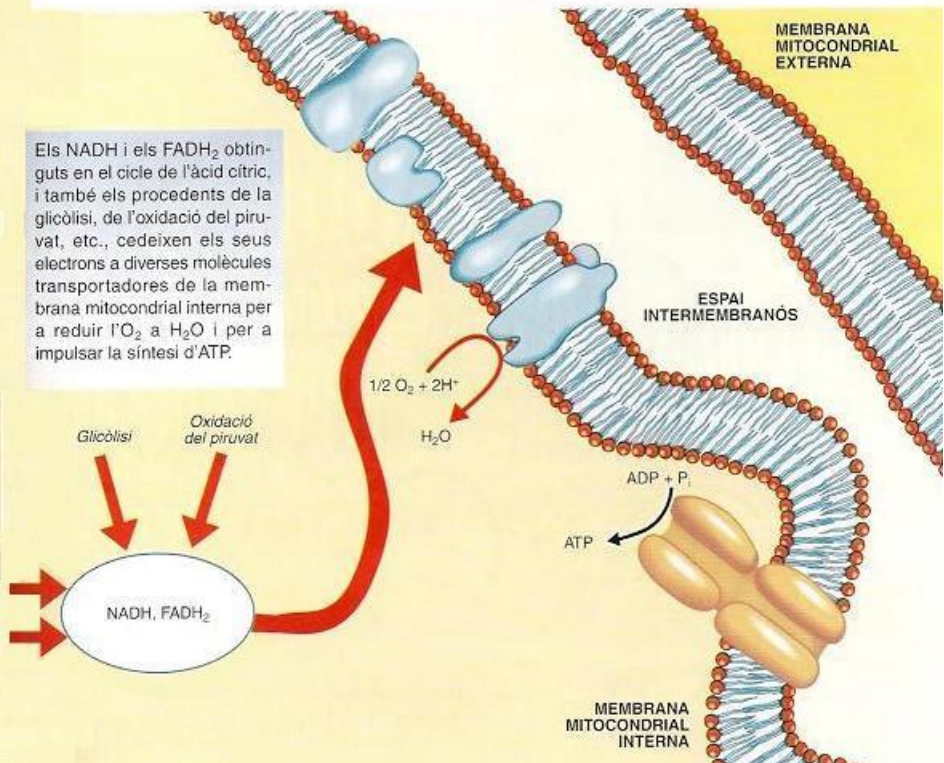
MATRIU MITOCONDRIAL



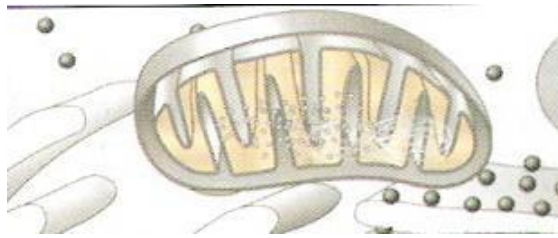
3. L'isocitràt es descarboxila i allibera una molècula de CO₂. S'obtenen *alpha*-cetoglutarat i NADH.
 4. L'*alpha*-cetoglutarat s'oxida i allibera una molècula de CO₂. Com a conseqüència, es formen *succinil-CoA* i NADH.
 5. El *succinil-CoA* es transforma en *succinat*. L'energia que s'allibera en aquesta reacció s'utilitza per a la síntesi de GTP. El GTP pot cedir el seu grup fosfat a l'ADP i originar ATP.
 6. El *succinat* s'oxida a *fumarat*, alhora que el FAD es redueix a FADH₂.
 7. El *fumarat* incorpora una molècula d'aigua, és a dir, s'hidrata i produeix un isòmer, el *malat*.
 8. En aquesta darrera reacció del cicle, el *malat* s'oxida i origina l'*oxalacetat* i NADH.
- Balànç energètic:** l'oxidació d'una molècula d'acetil-CoA allibera 1 ATP, 3 NADH i 1 FADH₂. Tanmateix, la degradació de dues molècules de piruvat origina dues molècules d'acetil-CoA i, per tant, s'obtenen 2 ATP, 6 NADH i 2 FADH₂.
- Com a resultat de l'oxidació d'una molècula de glucosa a CO₂ i H₂O s'obtenen:

$$4 \text{ ATP} / 10 \text{ NADH} / 2 \text{ FADH}_2$$

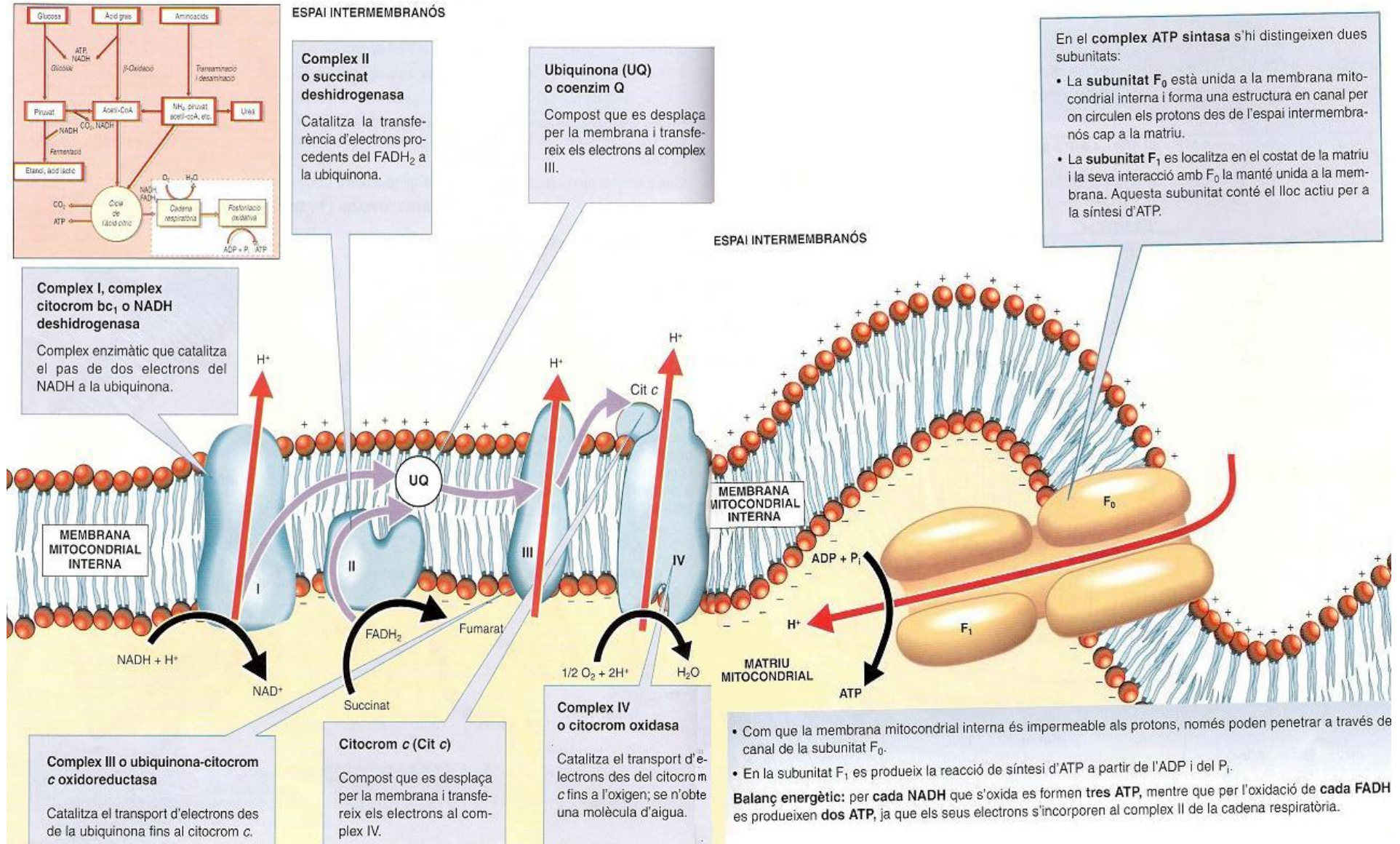
Els NADH i els FADH₂ obtinguts en el cicle de l'àcid citric, i també els procedents de la glicòlisi, de l'oxidació del piruvat, etc., cedeixen els seus electrons a diverses molècules transportadores de la membrana mitocondrial interna per a reduir l'O₂ a H₂O i per a impulsar la síntesi d'ATP.



1. La condensació de l'acetil-CoA amb oxalacetat origina citrat.
2. El citrat s'isomeritza a isocitrè mitjançant una deshidratació seguida d'una hidratació. En aquesta transformació es forma un compost intermedi, el *cis*-aconitat.



Cadena respiratòria i fosforilació oxidativa



Balanç energètic global del catabolisme de la glucosa

A partir d'una molècula de glucosa s'obté el següent balanç energètic:

	<i>Nombre d'ATP formats</i>	<i>Nombre de NADH formats</i>	<i>Nombre de FADH₂ formats</i>
Glicòlisi	2	2	
Oxidació del piruvat		2	
Cicle de l'àcid cítric	2	6	2
TOTAL	4	10	2

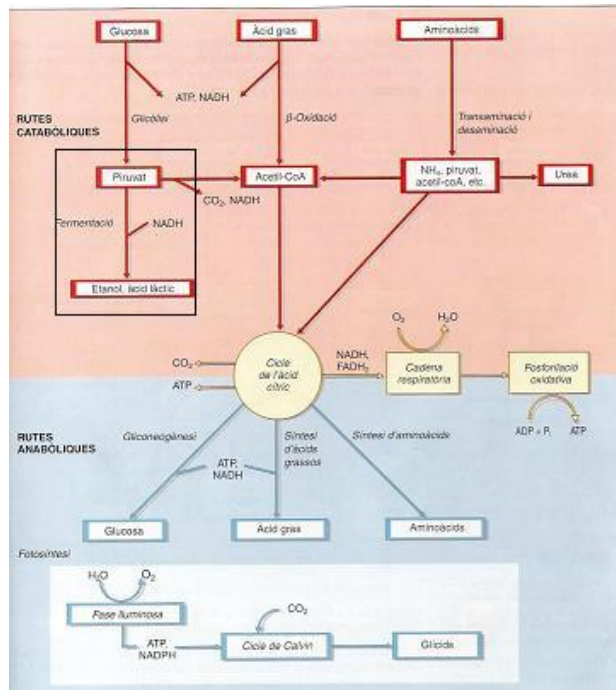
Cada molècula de NADH n'origina 3 d'ATP → $10 \times 3 = 30$ molècules d'ATP

Cada molècula de FADH₂ n'origina 2 d'ATP → $2 \times 2 = 4$ molècules d'ATP

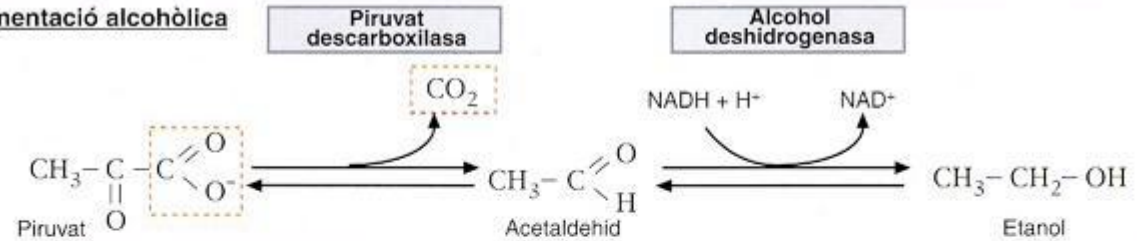
$$4 \text{ ATP} + 30 \text{ ATP} + 4 \text{ ATP} = 38 \text{ molècules d'ATP}$$

Balanç energètic

Fermentacions

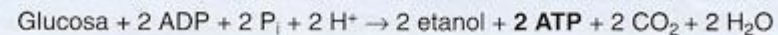


Fermentació alcohòlica



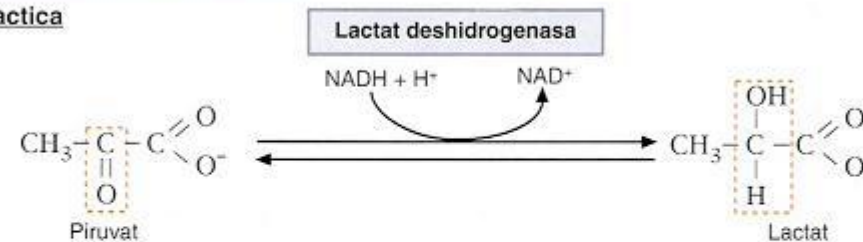
- La molècula de piruvat es descarboxila i origina *acetaldehid*.
- L'acetaldehid es redueix com a conseqüència de l'oxidació del NADH i s'obté *etanol*.

