

3 Metabolisme. Processos anabòlics



Objectius previstos

- Comprendre la finalitat de les rutes anabòliques.
 - Identificar en quina part de la cèl·lula s'esdevenen les diverses rutes.
 - Conèixer les substàncies precursors i els productes de cadascuna.
 - Identificar els enzims reguladors més importants.
- Adquirir una idea global del metabolisme completant la informació sobre el catabolisme de la unitat anterior.
- Diferenciar els processos anabòlics dels processos catabòlics.

Organització dels continguts

1. Fotosíntesi

2. Gluconeogènesi

3. Síntesi d'àcids grassos

4. Síntesi d'aminoàcids

1.1. Fase dependent de la llum o fase lluminosa

1.2. Fase independent de la llum o fase fosca: cicle de Calvin

1.3. Fotorespiració

Abans de començar...

Els organismes fotosintètics tenen la capacitat de captar la llum solar i de formar d'aquesta manera ATP i NADPH mitjançant la utilització de H_2O .

L'ATP i el NADPH s'utilitzen posteriorment per a fabricar glúcids a partir de la fixació de CO_2 . Aquest procés s'anomena **fotosíntesi**.

Tal com hem vist en la unitat anterior, la majoria dels organismes oxiden aquests glúcids i altres compostos, com ara àcids grassos i aminoàcids, per tal d'obtenir energia i molècules precursors.

Tot i que els organismes heteròtrofs depenen dels glúcids procedents de la fotosíntesi, aquesta aportació glicídica es complementa amb la gluconeogènesi, una ruta anabòlica que s'esdevé en tots els organismes, inclosos els fotosintètics, i que condueix a la formació de glucosa.

La síntesi d'àcids grassos i la d'aminoàcids, juntament amb les rutes anabòliques que hem esmentat anteriorment, constitueixen les principals vies metabòliques de la majoria d'organismes.

Recorda

- En la **fotosíntesi** es distingeixen dues fases: una de dependent de la llum i una altra d'independent de la llum.

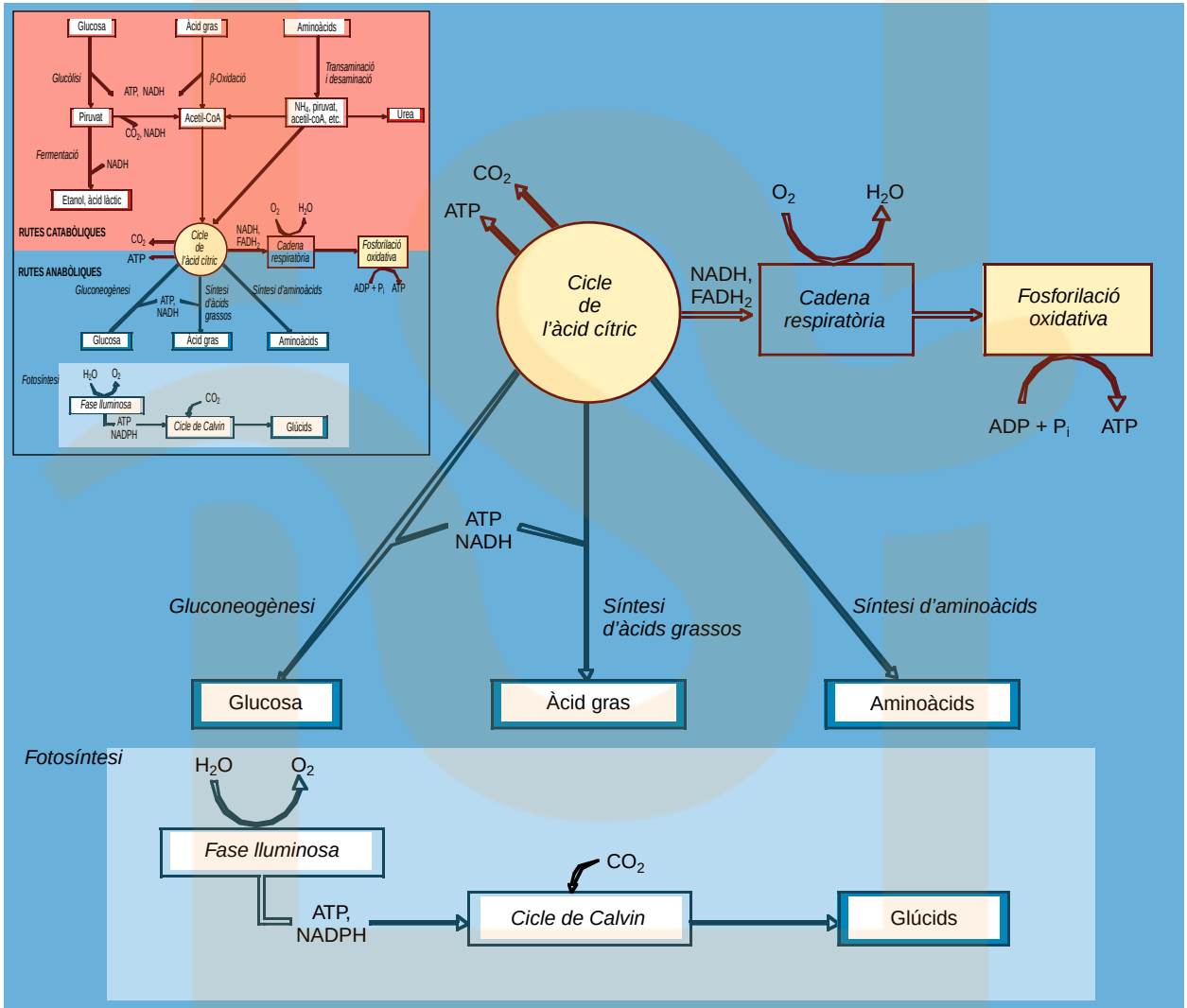
En la **fase dependent de la llum** es capta l'energia lluminosa i es transforma en energia química. La **fase independent de la llum**, o fase de fixació del carboni, no requereix la presència de llum; s'hi capta el CO_2 atmosfèric, que s'incorpora a compostos de carboni per a formar glucosa.

- Tot i que les plantes no són els únics éssers fotosintètics, la importància quantitativa de la fotosíntesi vegetal és enorme en comparació amb la fotosíntesi que duen a terme altres organismes, com ara les algues o els bacteris.
- Per tal de tenir una **visió global de l'anabolisme**, és important recordar, de cada ruta, la part de la cèl·lula on té lloc, els compostos inicials i finals, el balanç energètic i els enzims reguladors.

ANABOLISME

És la fase del metabolisme que comprèn el conjunt de reaccions que tenen com a objectiu la síntesi de molècules complexes a partir de **substàncies precursors** i **energia**.

Els processos anabòlics són **reaccions endergòniques** i obtenen l'energia a partir de la hidròlisi de l'ATP.



Les principals rutes anabòliques són les següents:

- **Fotosíntesi.** Consisteix en l'obtenció de molècules orgàniques (glúcids) a partir d'energia lluminosa i de molècules inorgàniques com ara CO₂ i H₂O.
- **Gluconeogènesi.** És la ruta de síntesi de la glucosa a partir de substàncies precursors, com per exemple el piruvat. Aquesta ruta es produeix independentment de la fotosíntesi.
- **Síntesi d'àcids grassos.** És el conjunt de reaccions en les quals s'obtenen àcids grassos a partir d'acetyl-CoA.
- **Síntesi d'aminoàcids.** És el conjunt de processos en els quals se sintetitzen aminoàcids a partir de piruvat, oxalacetat, etc.

De la mateixa manera que les diverses rutes catabòliques convergeixen cap al cicle de l'àcid cítric, molts dels compostos que intervien en aquest cicle són precursors de les rutes anabòliques. Per això és tan important el paper que aconpleix en el metabolisme el cicle de l'àcid cítric.

A diferència de les altres rutes anabòliques que descriurem al llarg d'aquesta unitat, la fotosíntesi té com a compostos precursors molècules inorgàniques, i la duen a terme els organismes **fotoautòtrofs**. Els altres processos anabòlics són comuns a la majoria dels organismes.

Els organismes **quimioautòtrofs** utilitzen molècules inorgàniques com a font de matèria, com els organismes fotoautòtrofs. Però, a diferència d'aquests, obtenen l'energia de l'oxidació de compostos químics.

Aquest procés anabòlic s'anomena **quimiosíntesi** i el duen a terme alguns bacteris.

1. Fotosíntesi

En el desenvolupament de la fotosíntesi es distingeixen dues fases, una de *dependent de la llum*, en la qual es formen ATP i NADPH, i una altra d'*independent de la llum*, en la qual s'obtenen glúcids. Totes dues fases es desenvolupen en els **cloroplasts** de les cèl·lules fotosintètiques.

En la fase *dependent de la llum* hi intervien:

- **Llum.** La més eficaç és la de longitud d'ona corresponent al nostre espectre visible.
- **Pigments.** Els més abundants són les **clorofil·les a i b**, i, en menor proporció, els **carotenoides**. Les molècules de pigments estan agrupades en les membranes dels tilacoides i formen el **fotosistema I** i el **fotosistema II**.

