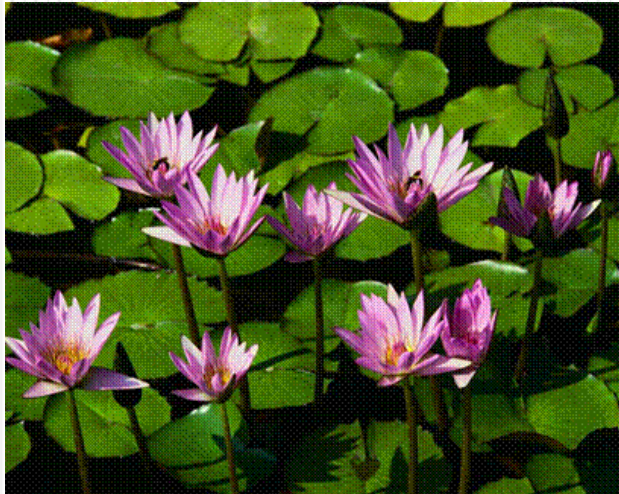


Prof. M. Carmen Cerdà

Tema 13. Anabolisme



INDEX

- **1. NUTRICIÓ. TIPUS**
- **2. ANABOLISME**
- **3. LA FOTOSÍNTESI**
- **4. IMPORTÀNCIA DE LA FOTOSÍNTESI**
- **5. TIPUS DE FOTOSÍNTESI**
- **6. PIGMENTS FOTOSINTÈTICS**
- **7. ETAPES DE LA FOTOSÍNTESI**
 - 7.1. FASE LLUMÍNICA**
 - 7.2. FASE FOSCA**
- **8. FOTOSÍNTESI ANOXIGÈNICA BACTERIANA**
- **9. FOTORESPIRACIÓ**
- **10. FACTORS QUE INFLUEIXEN EN LA FOTOSÍNTESI**
- **11. QUIMIOSÍNTESI**
- **12. ANABOLISME HETERÒTROF**

1. NUTRICIÓ

- Qualsevol ésser viu necessita prendre matèria i energia per sintetitzar les seues biomolècules i estructures cel·lulars.
- **Segons la forma d'obtenir el carboni** els éssers vius es classifiquen en:
 - ✓ **Autòtrofs** (a partir del CO_2)
 - ✓ **Heteròtrofs** (a partir de molècules orgàniques)
- **Segons la forma d'obtenir l'energia** (ATP) els éssers vius es classifiquen en:
 - ✓ **Fotòtrofs** (utilitzen l'energia lluminosa per obtenir ATP)
 - ✓ **Quimiòtrofs** (obtenen ATP a partir de l'energia química que tenen els enllaços de les molècules que oxiden). Si són inorgàniques, s'anomenen quimiolitòtrofs.

TIPUS DE NUTRICIÓ SEGONS LA FONT D'ENERGIA I DE CARBONI

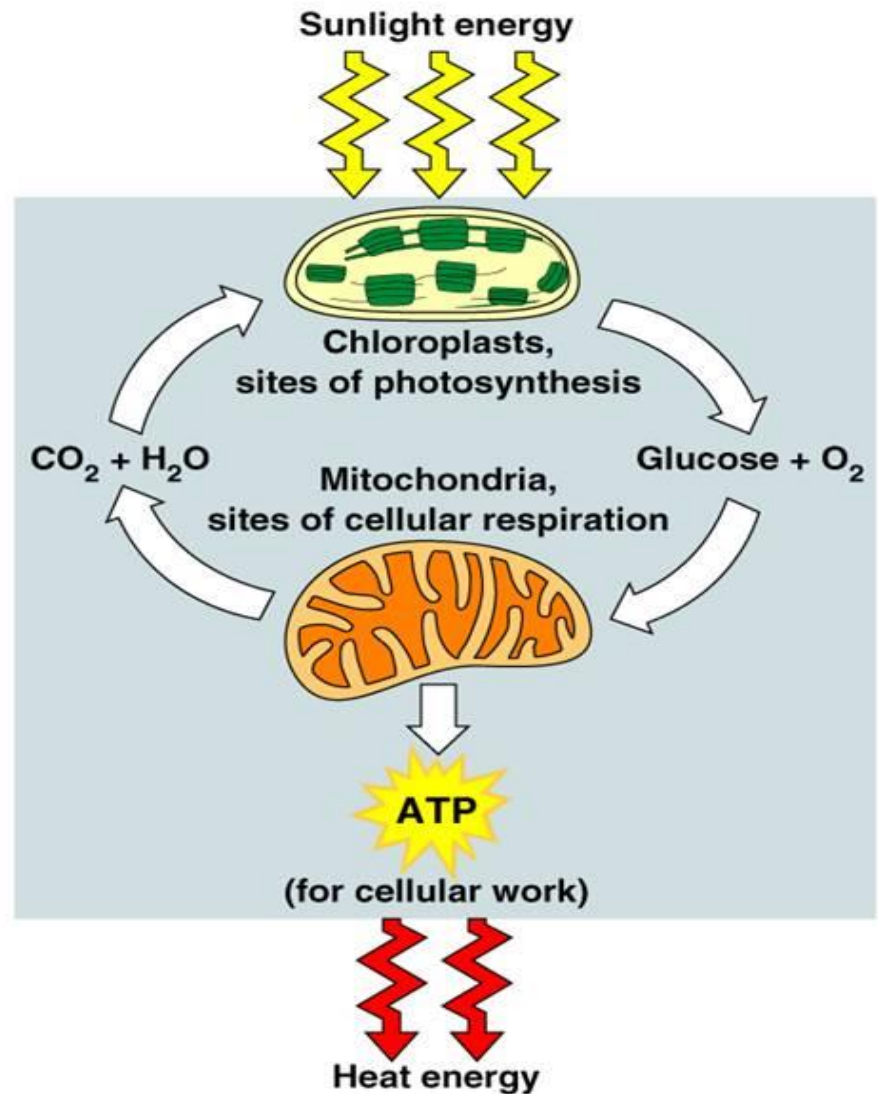
	Font d'E	Font de C	Organismes
Fotoautòtrofs	llum	CO ₂	Plantes, bact. fotosintètics, algues
Quimioautòtrofs	Oxidació de MI (quimiolitòtrofs) o MO	CO ₂	Bact. quimiolitòtrofs
Fotoheteròtrofs	llum	M.Organ.	Bacteris
Quimioheteròtrofs	Oxidació de MO	M. Organ.	Animals, fongs, bacteris i protoctist