Balànç energètic: en aquesta reacció es consumeix un NADH; per tant, si es degraden dues molècules de piruvat **es consumeixen dos NADH**. La degradació d'una molècula de glucosa fins a etanol es representa per l'equació següent:



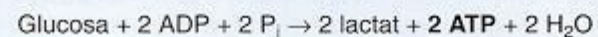
La **fermentació làctica** és un procés freqüent en teixits animals com el múscul esquelètic i en alguns microorganismes procariontes (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, etc.).

Fermentació làctica



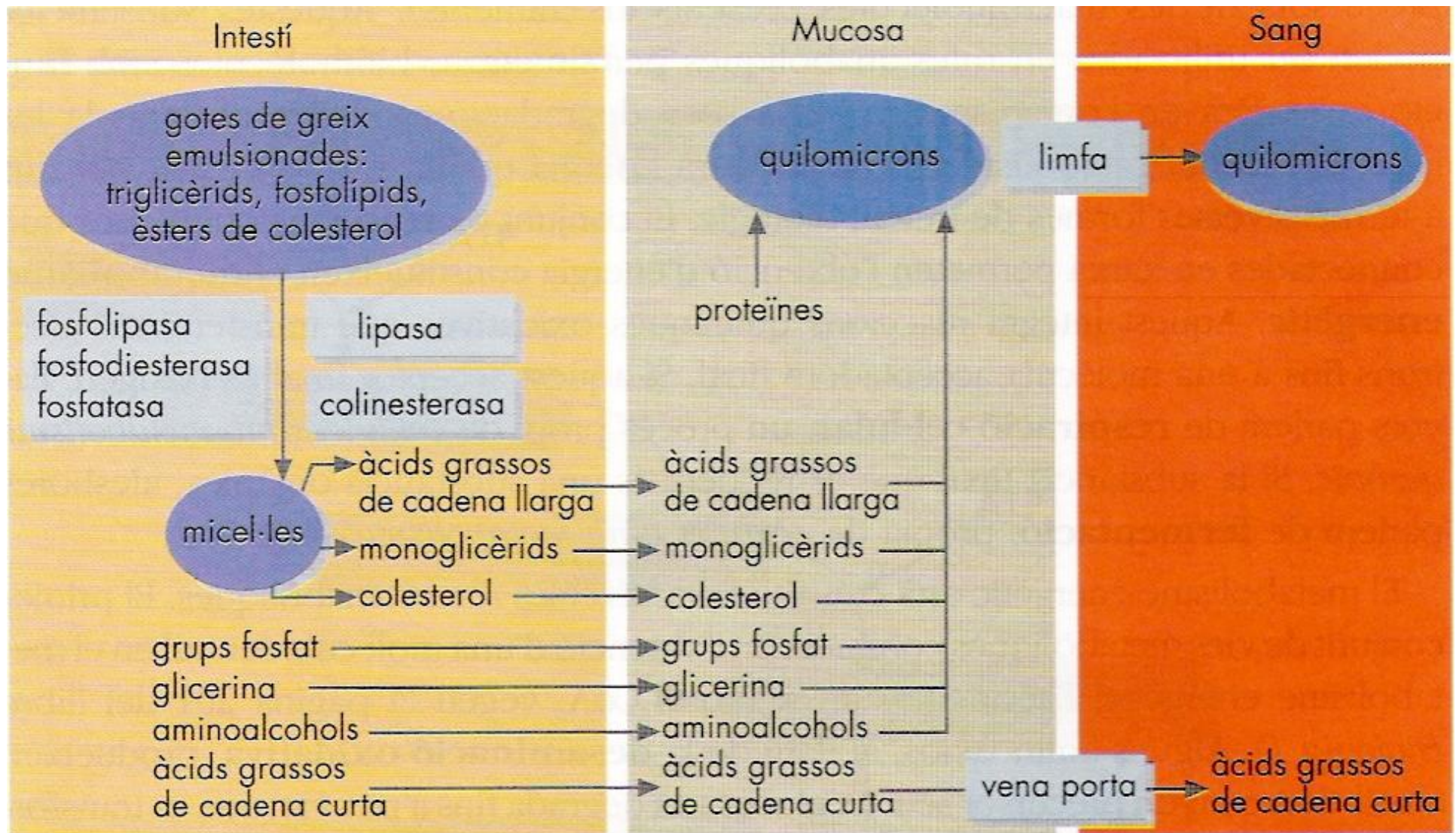
- La molècula de piruvat es redueix com a conseqüència de l'oxidació del NADH i produeix *lactat*.

Balànç energètic: en aquesta reacció es consumeix un NADH. Com en el cas anterior, si es degraden dues molècules de piruvat **es consumeixen dos NADH**. La degradació d'una molècula de glucosa fins a lactat es representa per l'equació següent:



Catabolisme de lípids

Digestió de lípids





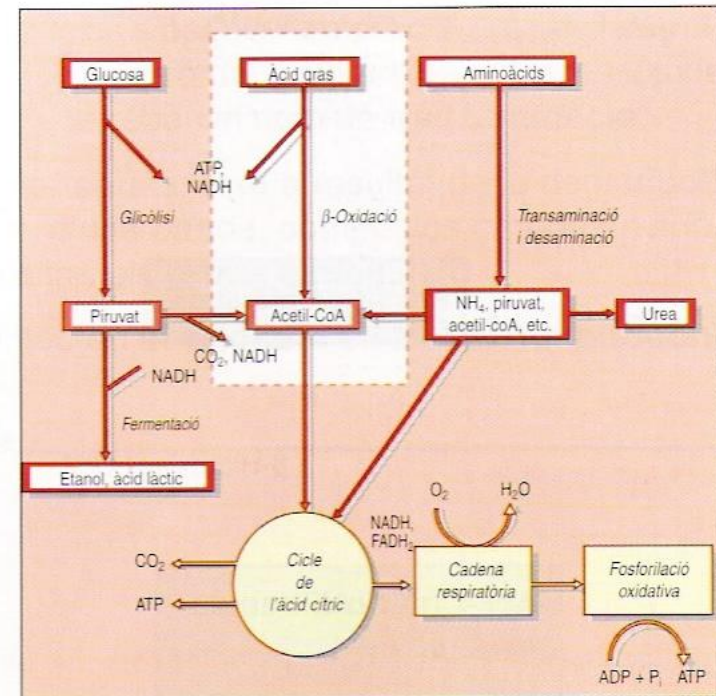
Catabolisme dels àcids grassos

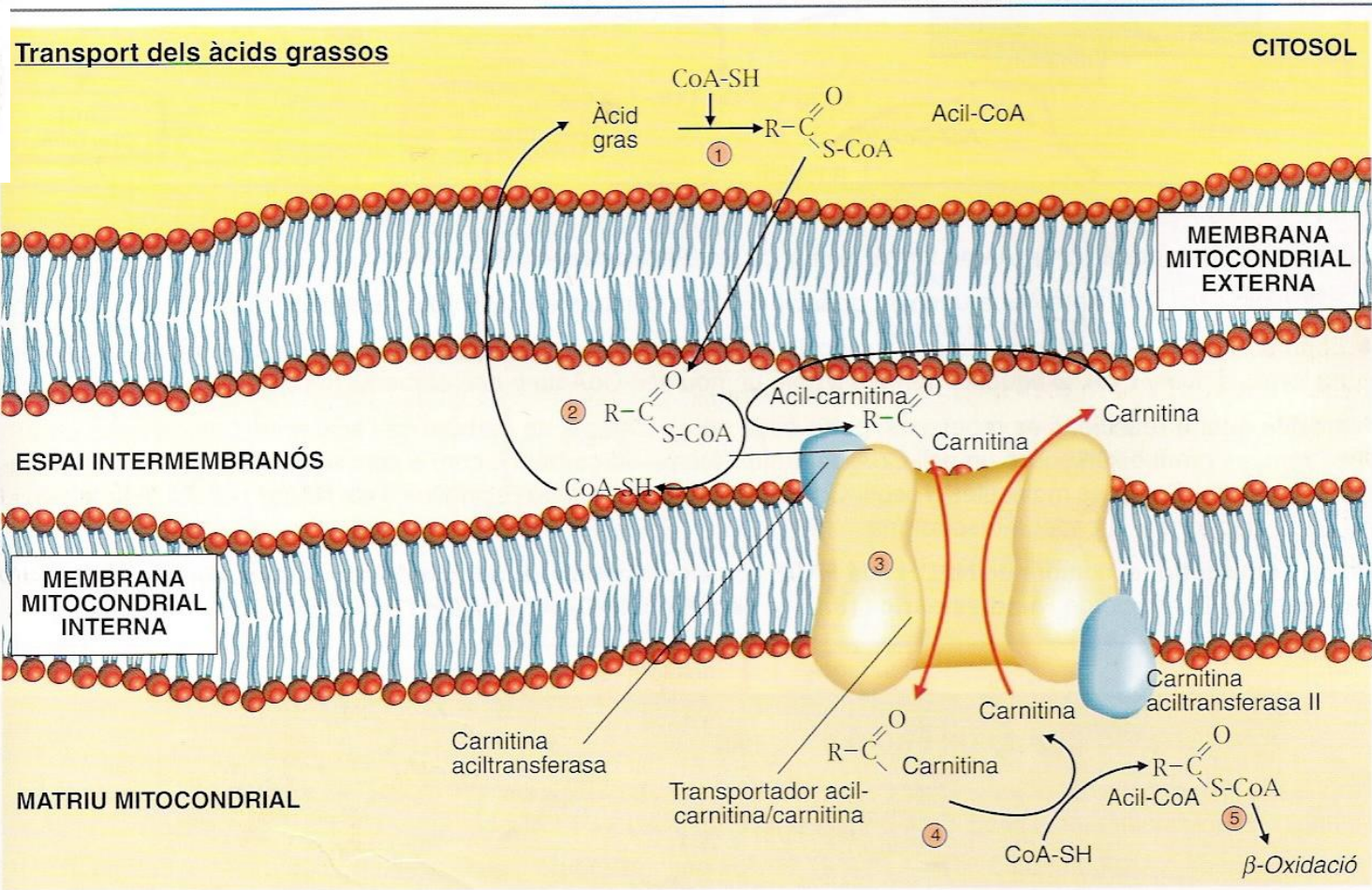
Catabolisme dels àcids grassos

L'oxidació dels àcids grassos proporciona a les cèl·lules energia i productes intermedis. Els àcids grassos s'obtenen de la hidròlisi de triacilglicerols emmagatzemats o procedents de la dieta. Aquesta hidròlisi es produeix mitjançant l'acció en el **citòsol** d'uns enzims anomenats **lipases**.