En cada fotosistema s'hi distingeixen dos grups de molècules: les **molècules recol·lectores de llum** o **molècules antena** i les que formen el **centre de reacció fotoquímica**.

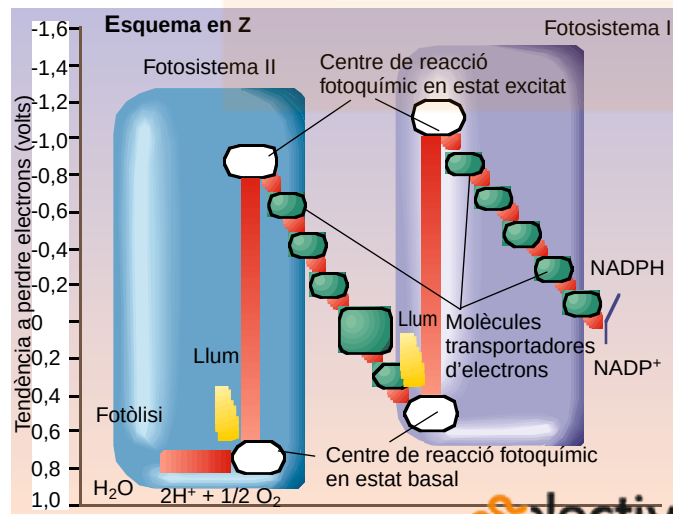
- **Molècules transportadores d'electrons.** Aquestes molècules estan relacionades amb els pigments. Poden ser proteïnes, com ara la plastocianina, la ferredoxina, etc., o bé compostos lipídics, com ara la fil·loquinona o la plastoquinona.

La llum proporciona l'energia necessària perquè es produeixi la transferència d'electrons des del H_2O fins al $NADP^+$. En aquesta transferència hi participen els pigments i les molècules transportadores d'electrons, tal com observem en l'esquema següent, anomenat **esquema en Z** a causa de la seva forma.

La llum està formada per un feix de petits paquets d'energia o quàntums, també anomenats **fotoons**.

Quan una molècula absorbeix un fotó, un dels seus electrons passa a un orbital energèticament superior. En aquest cas, es diu que la molècula es troba en *estat excitat*, que correspon a un estat inestable.

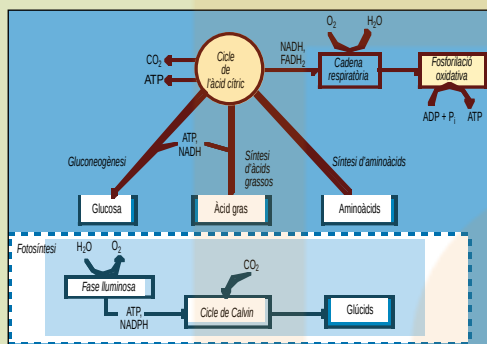
Quan l'electró retorna al seu orbital, desprèn una part de l'energia absorbida i la molècula retorna a l'*estat basal*, és a dir, a un estat estable.



- Com a conseqüència de la incidència de la llum en els fotosistemes I i II, els electrons dels centres de reacció passen a un orbital energèticament superior.
- La incidència de la llum també produeix la **fotòlisi** d'una molècula d'aigua, és a dir, l'escissió d'una molècula d'aigua, la qual cedeix els electrons al fotosistema II.
- Els electrons resultants de l'excitació del fotosistema II es transfereixen a molècules transportadores d'electrons que uneixen els dos fotosistemes.
- Els electrons resultants de l'excitació del fotosistema I es transfereixen a molècules transportadores d'electrons que transformen el $NADP^+$ a NADPH.

1.1. Fase dependent de la llum o fase lluminosa

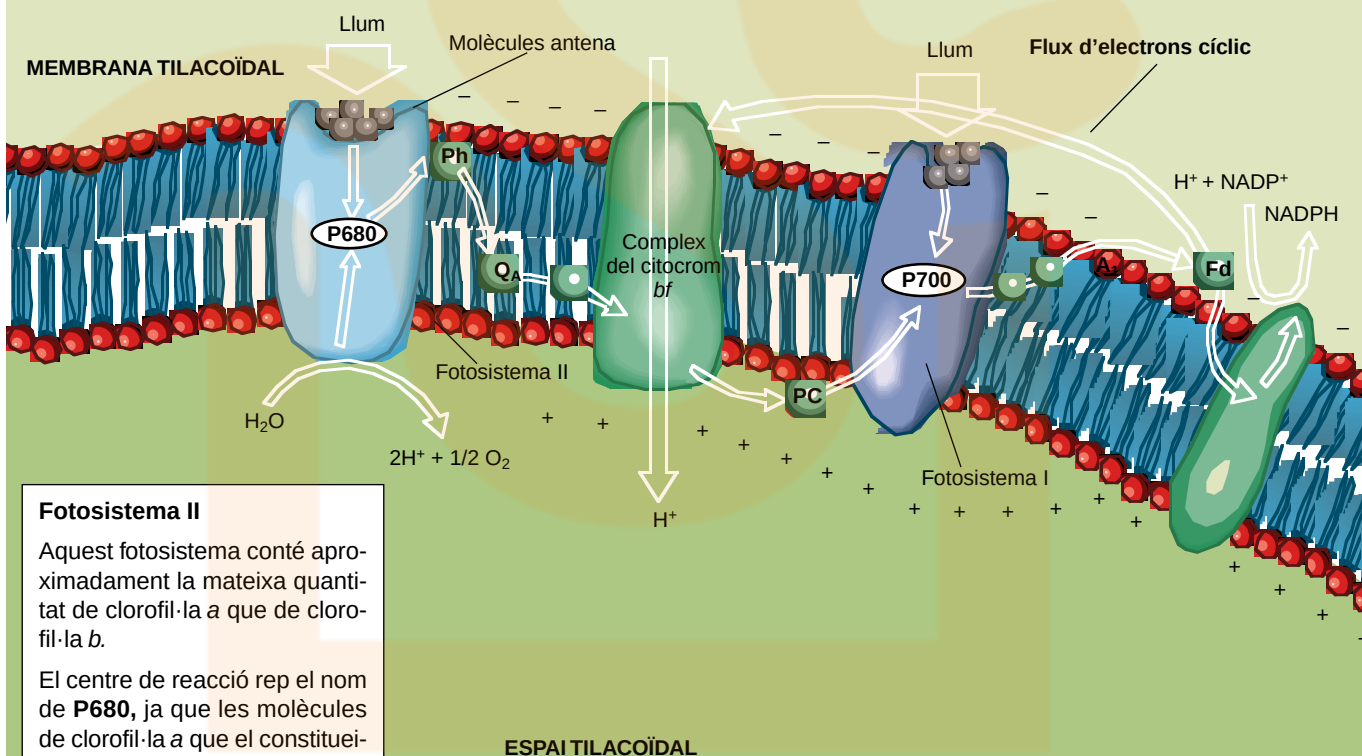
Les primeres investigacions sobre els mecanismes que permeten que l'energia lluminosa es transformi en energia química van ser dutes a terme per Robert Hill l'any 1937. Posteriorment, a partir d'aquests estudis es va descobrir l'existència del **flux d'electrons** des del H_2O , que seria el donador d'electrons, fins al NADP^+ , que en seria l'acceptor. Aquesta fase té lloc en la **membrana tilacoïdal**.



Fotosistema I

Aquest fotosistema conté una major quantitat de clorofil·la a que no pas de clorofil·la b.

El centre de reacció rep el nom de **P700**, ja que les molècules de clorofil·la a, és a dir pigments (P), que el constitueixen absorbeixen especialment la llum de 700 nm de longitud d'ona.



Fotosistema II

Aquest fotosistema conté aproximadament la mateixa quantitat de clorofil·la a que de clorofil·la b.

El centre de reacció rep el nom de **P680**, ja que les molècules de clorofil·la a que el constitueixen absorbeixen especialment la llum de 680 nm de longitud d'ona.

- Les **molècules antena** del fotosistema II absorbeixen els *fotons* de llum i transfereixen l'energia lluminosa al **P680**.
- El **P680** cedeix electrons a una cadena transportadora d'electrons constituïda per *feofitina (Ph)* , *plastoquinona (Q_A)* , etc.
- Aquests electrons arriben al **complex del citocrom *bf***, que enllaça els dos fotosistemes.
- Per efecte de l'energia lluminosa es produeix la fotòlisi d'una molècula d' *aigua* i se cedeixen electrons, que passen al **P680** perquè recuperi els electrons transferits a les molècules transportadores. En el trencament de la molècula d' *aigua* s'alliberen O_2 i H^+ .

Com a conseqüència del transport d'electrons es produeix un bombatge de protons des de l'estroma a l'espai tilacoïdal. Aquesta aportació de protons a l'espai tilacoïdal provoca una diferència de càrregues elèctriques i de pH, de manera que s'origina un potencial electroquímic.