2. ANABOLISME

- Ruta de **síntesi de molècules complexes a partir de molècules senzilles**. Conjunt de processos bioquímics pels quals les c sintetitzen la majoria de les substàncies que les formen. **Requereixen una aportació d'energia**, amb la hidròlisi de l'**ATP**. També **es necessita poder reductor NADH o NADPH** per aconseguir els e⁻ i començar les reduccions.
- Processos anabòlics són:
 - Fotosíntesi**
 - Quimiosíntesi**
 - Anabolisme heteròtrof**

3. LA FOTOSÍNTESI

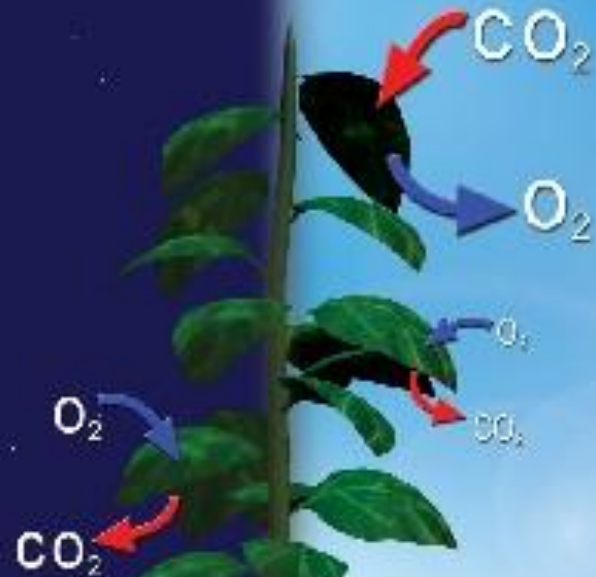
- És un procés anabòlic pel qual les plantes, les algues i alguns bacteris (cianobacteris) poden transformar l'energia de la llum en energia química, emmagatzemar-la en forma d'ATP i utilitzar-la després per a sintetitzar les molècules orgàniques.