Com a resultat, s'obtenen **glicerina**, que origina el **gliceraldehid-3-fosfat** i s'incorpora a la **glicòlisi**, i **àcids grassos**, que es transporten a la **matriu mitocondrial**, on es degraden en el procés anomenat **β -oxidació**.

En la descripció d'aquests processos prenem com a exemple els àcids grassos saturats amb una cadena formada per un nombre parell d'àtoms de carboni, ja que la seva oxidació és menys complexa que la dels àcids grassos insaturats o la dels àcids grassos amb un nombre imparell d'àtoms de carboni.





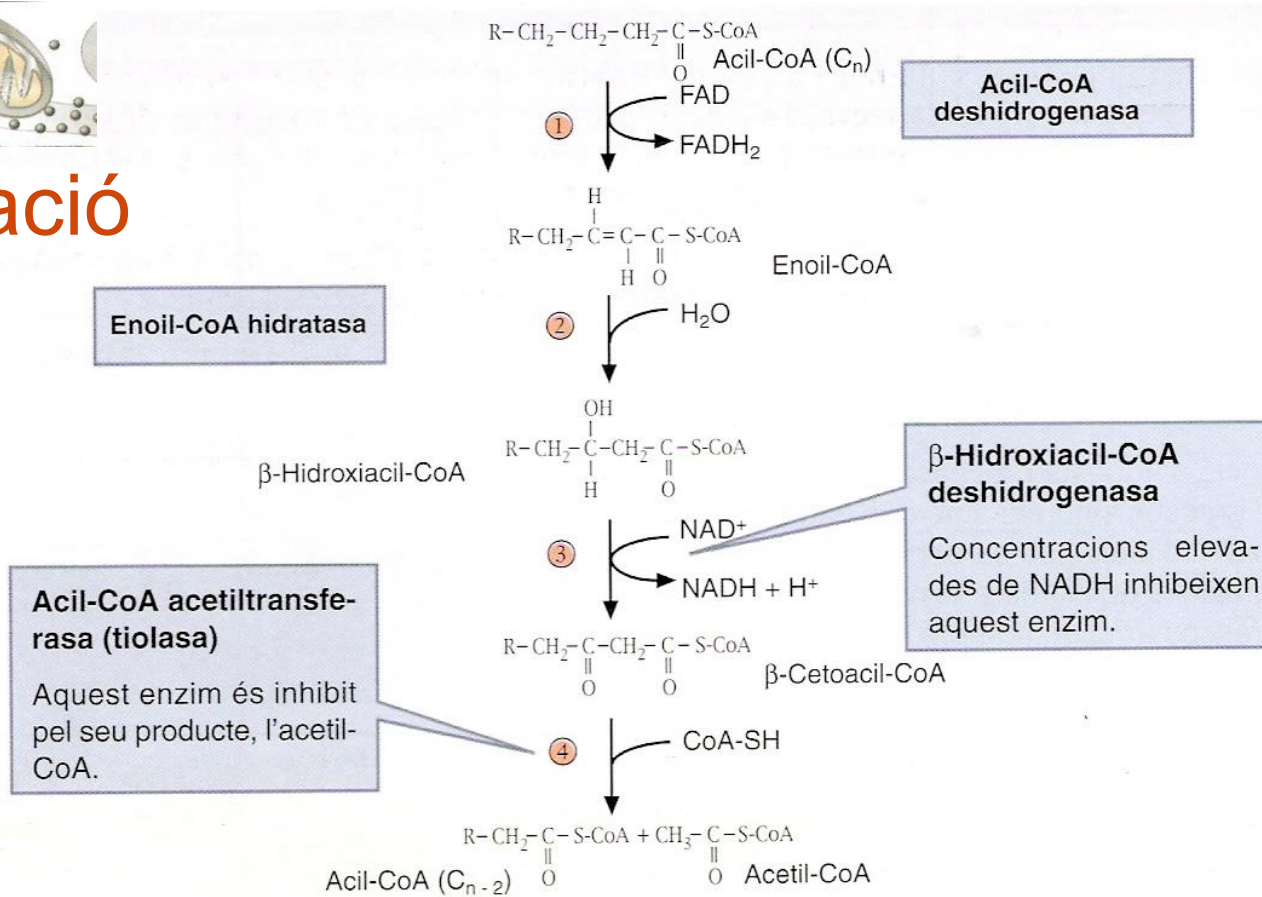
1. El grup carboxil de cada àcid gras i el grup tiol (HS) d'un CoA s'uneixen mitjançant un enllaç tioèster, i originen un *acil gras-CoA*. En aquesta reacció es consumeixen dos equivalents de l'ATP.
2. L'acil gras-CoA o acil-CoA travessa la membrana mitocondrial externa i s'uneix transitoriament a la carnitina, la qual cosa produeix un compost anomenat *acil-carnitina*.
3. L'acil-carnitina travessa la membrana mitocondrial interna mitjançant un transportador de membrana que rep el nom d'acil-carnitina/carnitina.
4. Un cop l'acil-carnitina és a la matriu mitocondrial, es dissocia i origina l'*acil-CoA* i la *carnitina*, la qual torna a l'espai intermembranós mitjançant el transportador.
5. L'àcid gras que constitueix l'*acil-CoA* s'oxida en la β -oxidació.

Balanç energètic: per cada àcid gras transportat es consumeixen dos equivalents de l'ATP.





β-Oxidació



1. L'acil-CoA pateix una deshidrogenació i origina un compost anomenat *enoil-CoA* i un FADH₂.
2. L'enoil-CoA s'hidrata i origina una forma isomèrica, el *β-hidroxiacil-CoA*.
3. El β-hidroxiacil-CoA pateix una deshidrogenació i, com a conseqüència, s'obté *β-cetoacil-CoA* i NADH.
4. El β-cetoacil-CoA reacciona amb una molècula de CoA lliure i es produeix la separació de dos àtoms de carboni en forma d'*acetil-CoA*. D'aquesta manera s'obté un nou acil-CoA amb dos carbonis menys.

Aquestes quatre reaccions es repeteixen per a cada parell d'àtoms de carboni de l'àcid gras. Les darreres quatre reaccions es produeixen sobre un acil-CoA de quatre àtoms de carboni i, com a conseqüència, s'obtenen directament dos acetil-CoA. Les molècules d'acetil-CoA s'oxiden en el cicle de l'àcid cítric i els NADH i els FADH₂ cedeixen els seus electrons a la cadena respiratòria.

Balanç energètic: el nombre de NADH i de FADH₂ obtinguts depèn del nombre d'àtoms de carboni de l'àcid gras. Per exemple, l'oxidació de l'**àcid esteàric (18:0)** genera **9 acetil-CoA, 8 NADH i 8 FADH₂**.



Balanç energètic de la β -Oxidació

Balanç energètic global de l'àcid esteàric

L'oxidació d'una molècula d'acetil-CoA en el cicle de l'àcid cítric origina 1 ATP, 3 NADH i 1 FADH₂. Així, doncs, l'oxidació de nou molècules d'acetil-CoA origina **9 ATP**, 27 NADH i 9 FADH₂.

Com que cada NADH origina 3 ATP \rightarrow (3 x 27 NADH procedents de l'oxidació de 9 acetil-CoA) + (3 x 8 NADH obtinguts directament de l'oxidació de l'àcid esteàric) = **105 ATP**

Com que cada FADH₂ origina 2 ATP \rightarrow (2 x 9 FADH₂ procedents de l'oxidació de 9 acetil-CoA) + (2 x 8 FADH₂ obtinguts directament de l'oxidació de l'àcid esteàric) = **34 ATP**

A partir d'una molècula d'àcid esteàric:

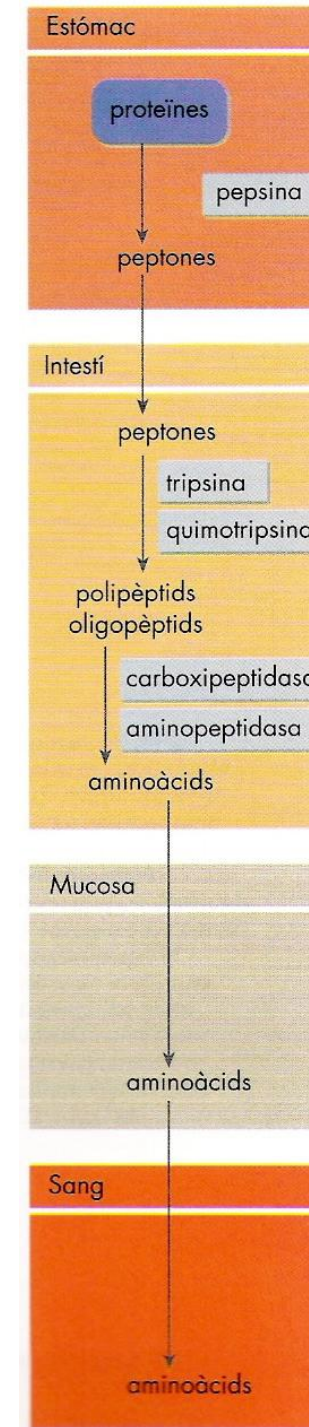
$$9 \text{ ATP} + 105 \text{ ATP} + 34 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP consumits en el transport} = \mathbf{146 \text{ ATP}}$$

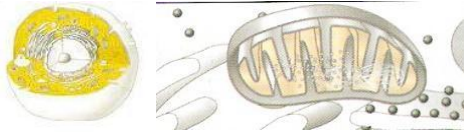
Tot i que algunes d'aquestes reaccions són diferents segons que es tracti d'**àcids grassos saturats** o bé **insaturats**, els productes finals són sempre molècules d'acetil-CoA, NADH i FADH₂.

En l'oxidació dels **àcids grassos** formats per un **nombre imparell d'àtoms de carboni** s'originen diverses molècules d'acetil-CoA i una molècula de *propionil-CoA*. El propionil-CoA, a partir de diverses reaccions, es transforma en succinil-CoA, el qual es pot incorporar al cicle de l'àcid cítric.