El potencial electroquímic proporciona al complex ATP sintasa l'energia necessària perquè es formi **ATP**. Aquest procés rep el nom de **fotofosforilació oxidativa**.

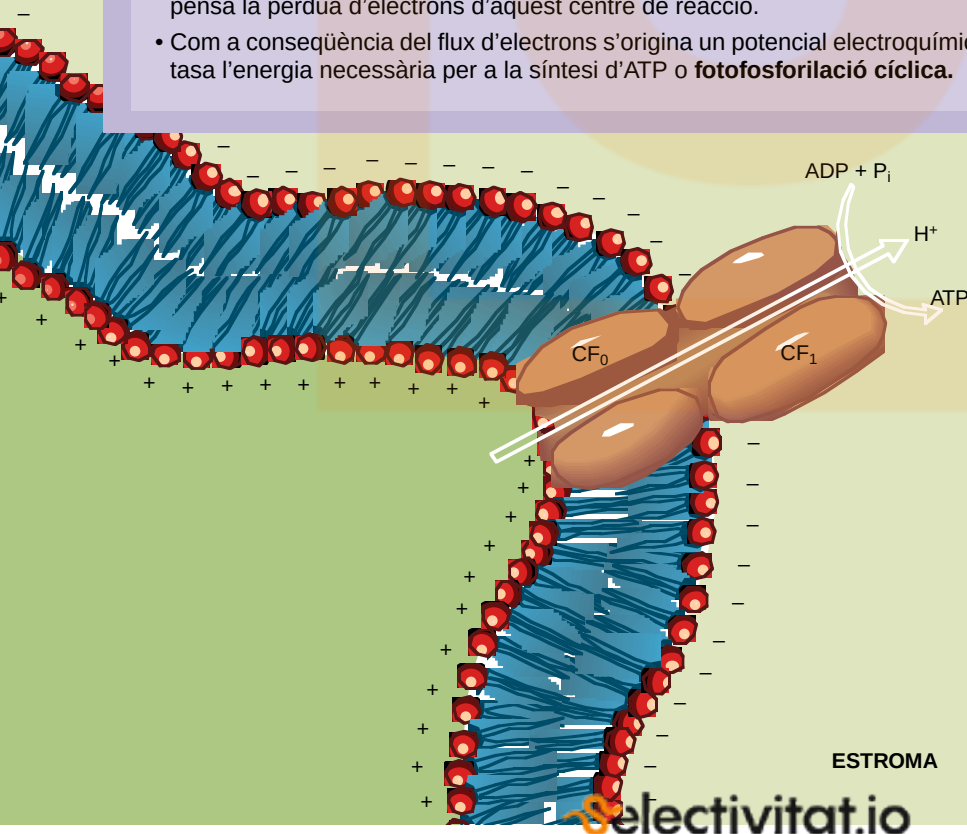
- Les *molècules antena* del fotosistema I també absorbeixen els *fotons* de llum, l'energia dels quals es transfeix al P700.
- La pèrdua dels electrons del P700 és compensada pels electrons del fotosistema II. Els electrons són transportats mitjançant el complex del citocrom *bf*, que els transfereix a la *plastocianina* (PC), i d'aquí al P700.
- El P700 cedeix electrons a una segona cadena de molècules transportadores, entre les quals hi ha la *fil·lo-quinona* (A_1), la *ferredoxina* (Fd), etc. La darrera molècula de la cadena transfereix els electrons al $NADP^+$, i s'origina *NADPH*.
- La transferència d'electrons va acompanyada del bombatge de protons a l'espai tilacoïdal. Els protons retornen a l'estroma a través del canal de la subunitat CF_0 del complex ATP sintasa.
- En la subunitat CF_1 s'esdevé la reacció de síntesi d'ATP a partir de l'ADP i del P_i .

El flux d'electrons que hem descrit **no** és **cíclic** sinó unidireccional i, com a conseqüència d'això, es produeixen ATP i NADPH, els quals s'utilitzaran en la fase següent de la fotosíntesi.

Quan les cèl·lules vegetals tenen prou NADPH però continuen necessitant ATP, es produeix una ruta alternativa en la qual el **flux d'electrons** és **cíclic**. A continuació expliquem aquesta ruta, en la qual només participa el fotosistema I.

Flux d'electrons cíclic

- Les *molècules antena* del fotosistema I absorbeixen els *fotons* de llum, l'energia dels quals es transfereix al P700.
- El P700 cedeix electrons a la cadena formada per la *fil·loquinona*, la *ferredoxina*, etc. La ferredoxina els transfereix al complex del citocrom *bf* i, per tant, no es produeix NADPH.
- Els electrons transferits al citocrom *bf* passen a la *plastocianina*, i d'aquí al P700, amb la qual cosa es compensa la pèrdua d'electrons d'aquest centre de reacció.
- Com a conseqüència del flux d'electrons s'origina un potencial electroquímic que proporciona a l'ATP sintasa l'energia necessària per a la síntesi d'ATP o **fotofosforilació cíclica**.



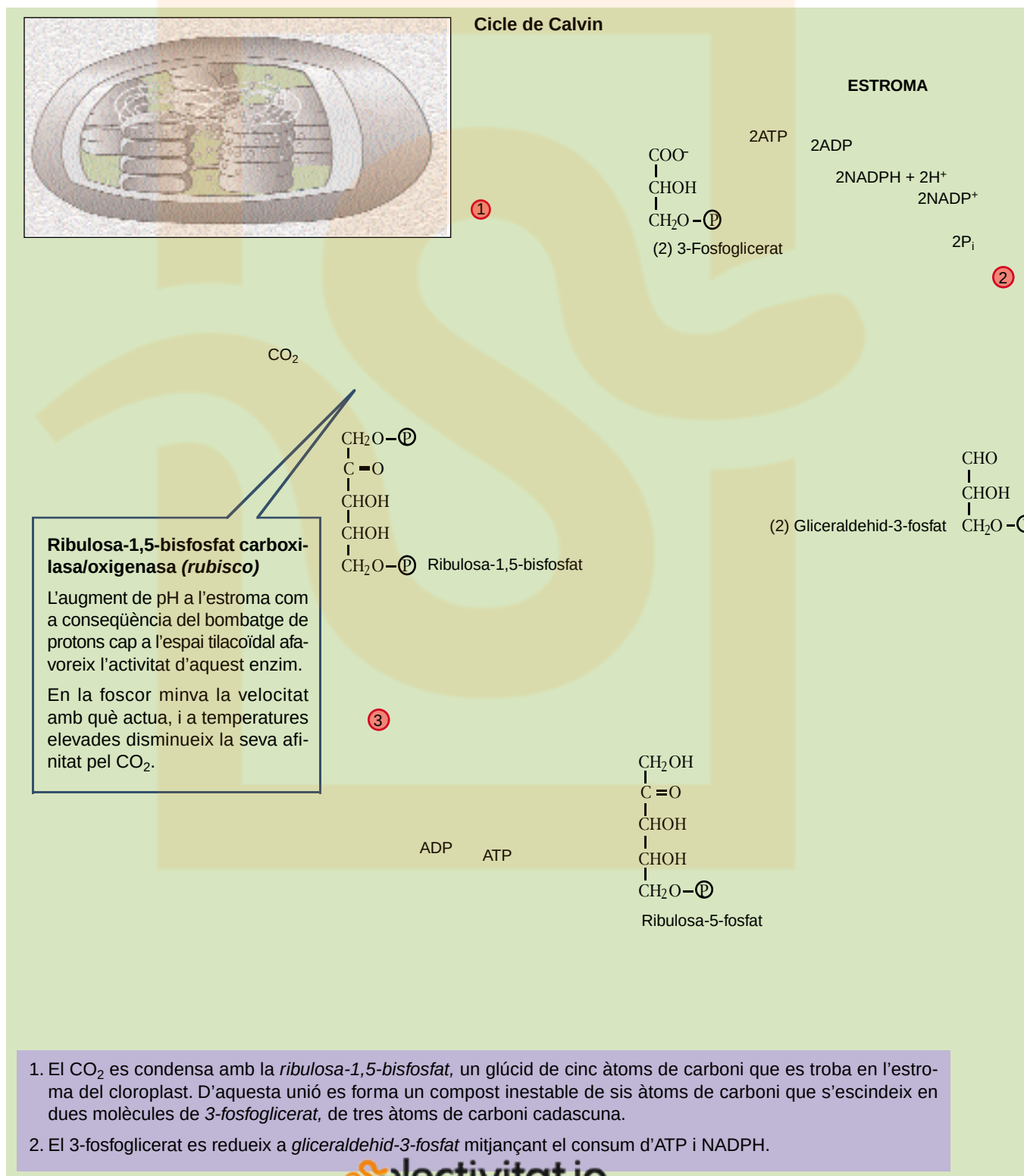
En el **complex ATP sintasa** s'hi distingeixen dues subunitats proteiques:

- La **subunitat CF_0** està unida a la membrana tilacoïdal i forma una estructura en canal per on circulen els protons des de l'espai tilacoïdal fins a l'estroma.
- La **subunitat CF_1** es localitza a la banda de l'estroma i es manté unida a la membrana per la subunitat CF_0 . Conté el lloc actiu per a la síntesi d'ATP.