NOCHE
Respiración



DIA
Predominio
fotosíntesis



MACROELEMENTOS:
N, P, K, Ca, Mg, S



MICROELEMENTOS:
Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo



DIÓXIDO DE CARBONO



AGUA

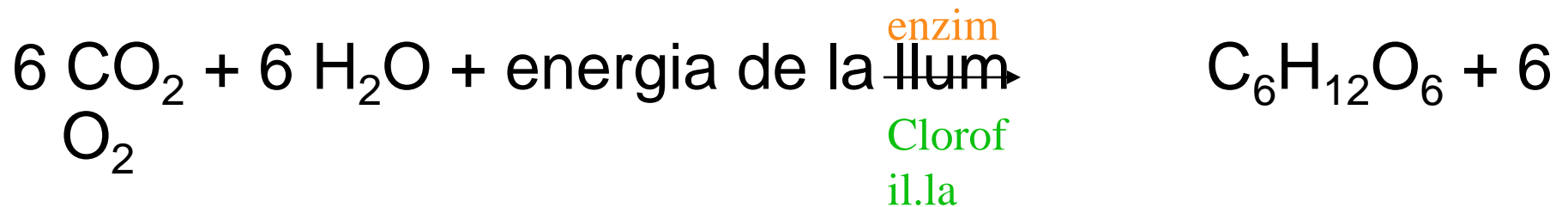


OXÍGENO

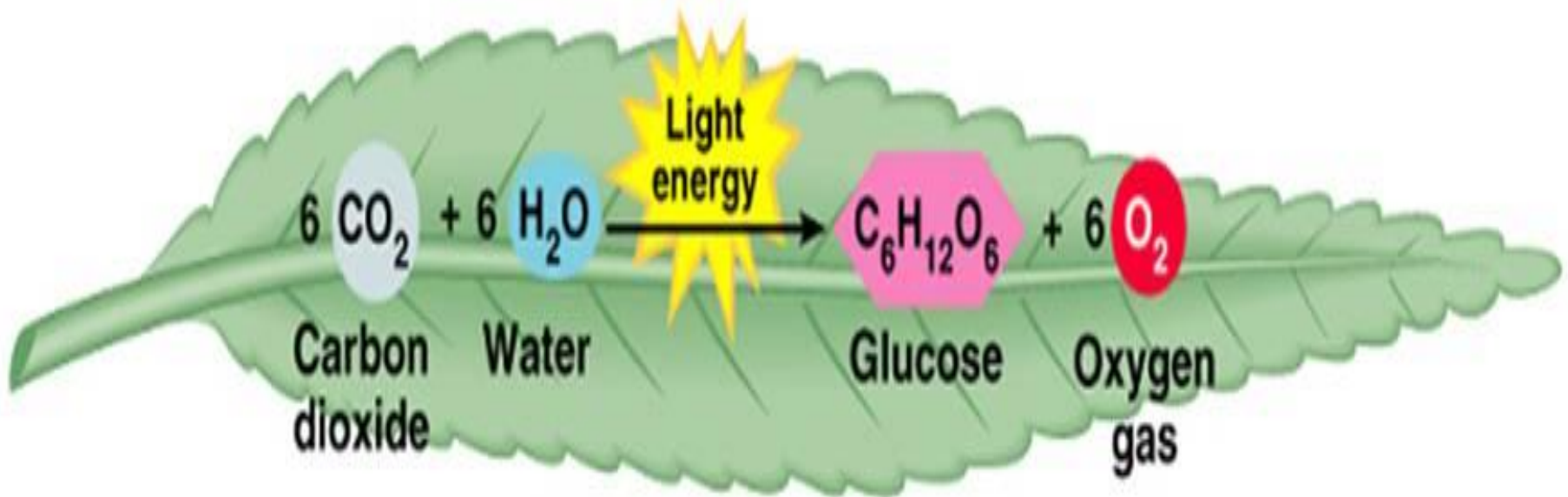


FOTOSÍNTESI

La fotosíntesi és un procés complex. La **reacció general** es pot resumir així:



La fotosíntesi, és una reacció exergònica o endergònica?



PHOTOSYNTHESIS

©Addison Wesley Longman, Inc.

Equació de la fotosíntesi

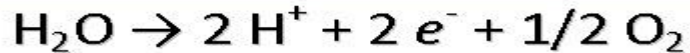
4. IMPORTÀNCIA DE LA FOTOSÍNTESI

- La vida al planeta depèn dels organismes fotosintètics. Són els productors primaris de les cadenes tròfiques de tots els ecosistemes. En els terrestres, les plantes i en els aquàtics, les algues i fitoplàncton.
- Gràcies a la fotosíntesi oxidant l'atmosfera va passar de ser reductora a ser oxidant
- La vida a la Terra no va ocórrer fins que no va haver prou O_2 i es va formar la capa d'ozó.
- El consum del CO_2 disminueix l'efecte d'hivernacle.

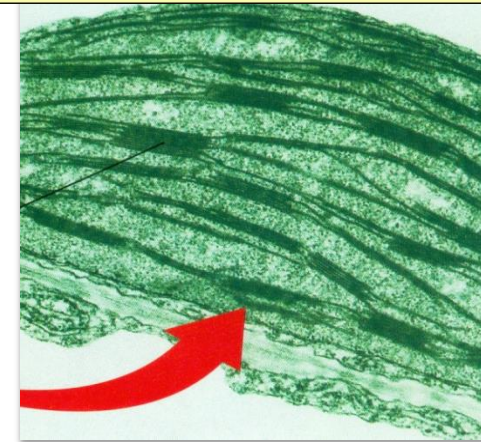
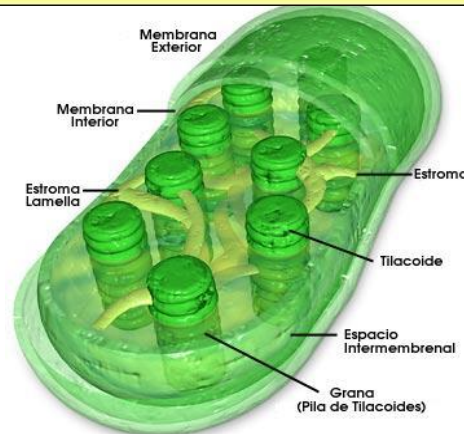
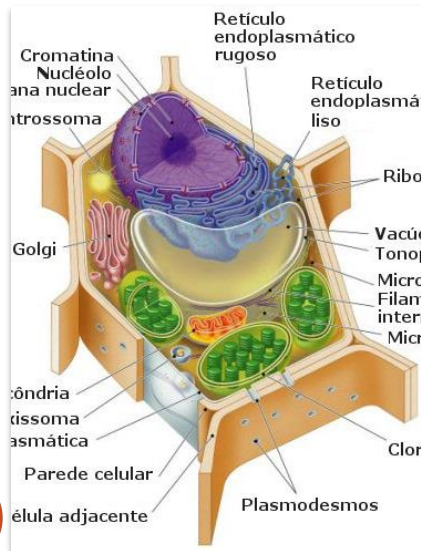
5. TIPUS DE FOTOSÍNTESI