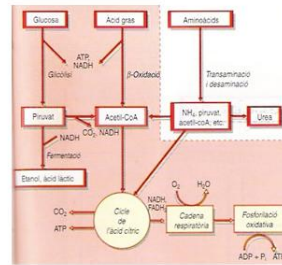
Catabolisme de proteïnes

Digestió de proteïnes





Catabolisme d'aminoàcids

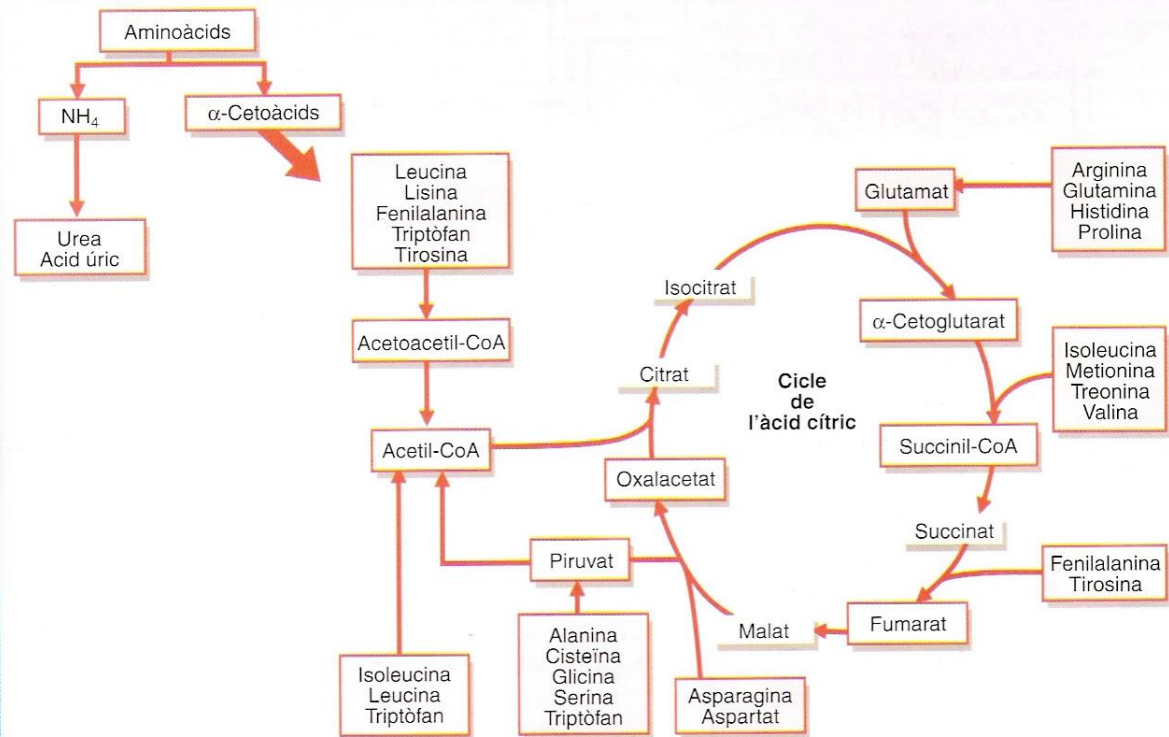


En la degradació dels aminoàcids s'esdevenen processos de **desaminació**, és a dir, la pèrdua o separació del grup amina, i processos de transferència d'aquest grup, que reben el nom de **transaminació**.

D'aquesta manera, en els vertebrats, com a resultat de la degradació dels aminoàcids, s'obtenen, d'una banda, compostos carbonats anomenats **α -cetoàcids** i, de l'altra, els **grups amina**.

Aquests processos tenen lloc en el **citòsol** i en la **matriu mitocondrial**.

Transaminació i desaminació dels aminoàcids



- Generalment, l'**amoníac** es transforma en *urea* en la majoria dels vertebrats terrestres, o bé en *àcid úric*, com en el cas de les aus i els rèptils. La urea i l'àcid úric s'eliminen per diverses rutes, atesa l'elevada toxicitat de l'amoníac per als animals.

- Els **α -cetoàcids** es transformen en diversos compostos, alguns dels quals són intermedis del cicle de l'àcid cítric

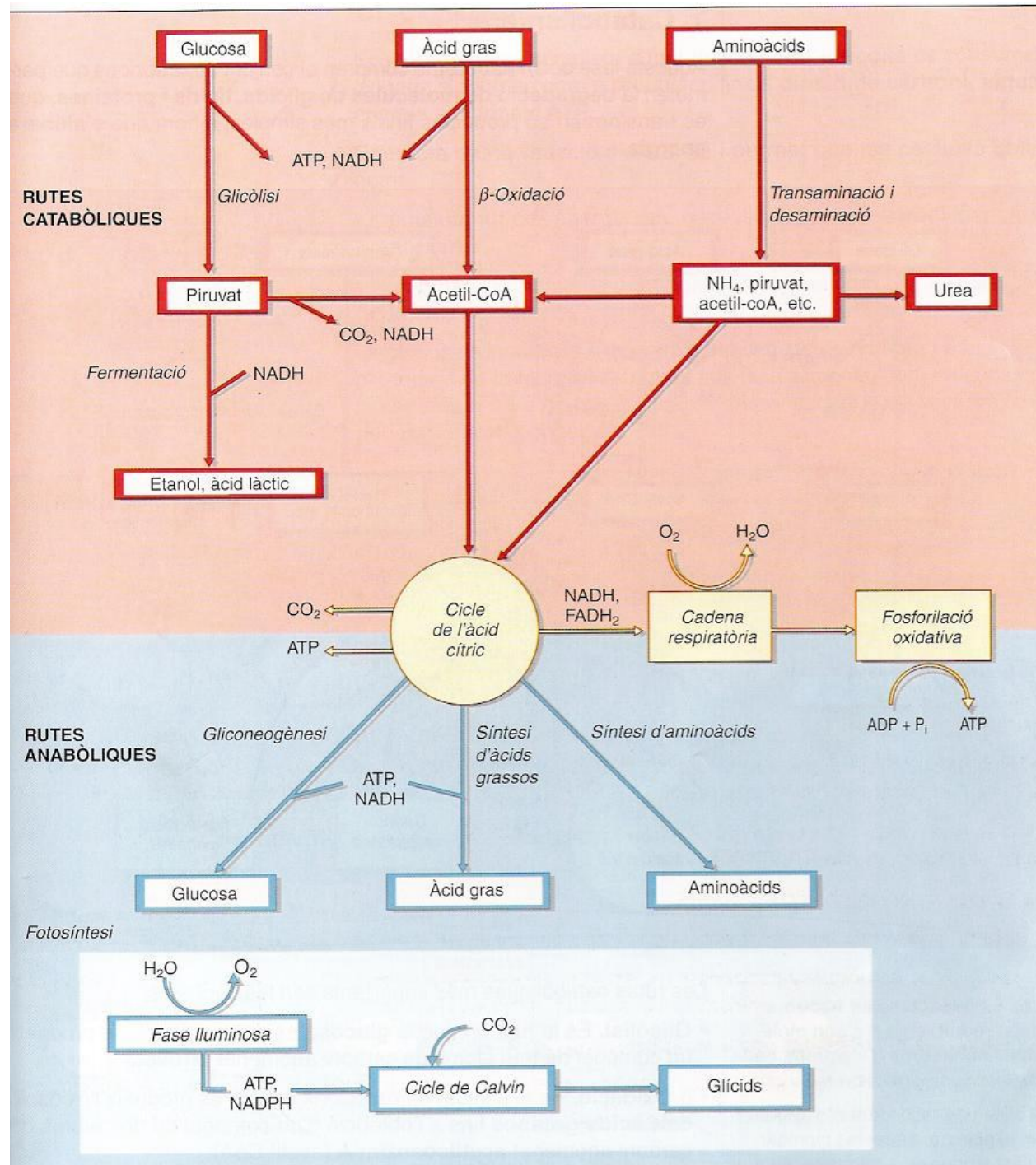
El **balanç energètic** és diferent per a cadascun dels vint aminoàcids. En el cas de l'ésser humà, la degradació dels aminoàcids només proporciona entre un 10% i un 15% de la producció energètica. L'altre 85-90% el proporcionen la glicòlisi i l'oxidació dels àcids grassos.

Catabolisme dels nucleòtids

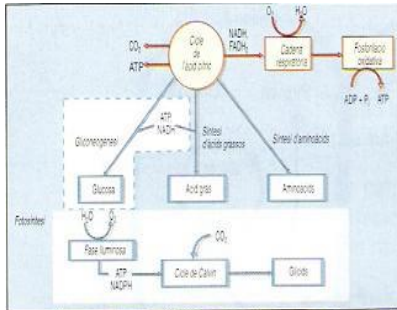
Catabolisme dels nucleòtids

A partir de la degradació de nucleòtids s'obtenen *bases nitrogenades*, *pentoses* i *àcid fosfòric*. Aquests compostos s'utilitzen, generalment, per a la síntesi de nous nucleòtids mitjançant les anomenades vies de recuperació. En el cas que es produeixi la degradació de les bases nitrogenades, s'expulsen en forma d'àcid úric o d'urea, segons que es tracti de bases derivades de la purina o de la pirimidina, respectivament.

Anabolisme



Gliconeogènesi



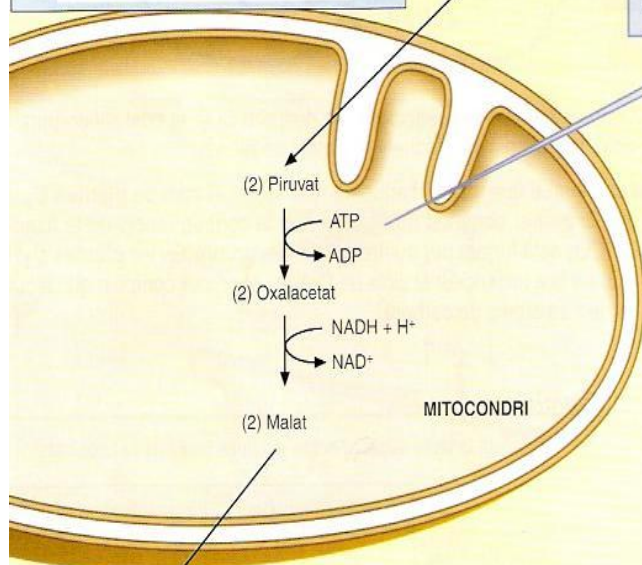
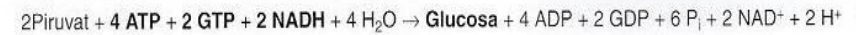
(2) Piruvat

Piruvat carboxilasa
L'acumulació d'acetil-CoA produeix l'activació d'aquest enzim.

- Mitjançant una reacció d'hidròlisi, la fructosa-1,6-bisfosfat desprèn el grup fosfat en C-1 i origina *fructosa-6-fosfat*. Aquesta reacció és el **segon pas irreversible**.
- La fructosa-6-fosfat origina la *glucosa-6-fosfat* mitjançant una isomerització.
- La desfosforilació per hidròlisi de la glucosa-6-fosfat en *glucosa* és el **tercer pas irreversible**.

Balànç energètic: per a obtenir una molècula de **glucosa** a partir de **dues molècules de piruvat** es consumeixen **4 ATP, 2 GTP i 2 NADH**.

L'equació global de la gliconeogènesi es representa:

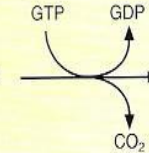


(2) Piruvat

(2) Oxalacetat

(2) Malat

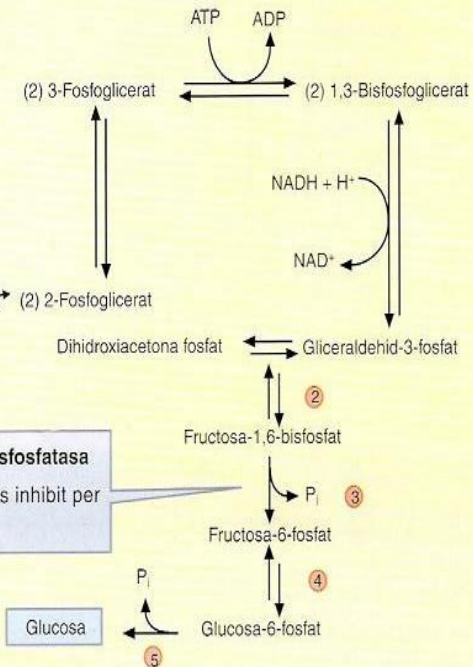
MITOCONDRI



1

L'excés de glucosa procedent de la dieta o de la gliconeogènesi s'emmagatzema en forma de **glicogen**.
El glicogen és la principal substància de reserva d'energia dels animals i s'emmagatzema principalment al fetge i al múscul esquelètic.
La síntesi de glicogen s'esdevé a partir de la *glucosa-6-fosfat*.