1.2. Fase independent de la llum o fase fosca: cicle de Calvin

En aquesta fase es produeix una seqüència cíclica de reaccions en les quals l'**ATP** i el **NADPH** procedents de la fase dependent de la llum proporcionen l'energia necessària i els protons per a la reducció del **CO₂**. Com a conseqüència d'aquesta reducció, se sintetitzen **glúcids** com ara la glucosa.

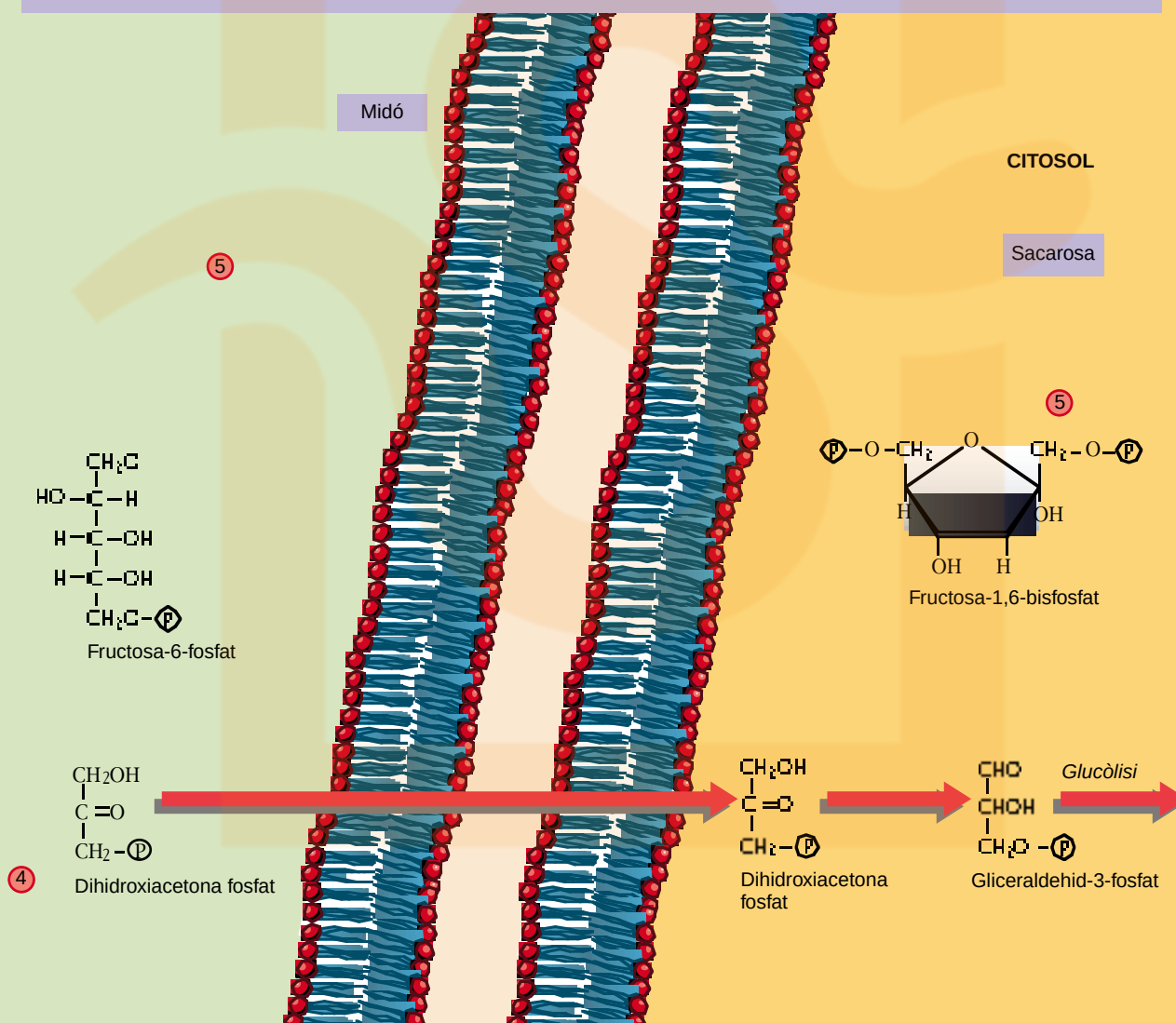
Aquesta fase cíclica es produeix a l'**estroma**, independentment de la presència de llum.



La fase independent de la llum fou descoberta en la dècada de 1950 per Melvin Calvin i els seus col·laboradors; per aquest motiu és coneguda amb el nom de **cicle de Calvin**.

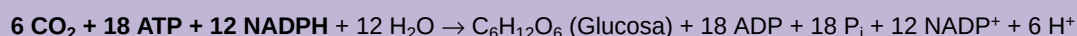
Aquesta fase també s'anomena **fase de fixació del CO₂**, ja que s'incorporen diverses molècules de CO₂ per a la síntesi de glúcids.

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 *glucòlisi*.
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.



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.



Al mateix temps que el cicle de Calvin, en les cèl·lules fotosintètiques es produeix, a causa de la presència dels dos gasos, una escassa fotorespiració.

Generalment, la concentració de CO_2 en aquestes cèl·lules és més gran que la de O_2 i, per aquest motiu, hi predomina la fixació de CO_2 mitjançant el cicle de Calvin.

1.3. Fotorespiració

Es tracta d'un procés que consisteix en l'oxidació de glúcids mitjançant el consum de O_2 , l'alliberament de CO_2 i la presència de llum. Aquest procés és totalment independent de l'oxidació de nutrients que es produeix en els mitocondris.

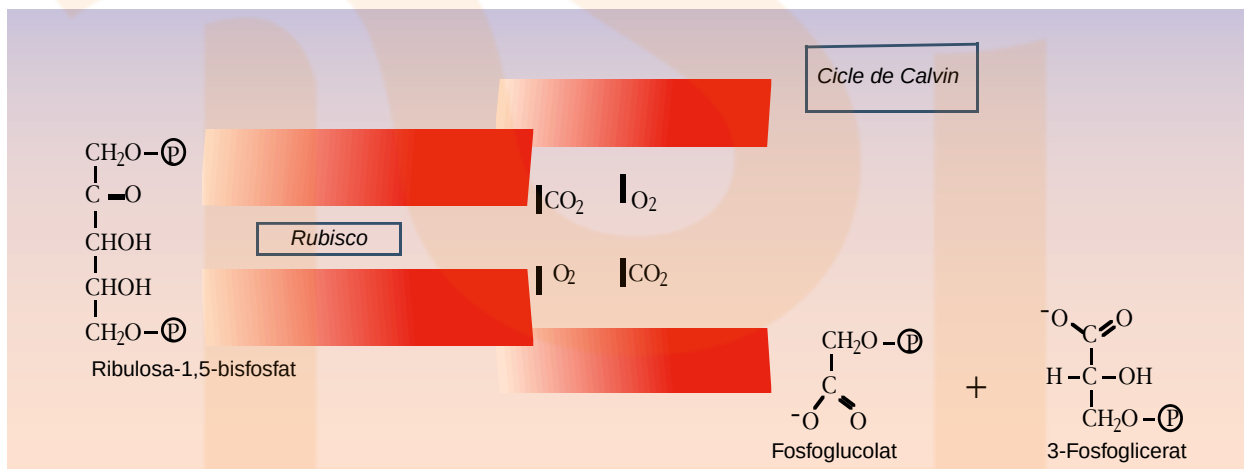
En la fotorespiració hi intervenen diversos orgànuls cel·lulars: **cloroplasts, peroxisomes i mitocondris**.

L'enzim que catalitza aquest procés d'oxidació és la *ribulosa-1,5-bisfosfat carboxilasa/oxigenasa* o *rubisco*, el mateix enzim que catalitza la fixació del CO_2 a la ribulosa-1,5-bisfosfat en el cicle de Calvin. D'aquesta manera, el CO_2 i el O_2 són substrats d'aquest enzim i competeixen en el lloc actiu.

Quan la concentració de CO_2 és més elevada que la concentració de O_2 , es produeix la fixació del CO_2 mitjançant el cicle de Calvin.

En canvi, si la concentració de O_2 en les cèl·lules és elevada en comparació amb la concentració de CO_2 , la *rubisco* catalitza la unió del O_2 a la ribulosa-1,5-bisfosfat i origina *fosfogluconat* i *3-fosfoglicerat*.

El fosfogluconat, després de patir diverses reaccions en compartiments cel·lulars diferents (cloroplasts, peroxisomes i mitocondris), produeix 3-fosfoglicerat, el qual s'incorpora al cicle de Calvin.