- Segons la molècula donadora d'e⁻ la fotosíntesi pot ser:
 - **Oxigènica**: els e⁻ s'obtenen d'una molècula d'H₂O i s'allibera O₂ al medi. **Plantes, algues i cianobacteris**
 - **Anoxigènica**: els e⁻ s'obtenen de compostos de sofre, carboni o hidrogen i no s'allibera oxigen, ja que l'H₂O no és el donador d'e⁻. **Bacteris púrpura i verds del sofre** que viuen en aigües sulfurades

Fotosíntesis Oxigènica



Fotosíntesis Anoxigènica

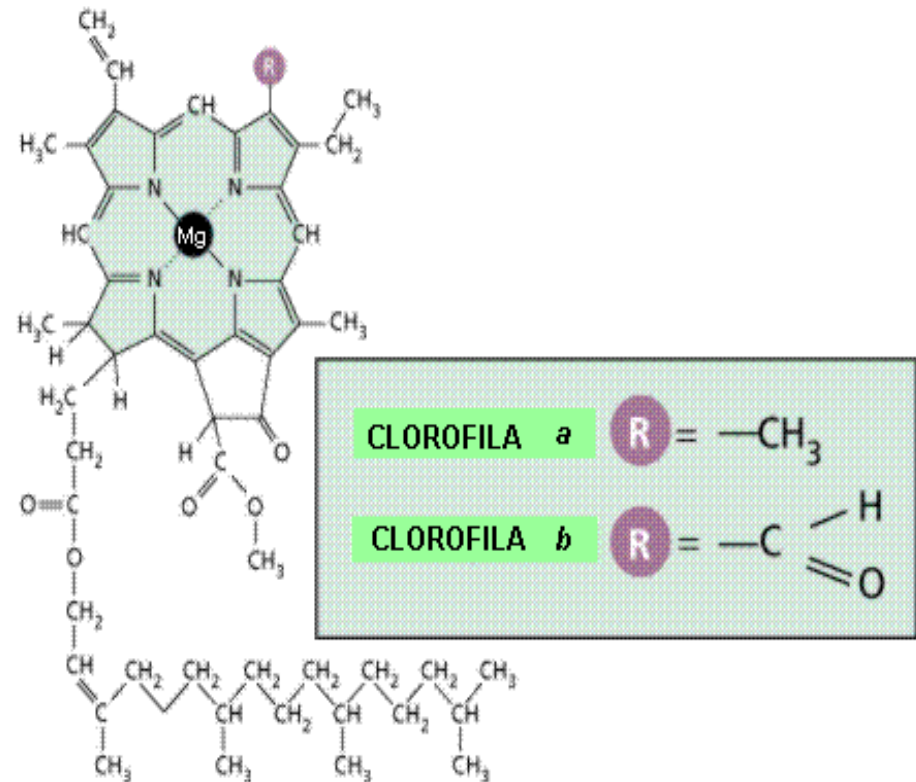


On més cloroplasts hi ha és en les cèl·lules vegetals del teixit parenquimàtic de les fulles.

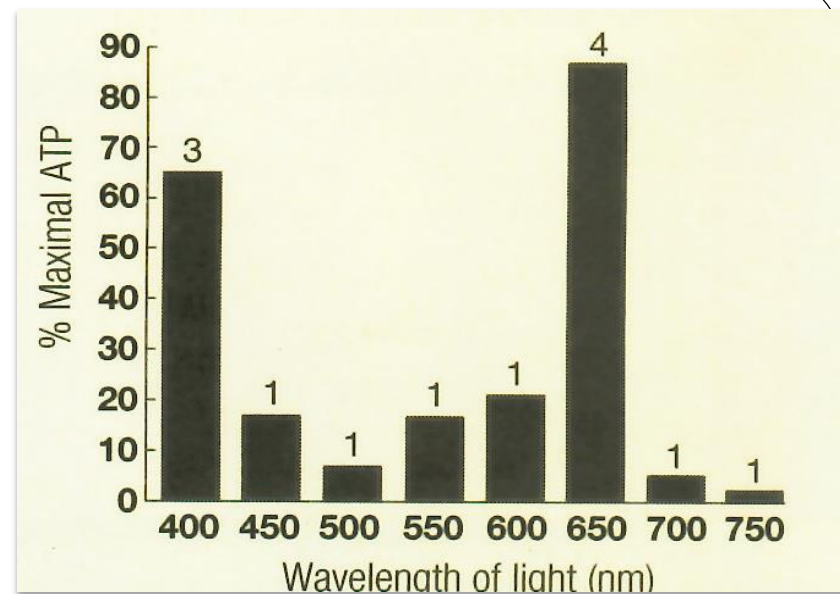
6. PIGMENTS FOTOSINTÈTICS:

6.1. CLOROFIL·LA

- Hi ha diverses classes que s'anomenen com a, b, c y d.
- Alguns bacteris tenen una classe de clorofil·la que no està en les plantes ni en les algues.
- Totes les molècules de clorofil·la tenen magnesi (Mg).