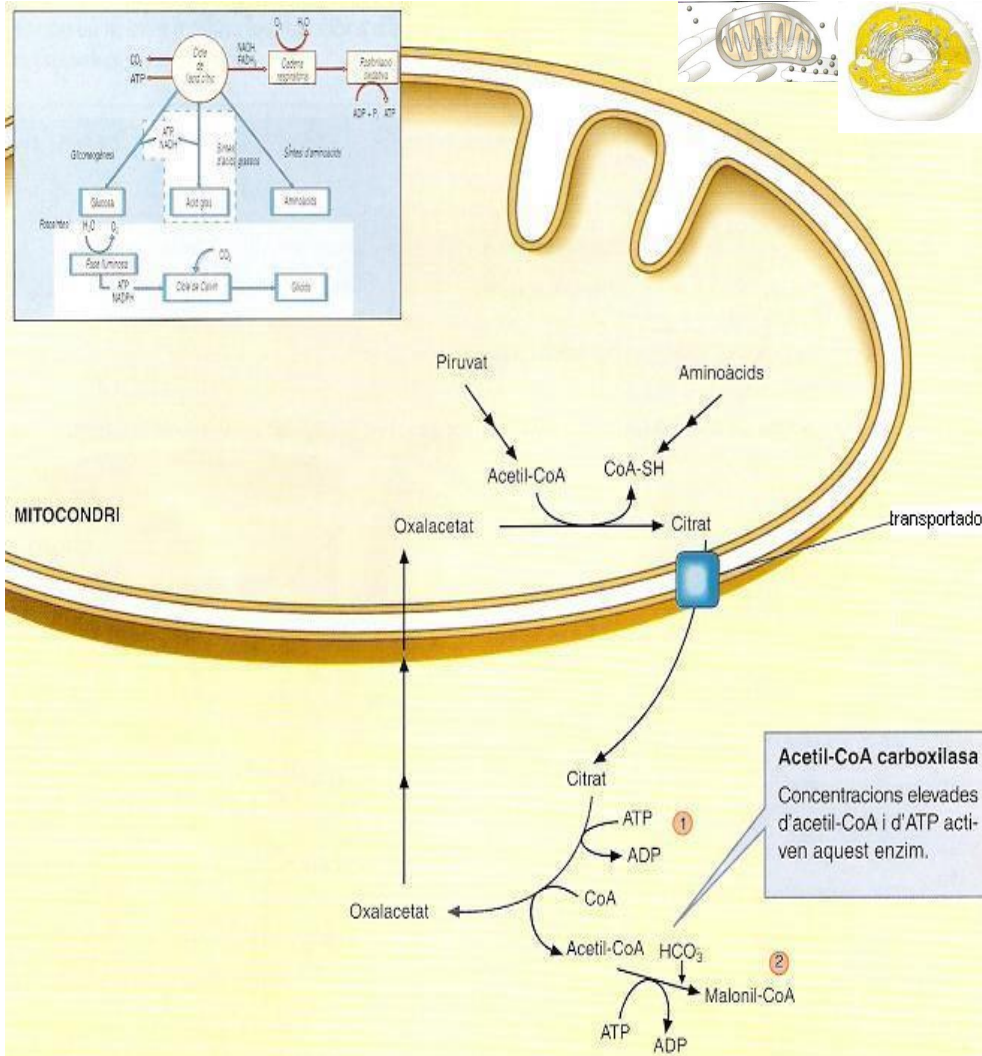
CITOSOL



Fructosa-1,6-bisfosfatasa
Aquest enzim és inhibït per l'AMP.

- El **primer pas irreversible** és la transformació de dues molècules de piruvat en dues molècules de *fosfoenolpiruvat* mitjançant diverses reaccions en les quals es consumeixen ATP, NADH i GTP. Tanmateix, en l'oxidació del malat s'obté NADH.
 - Cada fosfoenolpiruvat es transforma en un *1,3-bisfosfoglicerat* i es consumeix ATP. Les molècules d'*1,3-bisfosfoglicerat* originen *gliceraldehid-3-fosfat*, i es consumeix NADH. Una de les molècules de *gliceraldehid-3-fosfat* produeix *dihidroxiacetona fosfat* mitjançant isomerització.
- A partir del *gliceraldehid-3-fosfat* i de la *dihidroxiacetona fosfat* s'obté una molècula de *fructosa-1,6-bisfosfat*.

Síntesi d'àcids grassos



1. L'acetil-CoA procedeix principalment de l'oxidació del piruvat i, per tant, es troba en el mitocondri. Com que la membrana interna mitocondrial és impermeable a l'acetil-CoA, aquest reacciona amb l'oxalacetat i origina citrat, que surt per mitjà d'un transportador. En el citosol, a partir del citrat es recupera l'acetil-CoA i es consumeix ATP.
2. A partir de l'acetil-CoA i de bicarbonat present en el citosol es forma *malonil-CoA* i es consumeix ATP.
3. El malonil-CoA es condensa amb un grup acil d'un acetil-CoA. Com a conseqüència d'aquesta reacció, s'obté un compost format per dos carbonis més que el malonil-CoA i s'allibera CO_2 .
4. A continuació s'esdevenen dues reaccions de reducció i una de deshidratació a partir de les quals s'obté un acil gras-CoA saturat de quatre carbonis. En aquest procés es consumeixen dos NADPH.

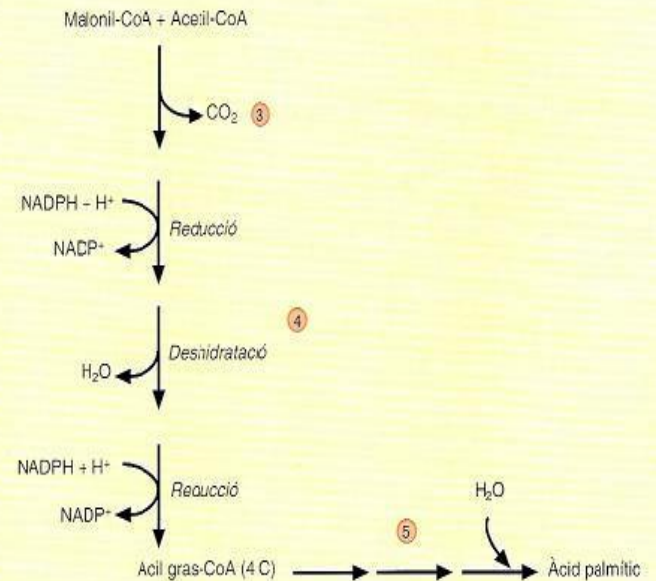
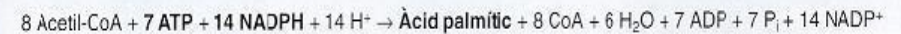
5. Cada repetició de les reaccions que es produeixen des de l'acetil-Co fins a l'obtenció d'un acil gras-CoA saturat de quatre carbonis augmenta en dos carbonis la longitud de la cadena. Quan la cadena té setze carbonis, s'atura l'activitat del complex àcid gras sintasa i s'allibera l'àcid gras.

En els animals, l'àcid gras que s'obté a partir d'aquest procés és l'àcid palmític (16:0), que és el precursor de la majoria dels àcids grassos de cadena llarga.

Alguns àcids grassos insaturats, com ara l'àcid oleic (18:1 Δ^9), se sintetitzen a partir de l'àcid palmític; en canvi, d'altres s'han d'incorporar en la dieta com per exemple l'àcid linoic (18:2 $\Delta^{9,12}$).

Balanc energètic: cal un acetil-CoA per a la formació de malonil-CoA i un altre en la reacció de condensació. Per tant, en la formació d'un acil gras saturat de quatre carbonis es consumeixen dos acetil-CoA. D'aquesta manera, en la síntesi de l'àcid palmític (16 C) es consumeixen vuit acetil-CoA.

La reacció global de la síntesi de l'àcid palmític és la següent:



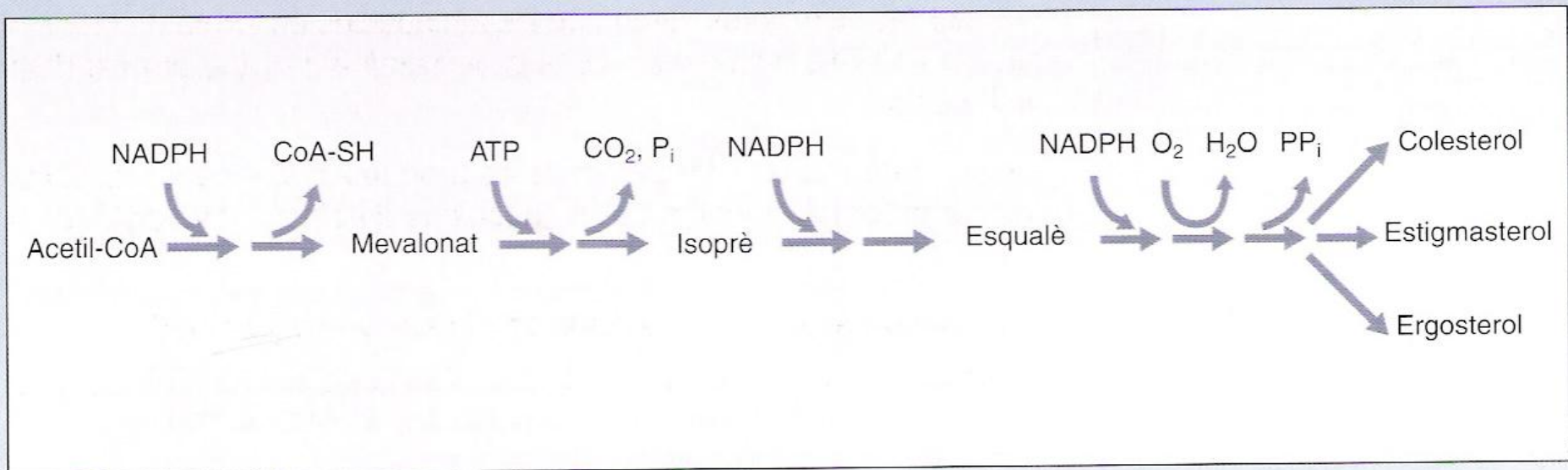
Síntesi de colesterol

Síntesi de colesterol

Tal com hem vist en unitats anteriors, el colesterol forma part de l'estructura de les membranes i és el precursor de substàncies com ara les hormones esteroides, la vitamina D, etc.

En els mamífers, la síntesi de colesterol es produeix principalment al fetge a partir d'**acetil-CoA**.