Fins ara, no s'ha trobat cap avantatge de la fotorespiració per a les plantes, sinó que més aviat els representa un problema, ja que s'hi consumeix energia.

La seva existència sembla que té relació amb l'aparició dels primers organismes fotosintètics en una atmosfera en la qual hi havia una major quantitat de CO_2 que no pas de O_2 . En aquestes condicions, la *rubisco* presentaria un lloc actiu sense la capacitat de discriminar entre CO_2 i O_2 .

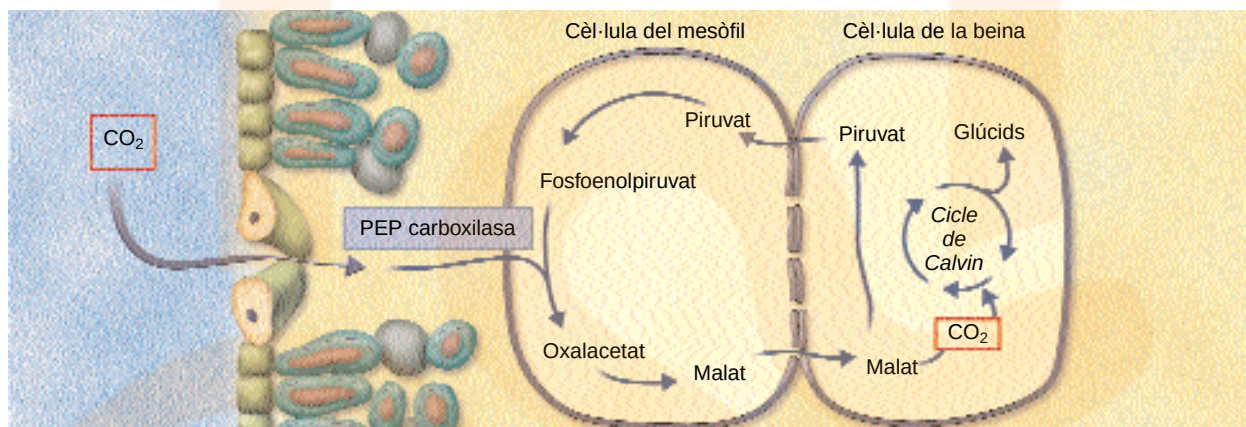
D'aquesta manera, l'augment progressiu de l'oxigen va fer que aquest competís amb el CO_2 i que, en ambients amb temperatures elevades, disminuís l'afinitat de la *rubisco* pel CO_2 i augmentés l'afinitat pel O_2 , amb la consegüent disminució del rendiment fotosintètic.

Per aquest motiu, les plantes que viuen en ambients que afavoreixen la fotorespiració, com ara ambients àrids amb temperatures elevades, han desenvolupat estratègies per evitar-la.

L'estratègia de moltes plantes, com ara el blat de moro, la melca, la canya de sucre..., que viuen als tròpics o bé que en procedeixen, consisteix a fixar el CO_2 mitjançant una ruta alternativa a la reacció de fixació catalitzada per la *rubisco*. Aquesta ruta s'anomena **ruta de Hatch-Slack** en honor de Marshall Hatch i Rodger Slack, que la descobriren en la dècada de 1960.

L'enzim que catalitza la primera reacció de fixació és el *fosfoenolpiruvat carboxilasa* (*PEP carboxilasa*), el qual té com a únic substrat el CO_2 , i l'afinitat del qual pel CO_2 és molt més gran que en el cas de la *rubisco*.

En la ruta de Hatch-Slack hi intervenen dos tipus de cèl·lules parenquimàtiques: les **cèl·lules del mesòfil**, que estan en contacte amb les cèl·lules de l'epidermis, i les **cèl·lules de la beina**, que envolten els feixos conductors.



Després de diverses reaccions, es desprèn CO_2 , el qual s'incorpora al cicle de Calvin, i es produeix la síntesi de glúcids.

Les plantes que utilitzen aquesta ruta reben el nom de **plantes C_4** , ja que el primer compost que s'obté com a conseqüència de la fixació del CO_2 està format per quatre àtoms de carboni. En les **plantes C_3** , el CO_2 es fixa mitjançant el cicle de Calvin i el primer compost que s'obté és de tres àtoms de carboni.



Fotografia corresponent al blat de moro, planta C_4 .

Exercicis

1. Completa la taula següent sobre les dues fases de la fotosíntesi:

	Fase dependent de la llum	Fase independent de la llum
Compostos inicials		
Compostos finals		
Localització en els cloroplasts		

2. Explica els aspectes següents sobre la fase dependent de la llum:

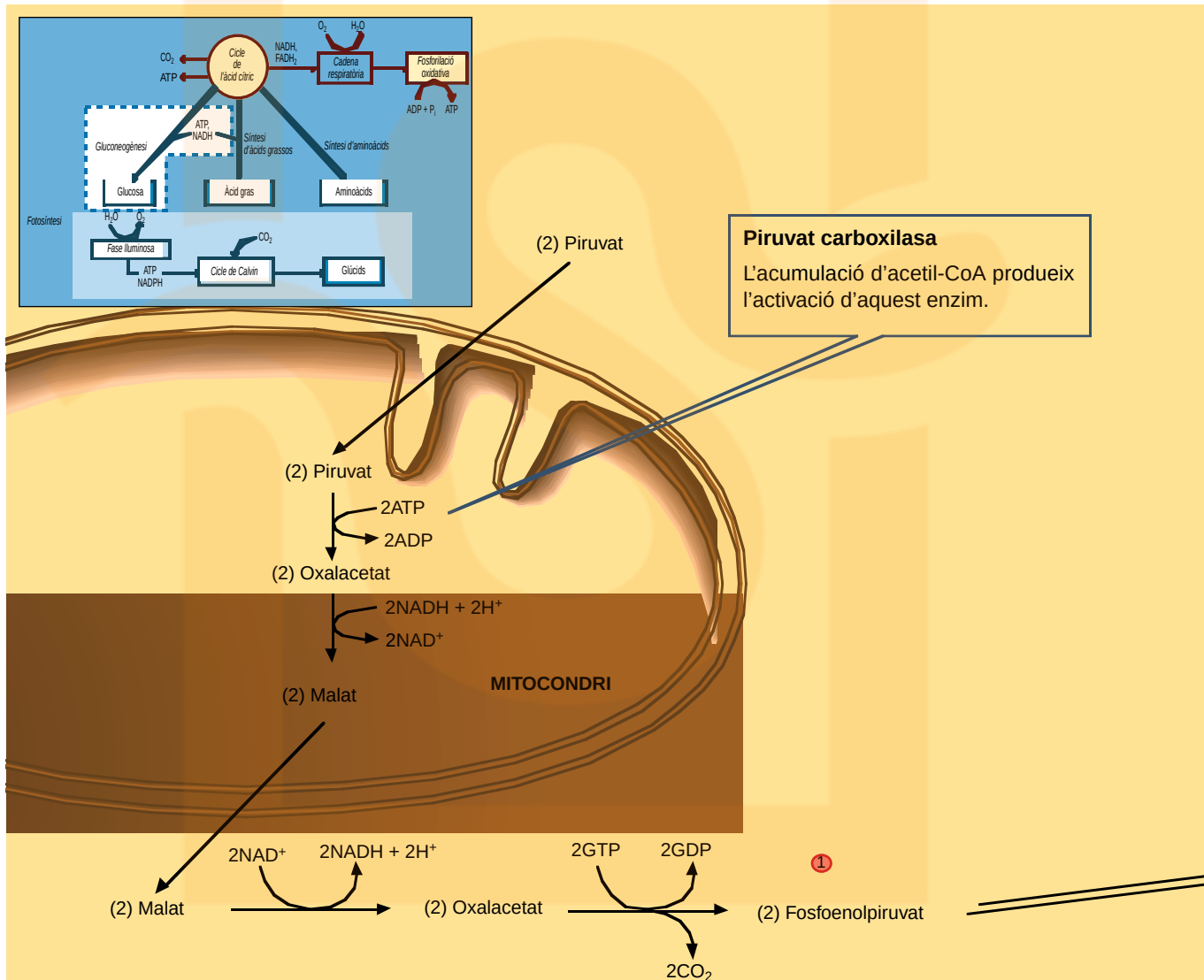
- Compostos que capten la llum i llur localització.
- Relació entre la captació de la llum i el transport d'electrons.
- Compostos que transporten els electrons i llur localització.
- Donador d'electrons i acceptor final d'electrons.
- Creació d'un potencial electroquímic i síntesi d'ATP.

2. Gluconeogènesi

És la ruta anabòlica constituïda per una seqüència de reaccions que condueixen a la formació de **glucosa** a partir de **piruvat**, tal com descriurem a continuació. També pot tenir lloc a partir d'altres compostos precursors, com ara l'àcid làctic o la majoria d'aminoàcids.

Les diverses reaccions de la gluconeogènesi es desenvolupen, en primer lloc, en la **matriu mitocondrial** i, posteriorment, en el **citosol**.