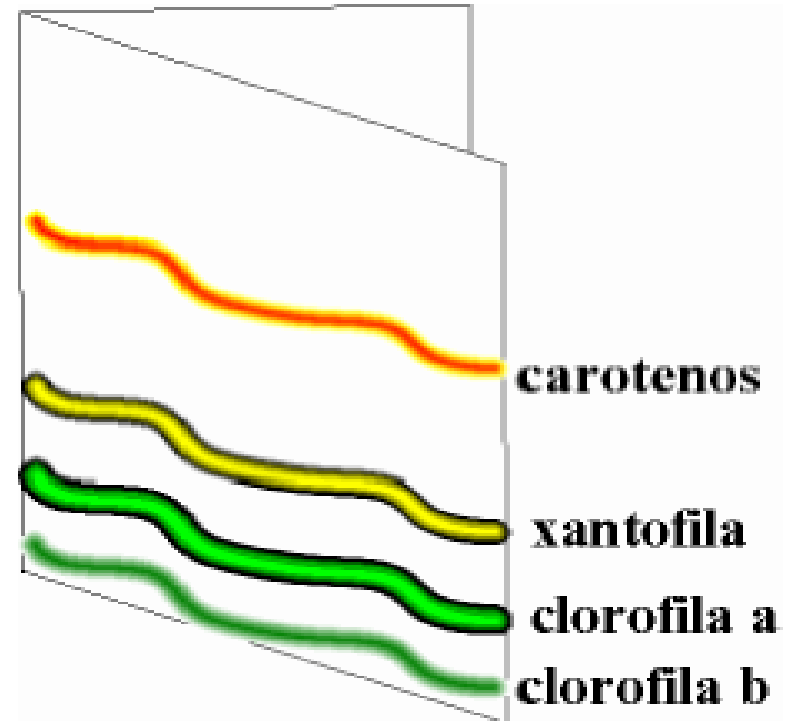
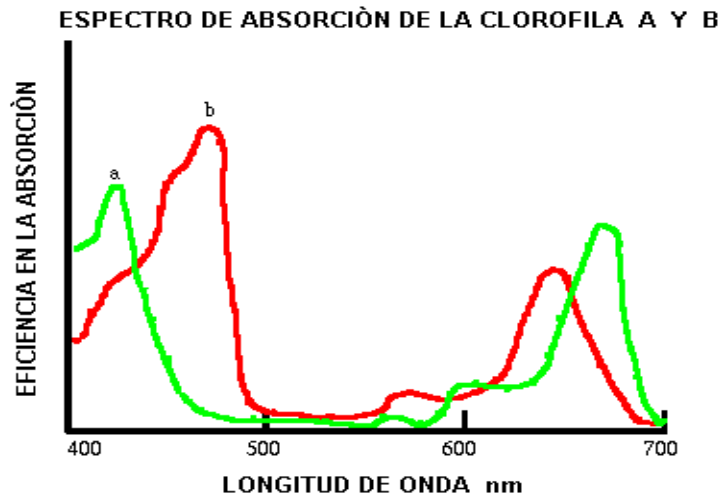


PIGMENT	COLOR
Clorofil.la A	Verd blavós
Clorofil.la B	Verd oliva
Beta carotens	Taronja
Xantofil.es	Groc



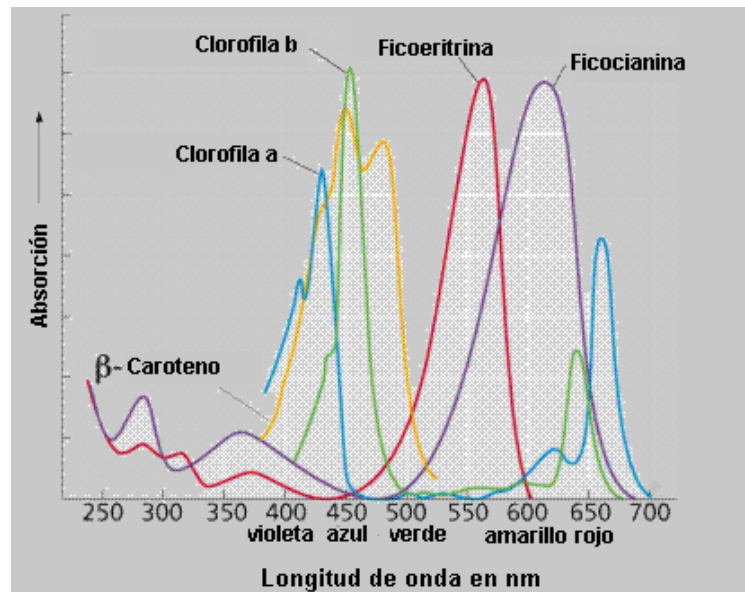
Pigments

fot



6.2. CAROTENOIDS

- Els autòtrofs també tenen uns pigment anomenats carotenoids que poden ser taronja, groc o roig.
- El color verd de la clorofil·la generalment emmascara aquestos pigments, que poden vore's en la tardor quan disminueix la quantitat de clorofil·la.
- Els carotenoids també absorbeixen llum però són menys importants que la clorofil·la en aquest procés.