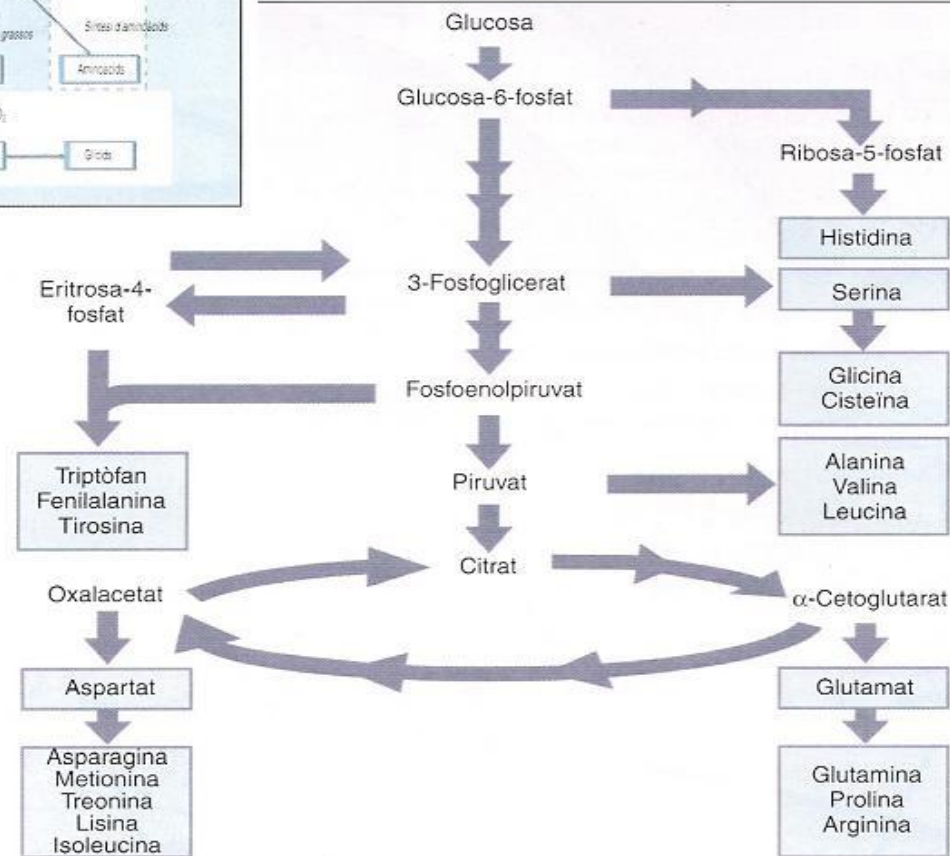
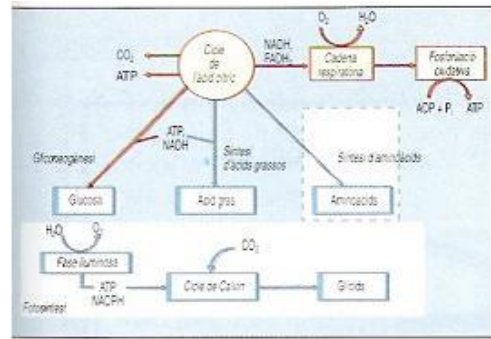
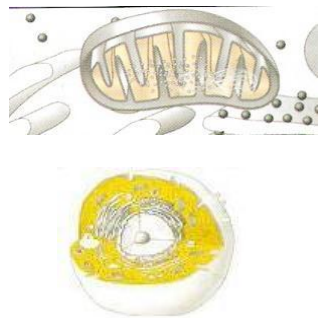
A continuació descrivim de forma molt resumida aquest procés.



La síntesi de colesterol està regulada per la seva concentració intracel·lular i per hormones com la insulina o el glucagó.

Quan a una alteració en la regulació de la seva síntesi s'hi afegeix un consum excessiu d'aquest lípid, es poden produir alteracions greus, tal com hem vist en la unitat 1 del crèdit 4.

Síntesi d'aminoàcids



Les diverses rutes de síntesi dels aminoàcids es classifiquen segons el compost precursor. El **balanç energètic** depèn de la ruta de síntesi. En la majoria dels casos es consumeixen ATP, NADH i NADPH.

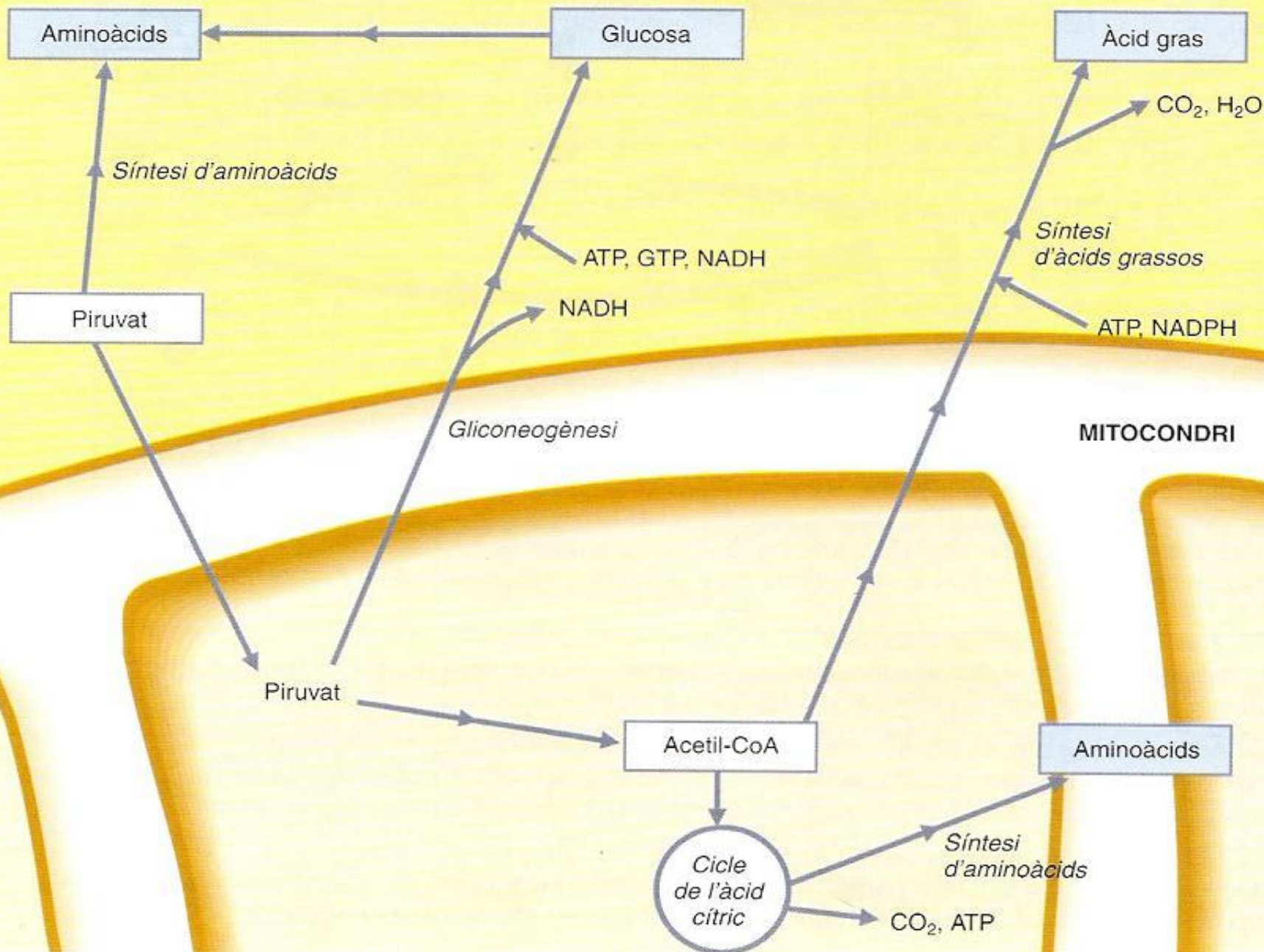
Síntesi de nucleòtids

Els nucleòtids es poden sintetitzar mitjançant les anomenades vies de recuperació, és a dir, a partir de bases nitrogenades i nucleòsids procedents de la degradació dels àcids nucleics, o bé sense utilitzar compostos reciclats. En aquest darrer cas, els compostos precursors són els *aminoàcids*, la *ribosa-5-fosfat*, el CO_2 i l'*amoniac*.

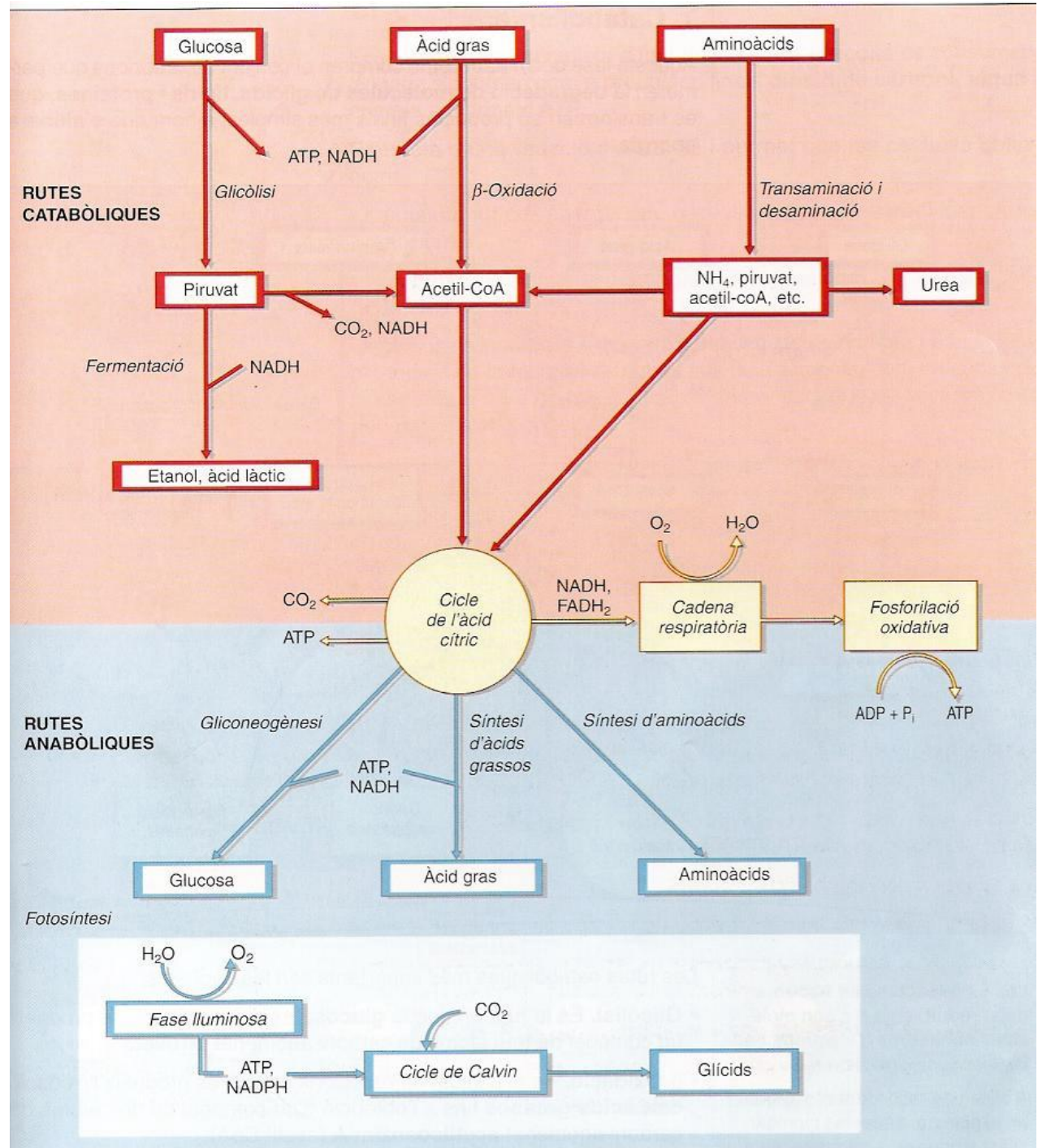
Quan es produeix la síntesi a partir d'aquests compostos precursors, es formen conjuntament la base nitrogenada i la ribosa-5-fosfat. A partir dels ribonucleòtids es formen els desoxiribonucleòtids.