Tot i que en la seva majoria les reaccions d'aquesta ruta són inverses d'altres reaccions de la glucòlisi, hi ha tres passos que no ho són.



1. 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.
 2. 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*.

En nombrosos teixits animals, com ara el cervell, la medul·la renal, els testicles, etc., la glucosa és el principal o l'únic combustible i es necessita en quantitats elevades. Per això és tan important la gluconeogènesi en les cèl·lules.

L'existència de reaccions irreversibles en la gluconeogènesi i en la glucòlisi permet que aquestes rutes es regulin de forma independent.

La gluconeogènesi només es produeix quan a partir de la glucòlisi, del cicle de l'àcid cítric i de la fosforilació oxidativa s'ha obtingut l'energia suficient per a satisfer les necessitats energètiques de la cèl·lula.

3. 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**.

4. La fructosa-6-fosfat origina la *glucosa-6-fosfat* mitjançant una isomerització.

5. La desfosforilació per hidròlisi de la glucosa-6-fosfat en *glucosa* és el **tercer pas irreversible**.

Balanç 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 gluconeogènesi es representa:

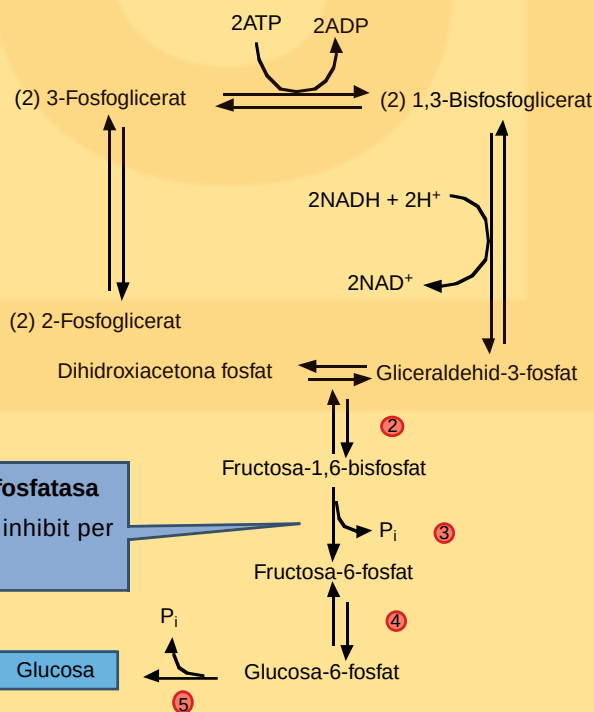


L'excés de glucosa procedent de la dieta o de la gluconeogènesi s'emmagatzema en forma de **glucogen**.

El glucogen és la principal substància de reserva d'energia dels animals i s'emmagatzema principalment al fetge i al múscul esquelètic.

La síntesi de glucogen s'esdevé a partir de la *glucosa-6-fosfat*.

CITOSOL

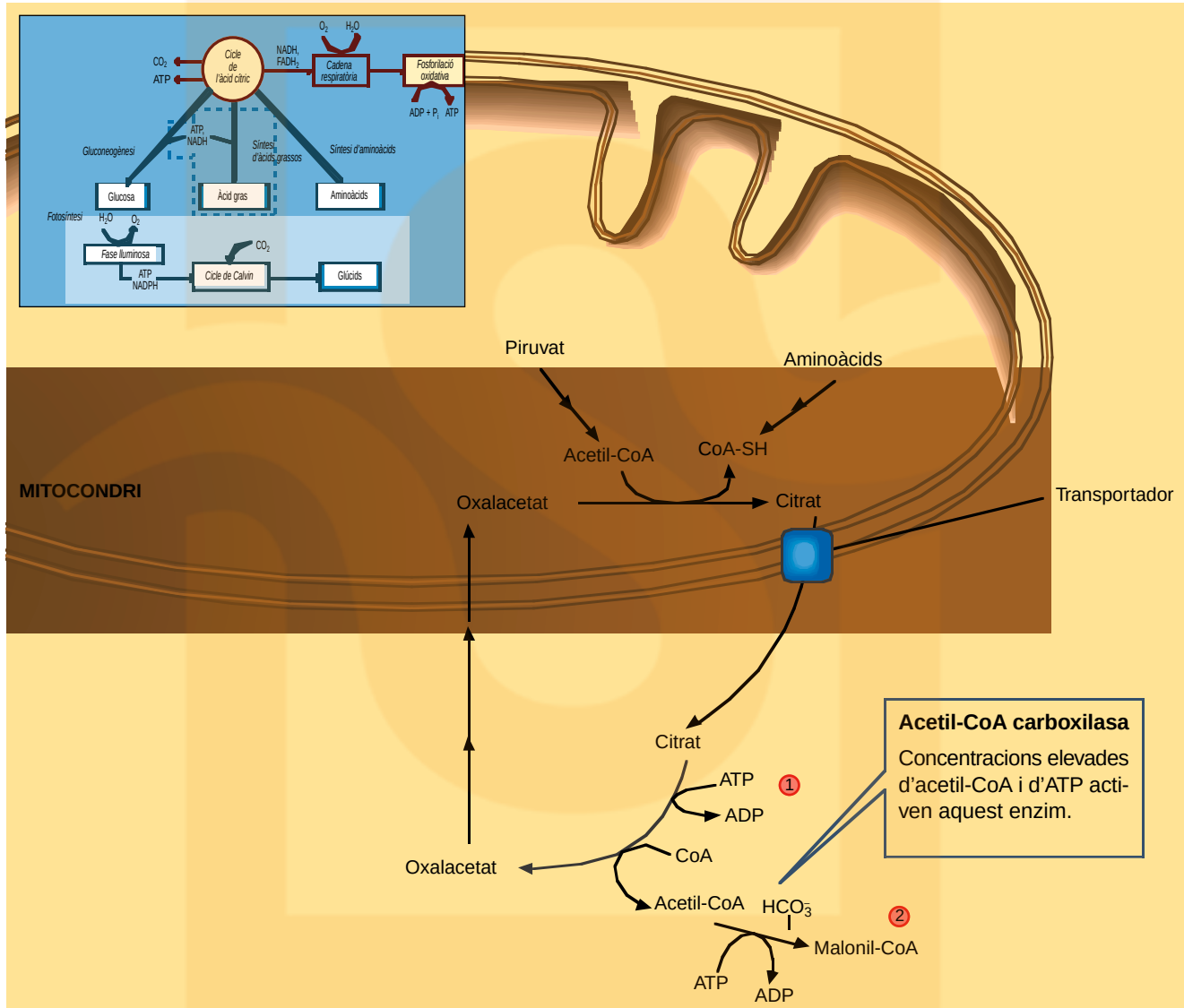


Fructosa-1,6-bisfosfatasa
Aquest enzim és inhibït per l'AMP.

3. Síntesi d'àcids grassos

La síntesi d'**àcids grassos** es produeix a partir d'**acetil-CoA** procedent de l'oxidació del piruvat o del catabolisme dels aminoàcids.

Aquesta ruta anabòlica es desenvolupa en el **citosol** de les cèl·lules animals i en els **cloroplasts** de les cèl·lules vegetals.



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.

Aquest procés permet d'obtenir altres lípids de reserva d'energia, com ara els triacilglicerols, o bé lípids que formen part de les membranes, com ara els glicerofosfolípids.

La síntesi d'àcids grassos es distingeix de la β -oxidació per la localització cel·lular del procés, i també per les reaccions que s'esdevenen en cadascuna d'aquestes rutes. D'aquesta manera, la ruta sintètica i la degradativa es regulen de forma independent.

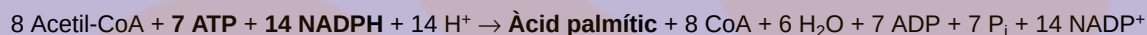
5. Cada repetició de les reaccions que es produeixen des de l'acetil-CoA fins a l'obtenció d'un acil gras-CoA saturat de quatre carbonis augmenta en dos carbonis la longitud de la cadena. Quan la cadena té setze carbonis, s'atura l'activitat del complex àcid gras sintasa i s'allibera l'àcid gras.

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.