7. Etapes de la fotosíntesi

- Consta de dues etapes, que ocorren en c eucariotes en els **cloroplastos** :
 - **Fase lumínica:** en la **mb tilacoidal**. És imprescindible la llum i s'obté ATP i NADPH
 - **Fase obscura:** en l'**estroma**. No és necessita la llum. Es produeix la biosíntesi de compostos orgànics a partir del CO_2 utilitzant l'ATP i el NADPH de la fase lumínica.

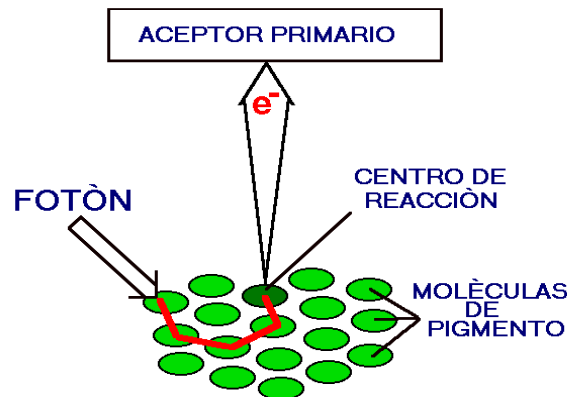
7.1. FotoS: fase lumínica

- Ocorren tres processos:
 - A. Captació d'E Iluminosa
 - B. Transport d'e-
 - C. Síntesi d'ATP o fotofosforilació

7.1. FotoS: fase lumínica.

A. Captació d'energia

- Els pigments que capten la llum són les clorofil·les i els carotenoids.
 - **les clorofil·les** són lípids insaponificables, diterpens (4 molèc d'isoprè) i tenen un àtom de Mg i l'alcohol fitol. Les + importants són la a i la b
 - **Els carotenoids** són pigments accessoris, lípids insaponificables, tetraterpens (8molèc d'isoprè).
- Tot el conjunt de pigments s'anomena **complexos antena**. Absorbeixen l'energia lumínica i la transfereixen a una molèc especial de clorofil·la a, el **centre de reacció**.



7.1.FotoS: fase lumínica.