CITOSOL

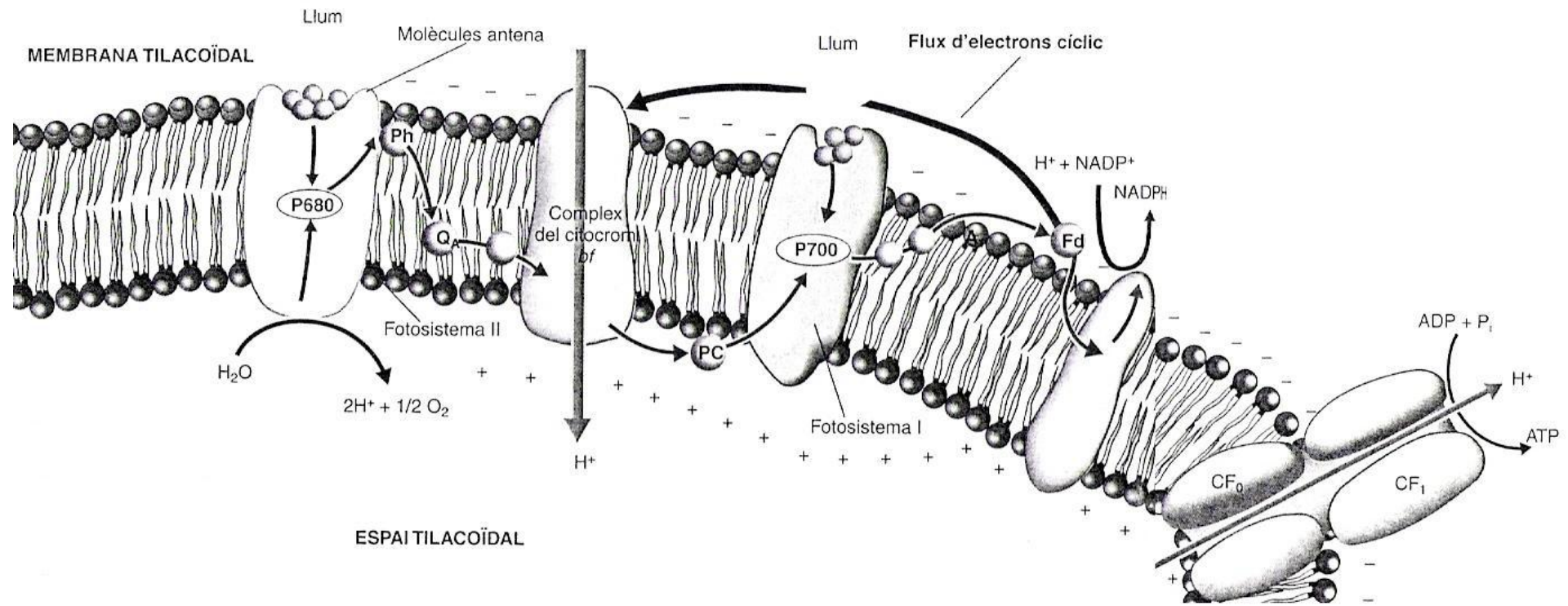
Anabolisme resum



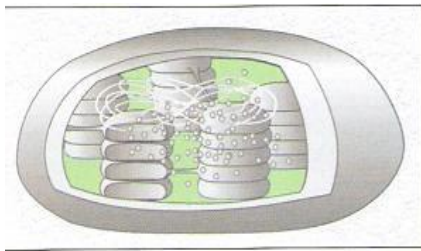
Fotosíntesi



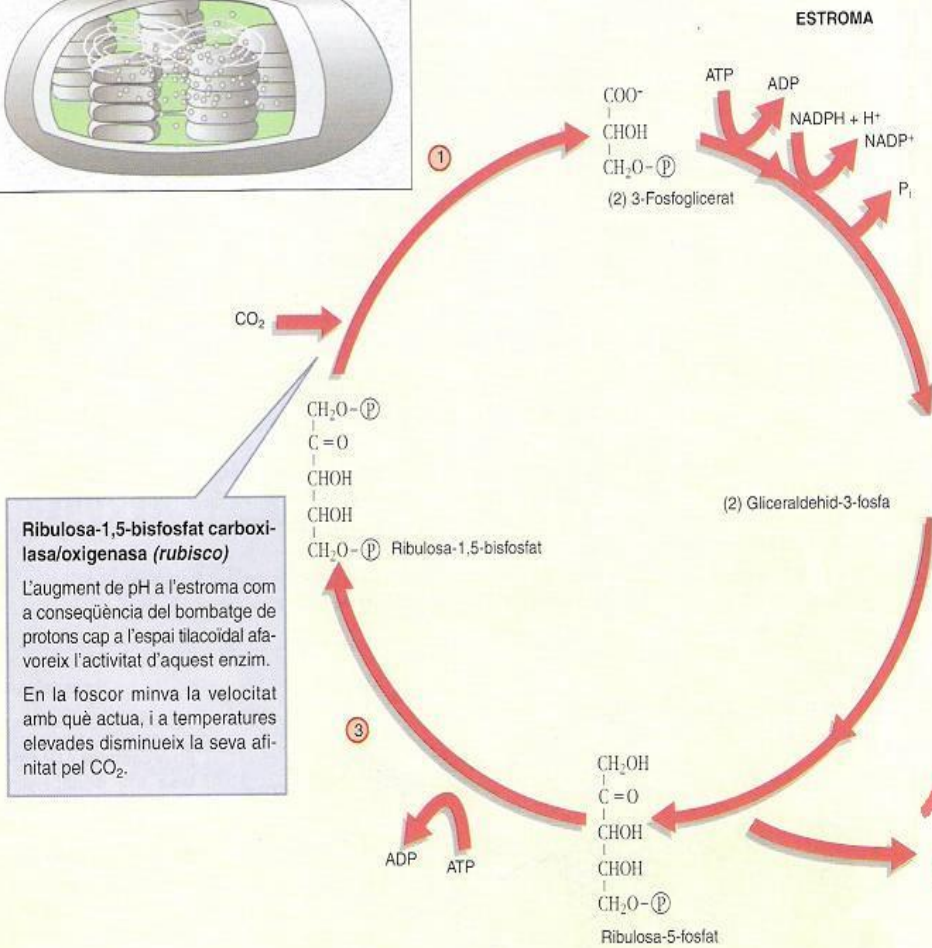
Fotosíntesi. Fase Iluminosa



Fotosíntesi. Fase fosca: cicle de Calvin



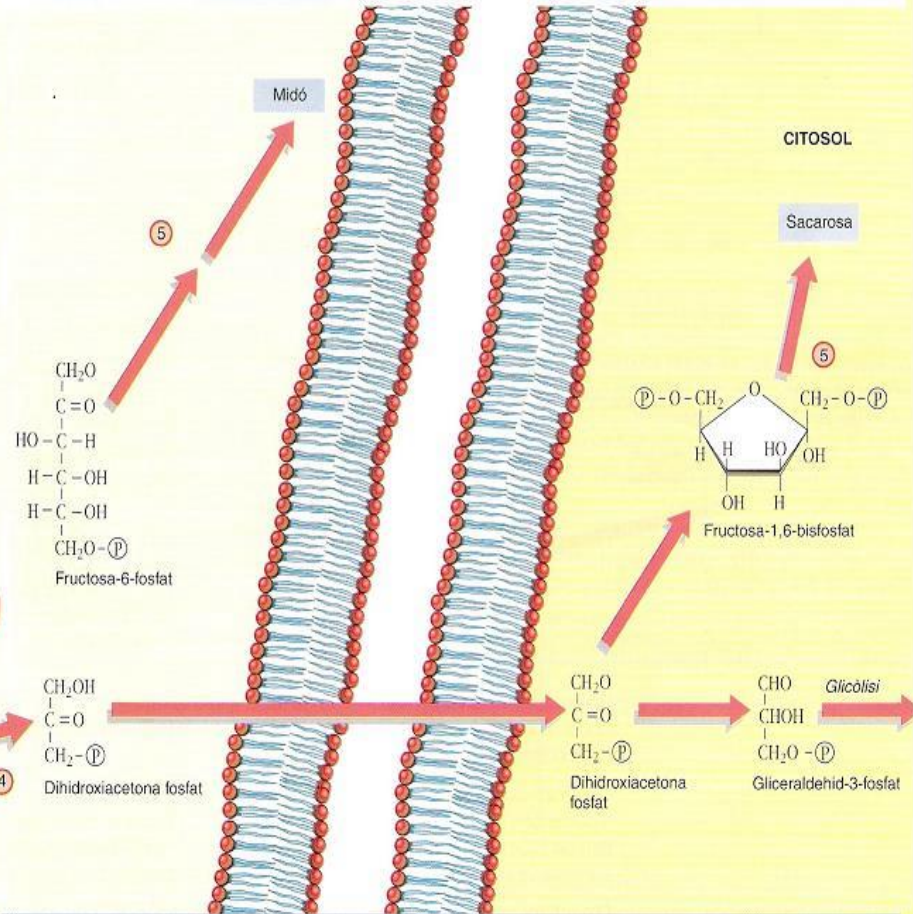
Cicle de Calvin



Ribulosa-1,5-bisfosfat carboxilasa/oxigenasa (rubisco)

L'augment de pH a l'estroma com a conseqüència del bombatge de protons cap a l'espai tilacoïdal afavoreix l'activitat d'aquest enzim. En la foscor minva la velocitat amb què actua, i a temperatures elevades disminueix la seva afinitat pel CO₂.

3. A continuació, es produeixen diverses reaccions a partir de les quals la major part del gliceraldehid-3-fosfat s'utilitza per a la regeneració de la *ribulosa-1,5-bisfosfat*, i es consumeix ATP. La resta de gliceraldehid-3-fosfat s'empra en la síntesi d'hexoses, com ara la *glucosa*.
4. El gliceraldehid-3-fosfat també es pot incorporar a la *glicòlisi*.
5. Alguns dels compostos intermedis de les reaccions són precursors de la *sacarosa* i el *midó*. La sacarosa se sintetitza a partir de la fructosa-1,6-bisfosfat en el citosol, i el midó, a partir de la fructosa-6-fosfat en l'estroma.