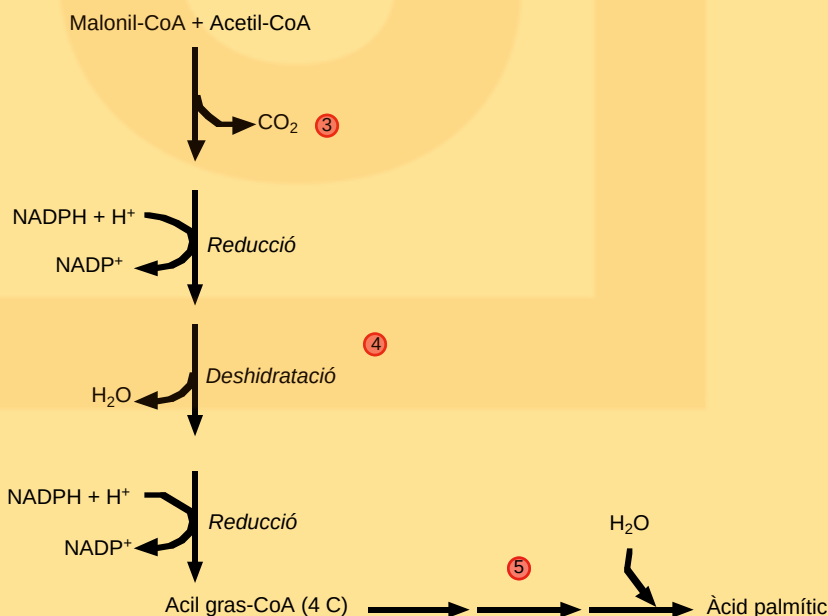
Alguns àcids grassos insaturats, com ara l'àcid *oleic* (18:1 Δ^9), se sintetitzen a partir de l'àcid palmític; en canvi, d'altres s'han d'incorporar en la dieta, com per exemple l'àcid *linoleic* (18:2 $\Delta^{9,12}$).

Balanç 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:



CITOSOL

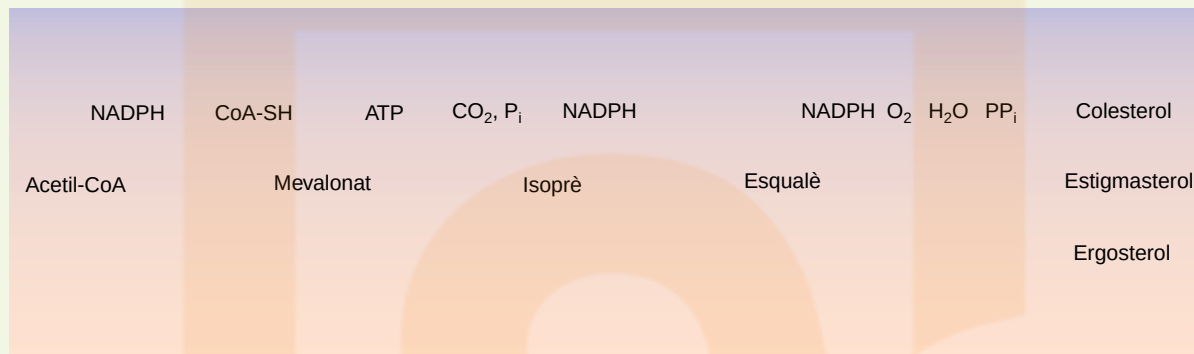


Síntesi de colesterol

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.

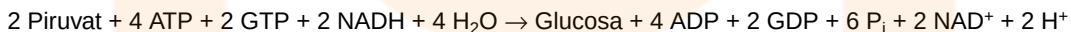
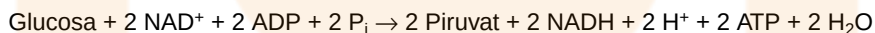


La síntesi de colesterol està regulada per la seva concentració intracel·lular i per hormones com la insulina o el glucagó.

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.

Exercicis

3. Les equacions següents corresponen a la glucòlisi i a la gluconeogènesi.



- Observa els productes inicials i finals en totes dues rutes i raona si es tracta o no de dos processos exactament inversos.
 - Esmenta les reaccions de la glucòlisi que són diferents en la gluconeogènesi i explica el perquè de l'existència d'aquestes diferències.
 - Pensa i descriu una situació metabòlica que afavoreixi el predomini de la glucòlisi respecte de la gluconeogènesi i una altra situació metabòlica que afavoreixi el predomini de la gluconeogènesi respecte de la glucòlisi.
4. Llegeix el text següent:

Algunes espècies que hibernen, com per exemple els óssos, incorporen en la dieta una gran quantitat de glúcids durant el període d'alimentació intensiva. A partir dels glúcids es formen grans quantitats d'àcids grassos que s'emmagatzemen en forma de triacilglicerols.

- A quins processos metabòlics que hem estudiat en aquesta unitat i en l'anterior es refereix el text?
- Quin compost és comú en aquests processos?

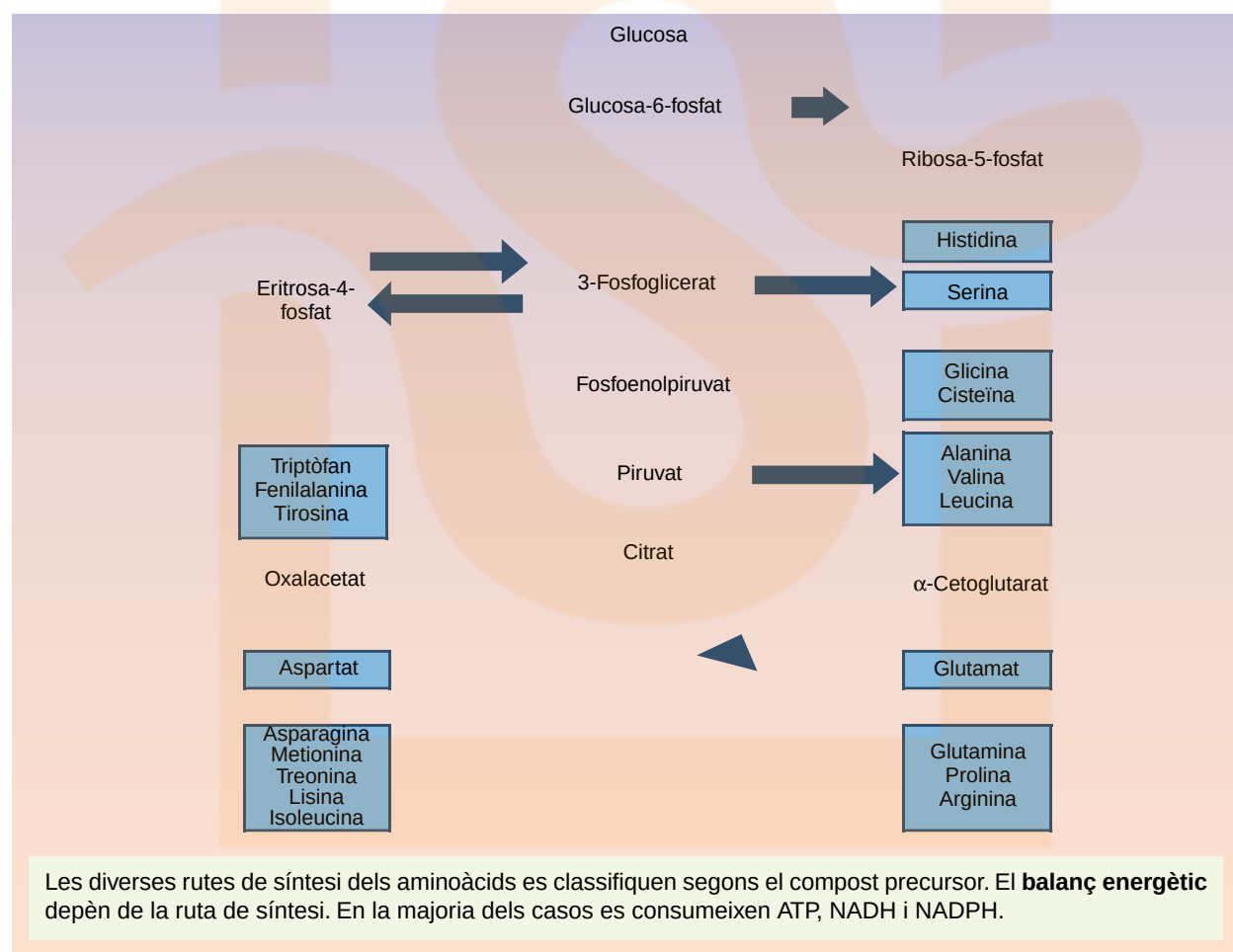
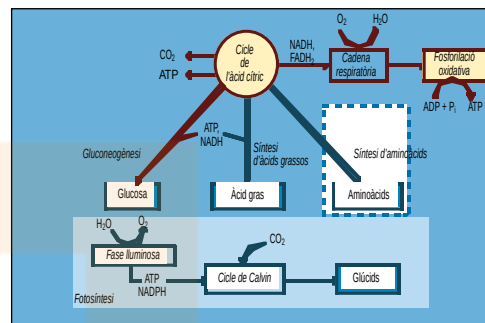
4. Síntesi d'aminoàcids

Els **aminoàcids** es formen, principalment, a partir de **compostos intermedis de la glucòlisi**, com per exemple el 3-fosfoglicerat, o bé a partir d'**intermedis del cicle de l'àcid cítric**, com ara l'oxalacetat.

Només alguns bacteris poden convertir el N_2 atmosfèric en amoníac. Les plantes incorporen l'amoníac als aminoàcids en forma de grups amina. Els animals utilitzen aquests grups amina per a la síntesi d'altres aminoàcids.

La transferència dels grups amina es produeix mitjançant reaccions de **transaminació** acoblades a les reaccions de síntesi dels diversos aminoàcids.