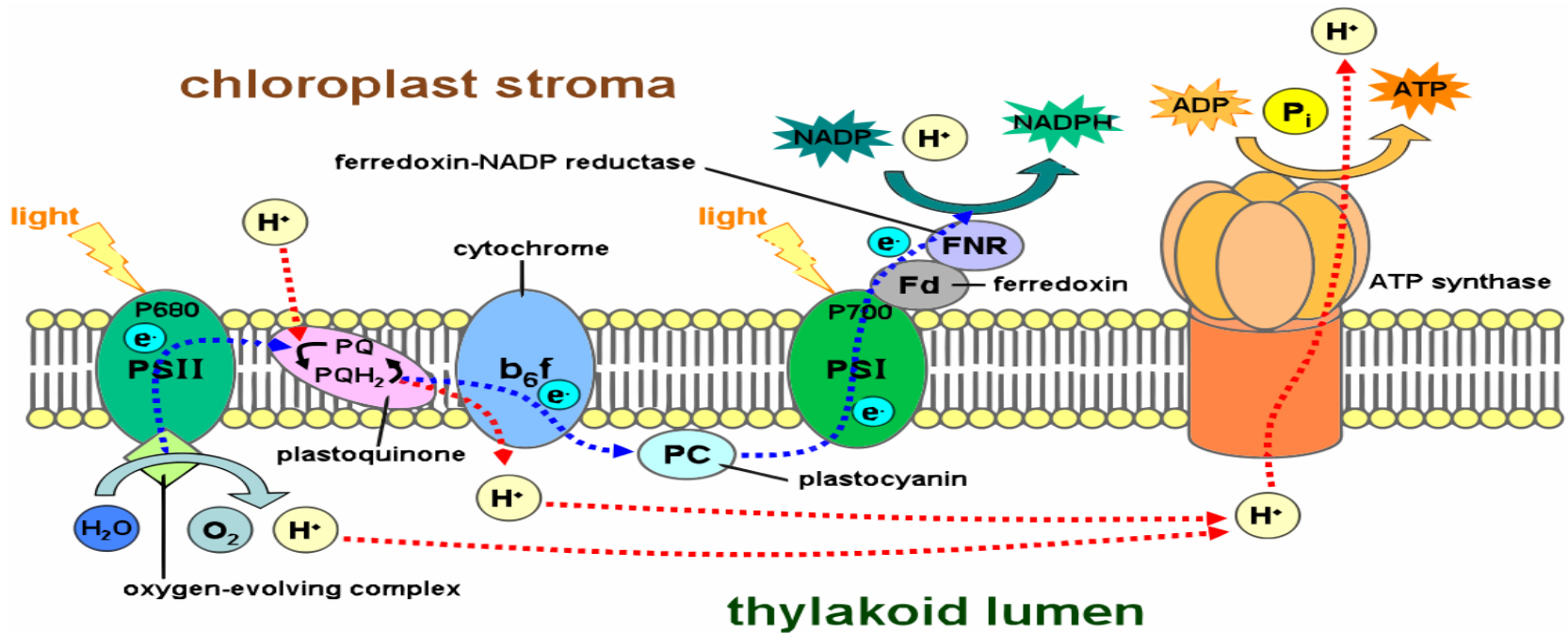
B. Transport d'e⁻

- L'energia dels fotons de la llum exciten al centre de reacció (clorofil.a a) i transporten e⁻ a nivells energètics més alts. Transport en contra de gradient redox (costera amunt) des de l'aigua fins el NADP⁺ , aleshores **els e⁻ s'han d'impulsar amb l'energia lluminosa**
- Intervenien en aquest transport els **fotosistemes**, conjunt molecular format per proteïnes transmembranoses que contenen pigments fotosintètics organitzats en 2 subunitats funcionals ubicades en la membrana tilacoidal:
 - ❑ **Complexe captador de lumm o antena:** centenars de molècules de clorofil.a a i b i carotenoids que capten la llum i la transmeten a la clorofil.a a del centre de reacció
 - ❑ **Centre de reacció:** conté el pigment diana (tipus especial de clorofil.a a) que pot transferir e⁻ a un acceptor i posar en marxa la cadena de transport electrònic.
- En plantes i cianobacteris hi ha dos tipus de fotosistemes:
 - ❖ P700 o fotosistema I
 - ❖ P680 o fotosistema II

7.1. FotoS: fase lumínica.

B. Transport d'e⁻

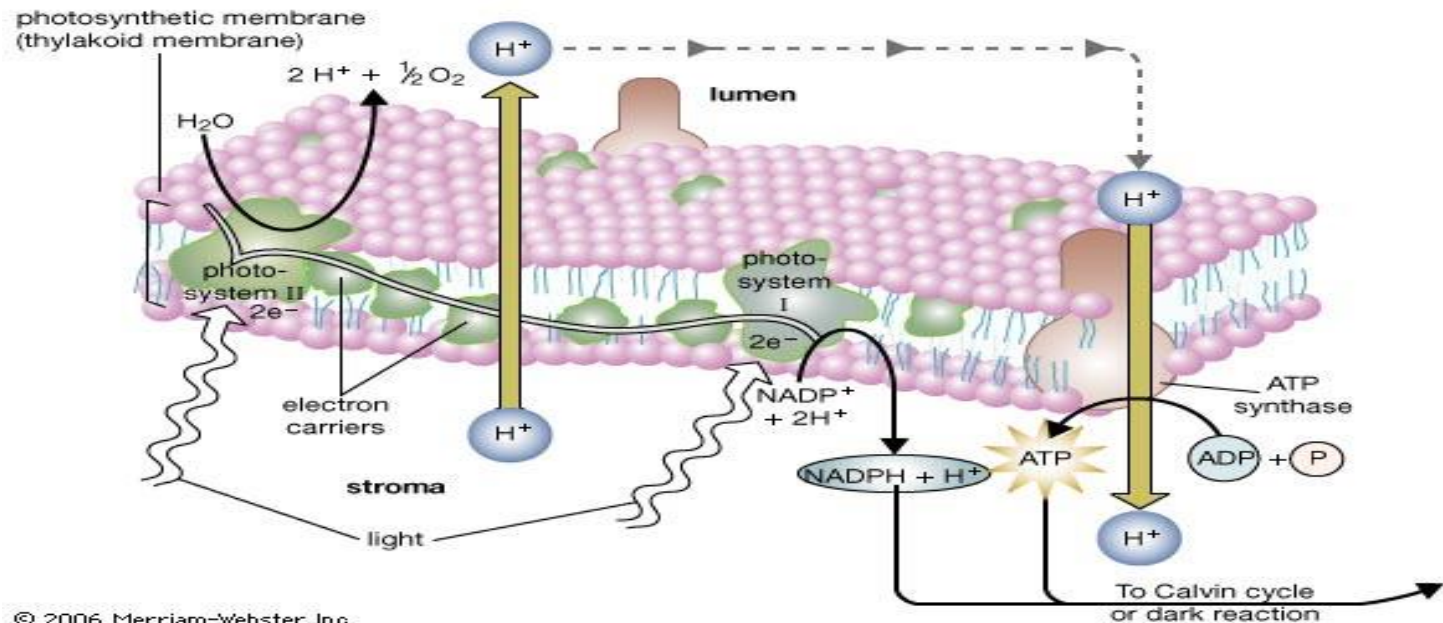
- Els dos PS estan connectats mitjançant una **cadena de molècules transportadores d'e⁻**
- La llum excita els dos fotosist PSI i PSII. Cedeixen e⁻ a la cadena de transportadors situada en la mb tilacoidal.
- Els e⁻ perduts pel PSI són reposats pels e⁻ del PSII i aquest rep els e⁻ de l'aigua, que és el donador electrònic, procés anomenat fotòlisi de l'aigua i s'allibera O₂.
- **L'últim acceptor d'e⁻ és l'NADP⁺** que es redueix i forma NADPH.