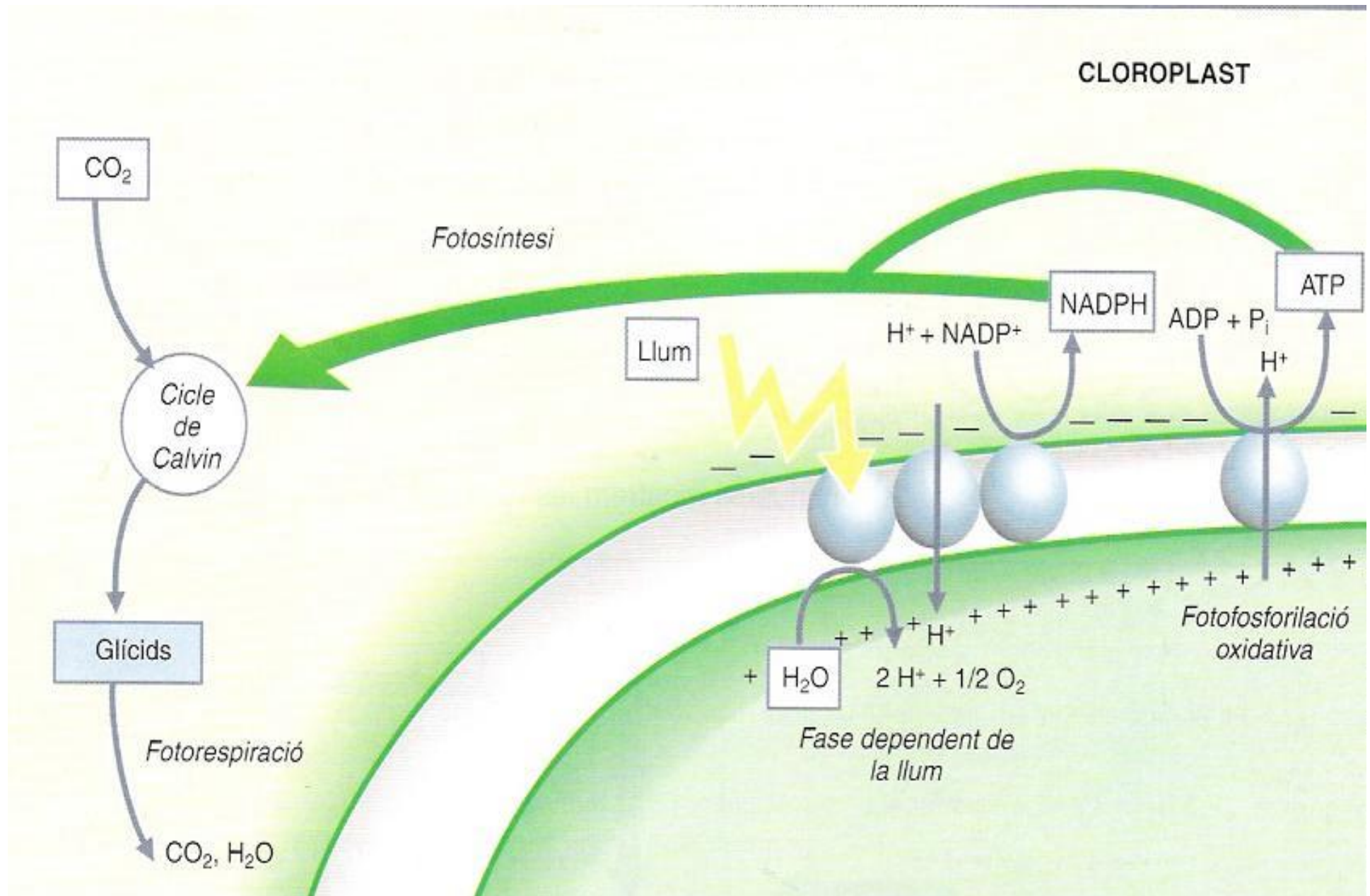


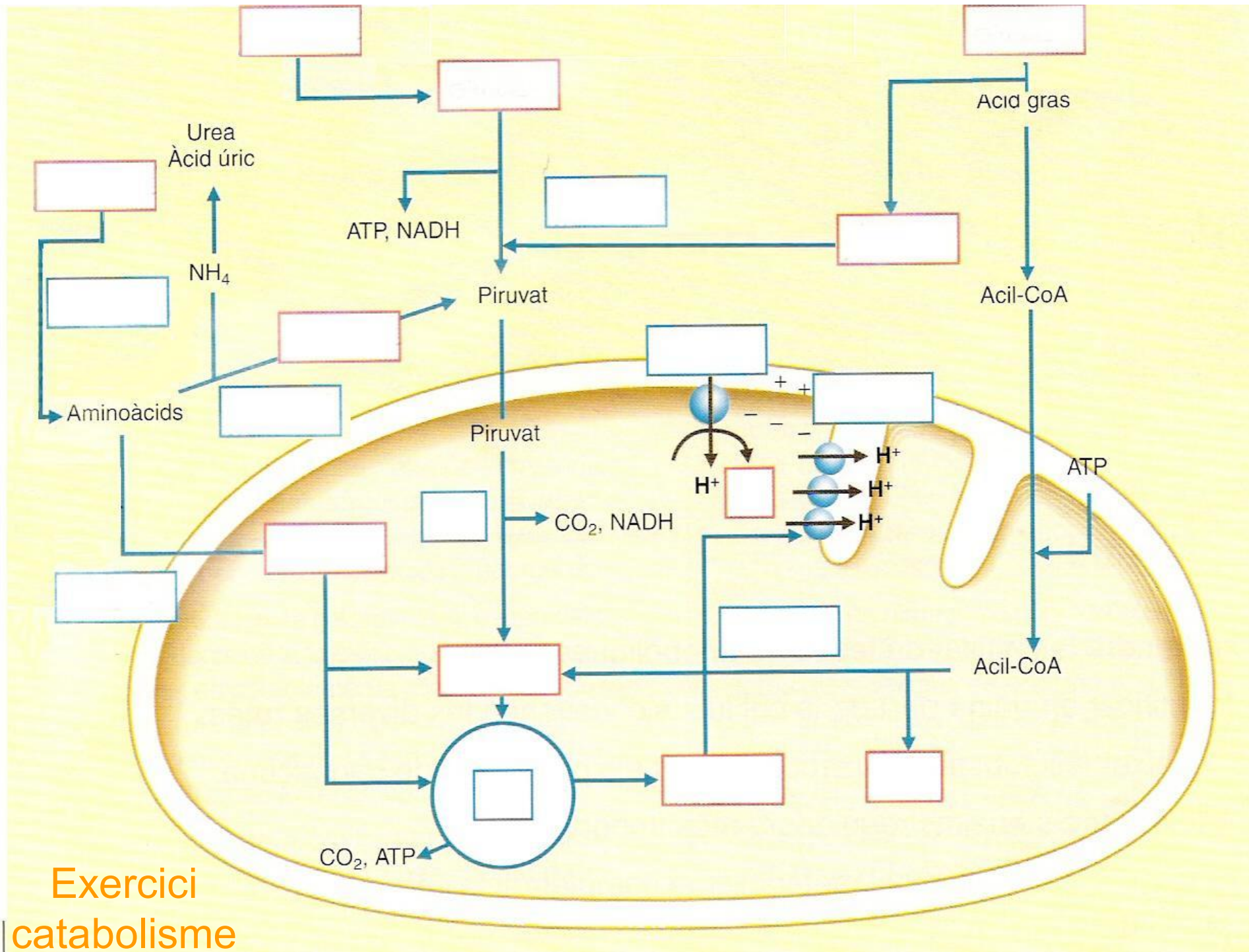
1. El CO₂ es condensa amb la *ribulosa-1,5-bisfosfat*, un glicid de cinc àtoms de carboni que es troba en l'estroma del cloroplast. D'aquesta unió es forma un compost inestable de sis àtoms de carboni que s'escindeix en dues molècules de *3-fosfoglicerat*, de tres àtoms de carboni cadascuna.
2. El 3-fosfoglicerat es redueix a *gliceraldehid-3-fosfat* mitjançant el consum d'ATP i NADPH.

Equació global del cicle de Calvin
 Perquè es produeixi la síntesi d'una molècula de glucosa, s'han de fixar sis molècules de CO₂. Per tant, s'han d'efectuar sis voltes del cicle perquè es fixin sis CO₂.

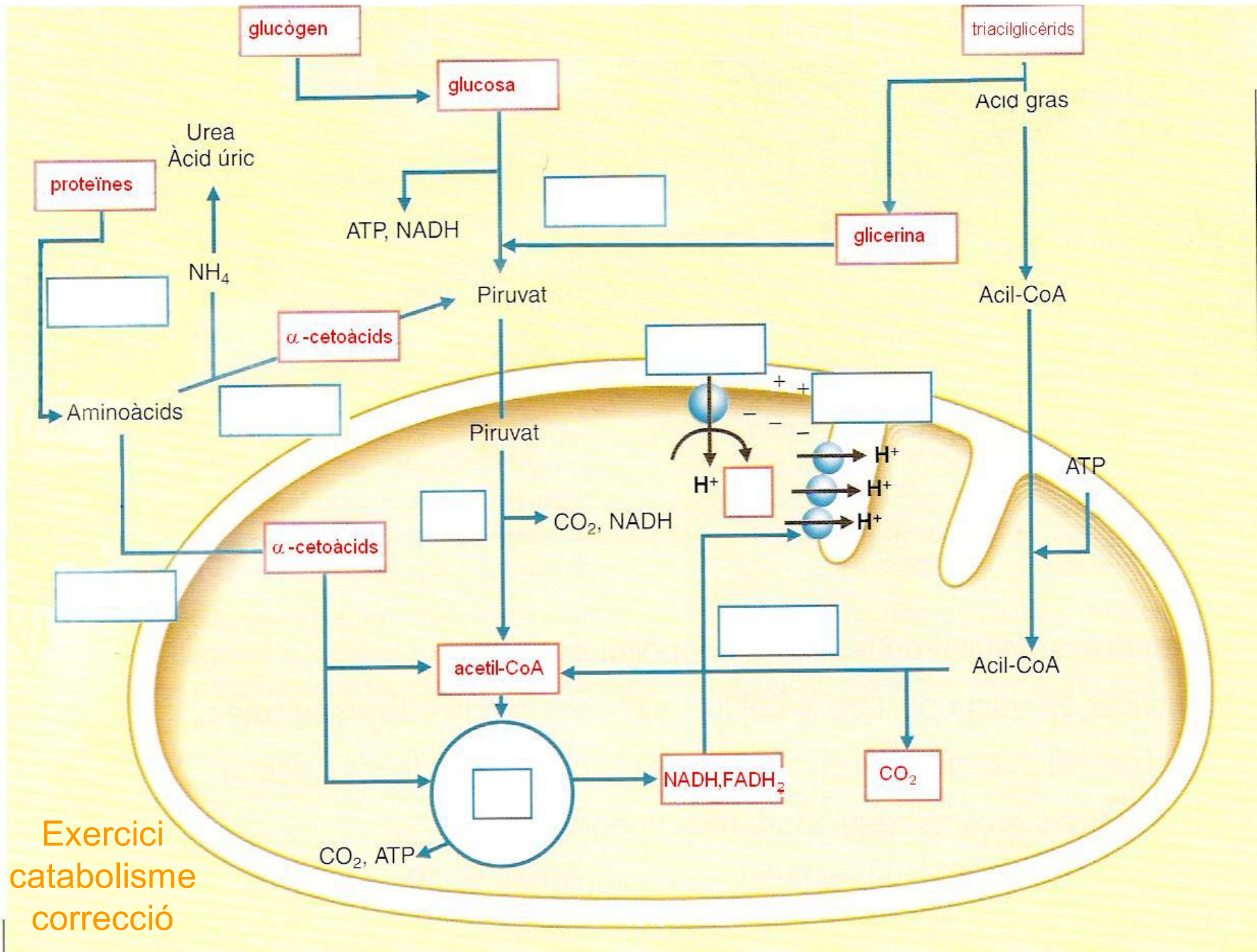
$$6 \text{ CO}_2 + 18 \text{ ATP} + 12 \text{ NADPH} + 12 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ (Glucosa)} + 18 \text{ ADP} + 18 \text{ P}_i + 12 \text{ NADP}^+ + 6 \text{ H}^+$$

Fotosíntesi resum





Exercici
catabolisme



Exercici
catabolisme
correcció