A continuació mostrem les rutes de síntesi dels aminoàcids.



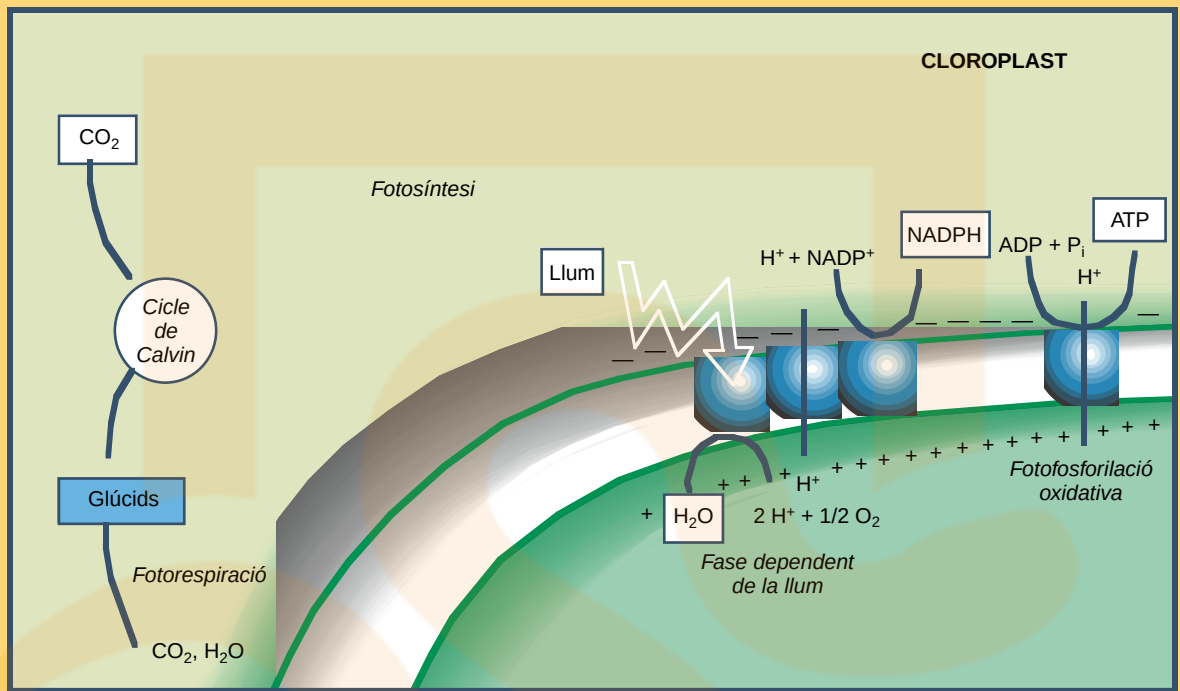
Les diverses rutes de síntesi dels aminoàcids es classifiquen segons el compost precursor. El **balanç energètic** depèn de la ruta de síntesi. En la majoria dels casos es consumeixen ATP, NADH i NADPH.

Síntesi de nucleòtids

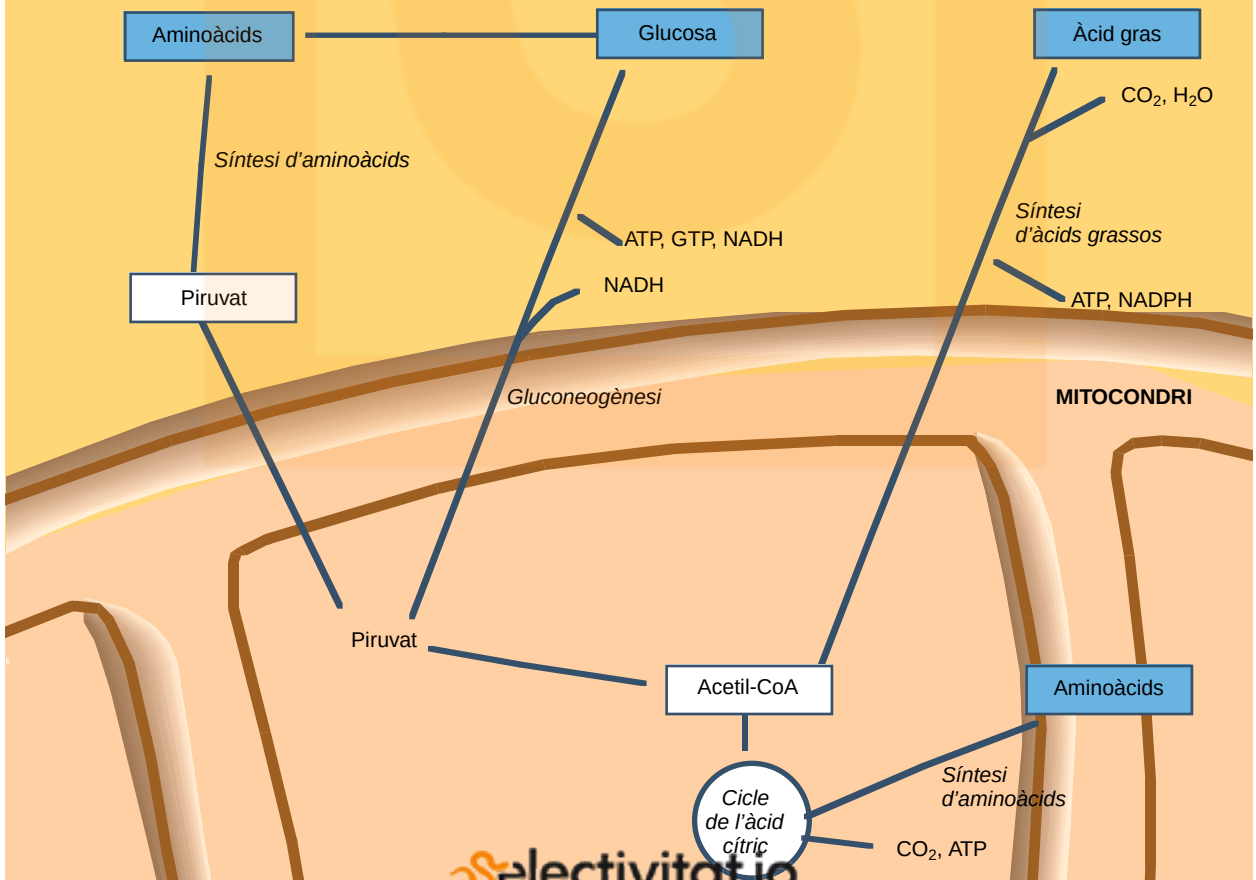
Els nucleòtids es poden sintetitzar mitjançant les anomenades vies de recuperació, és a dir, a partir de bases nitrogenades i nucleòsids procedents de la degradació dels àcids nucleics, o bé sense utilitzar compostos reciclats. En aquest darrer cas, els compostos precursors són els *aminoàcids*, la *ribosa-5-fosfat*,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

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.

QUADRE RESUM DE L'ANABOLISME



CITOSOL



Activitats de síntesi

1. Compara el flux d'electrons i la fotofosforilació oxidativa de la fotosíntesi amb la cadena respiratòria i la fosforilació oxidativa. Tingues en compte els aspectes següents:

- Organismes en què s'esdevé.
- Localització cel·lular.
- Donadors i acceptors d'electrons.
- Producció d'un potencial electroquímic.

2. Completa la taula següent.

Procés	Compost inicial	Compost final	Localització cel·lular
Gluconeogènesi			
Síntesi d'àcids grassos			

3. En què consisteix la fotorespiració? Quines diferències hi ha entre les plantes C_3 i les plantes C_4 ?

4. Completa l'esquema següent sobre l'anabolisme.

- Els requadres vermells corresponen a noms de compostos.
- Els requadres blaus corresponen a noms de processos anabòlics.

5. Raona si es poden produir alhora els processos següents:

- Cicle de l'àcid cítric, cadena respiratòria, fosforilació oxidativa i fotosíntesi.
- Gluconeogènesi i fotosíntesi.

6. Explica quines són les diferències principals entre la β -oxidació i la síntesi d'àcids grassos.

7. A partir dels esquemes de síntesi i degradació d'aminoàcids, explica quins compostos participen en la degradació i la síntesi de la fenilalanina i de la serina.

8. A partir de l'esquema del catabolisme de la pàgina 42 de la unitat anterior i de l'esquema de l'anabolisme de la pàgina 60 d'aquesta unitat, formeu parelles i feu un esquema conjunt del metabolisme de glúcids i lípids. L'esquema ha de contenir la informació següent:

- Nom de les principals rutes catabòliques i anabòliques.
- Compostos inicials i finals de les rutes.
- ATP, NADH o NADPH produïts o consumits.
- Localització cel·lular dels processos.
- Quan hàgiu acabat l'esquema, intercanvieu-lo amb una altra parella.
- Feu-hi les correccions oportunes.
- Comenteu-les amb l'altra parella.