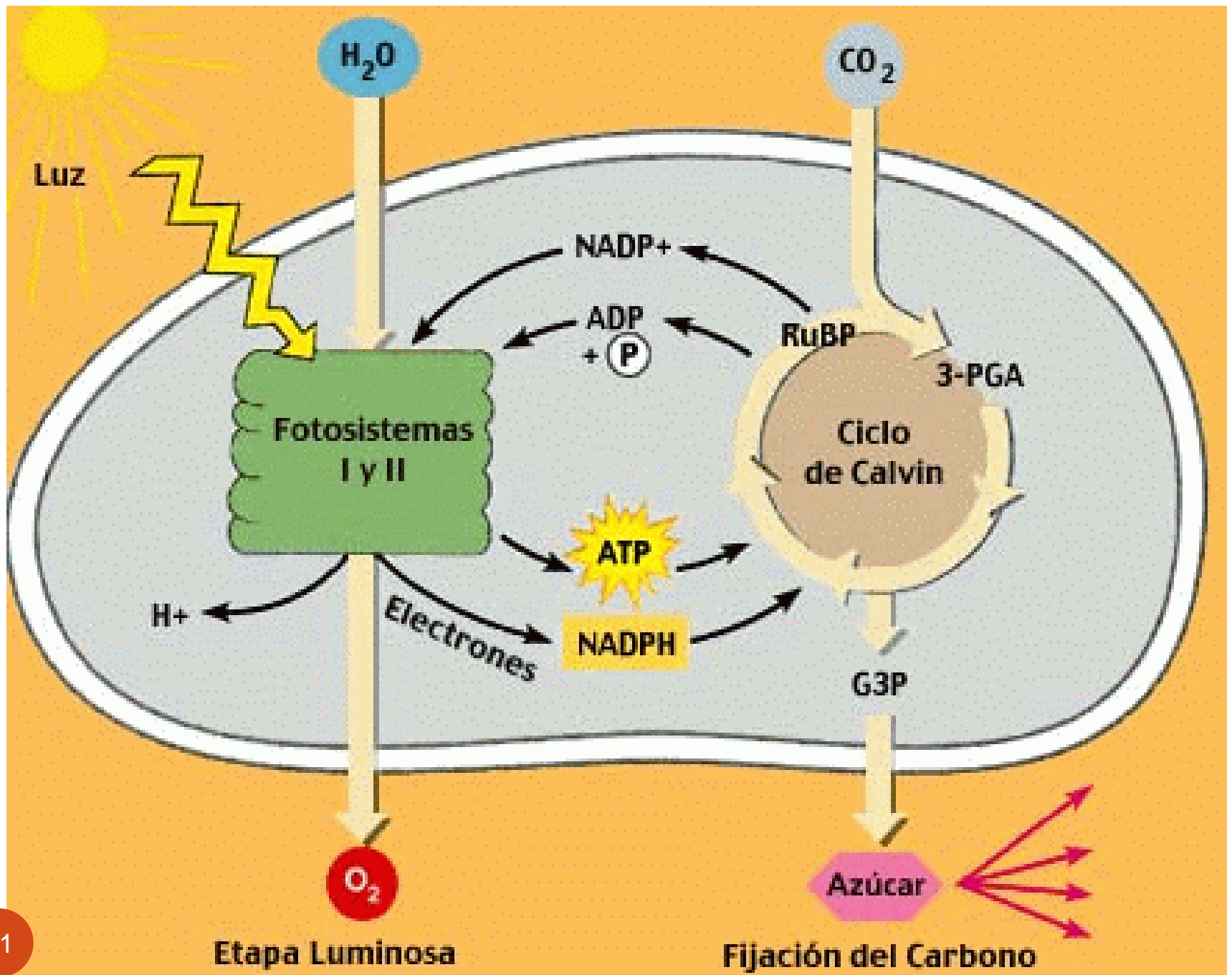


7.1. FotoS: fase lumínica.

C. Síntesi d'ATP o fotofosforilació

- El fluxe que es produeix en la cadena de transport que connecta els dos fotosistemes, genera un **gradient quimioosmòtic de H⁺** entre la mb tilacoidal i el lumen.
- Els H⁺ tornen del lumen a l'estroma a través de les **ATPases**, proteïnes de la mbr tilacoidal i l'energia s'empra per a impulsar la fosforilació de l'ADP i s'obté ATP. Aquest procés és la **fotofosforilació**. (procés semblant a la fosforilació oxidativa en mitocondris)



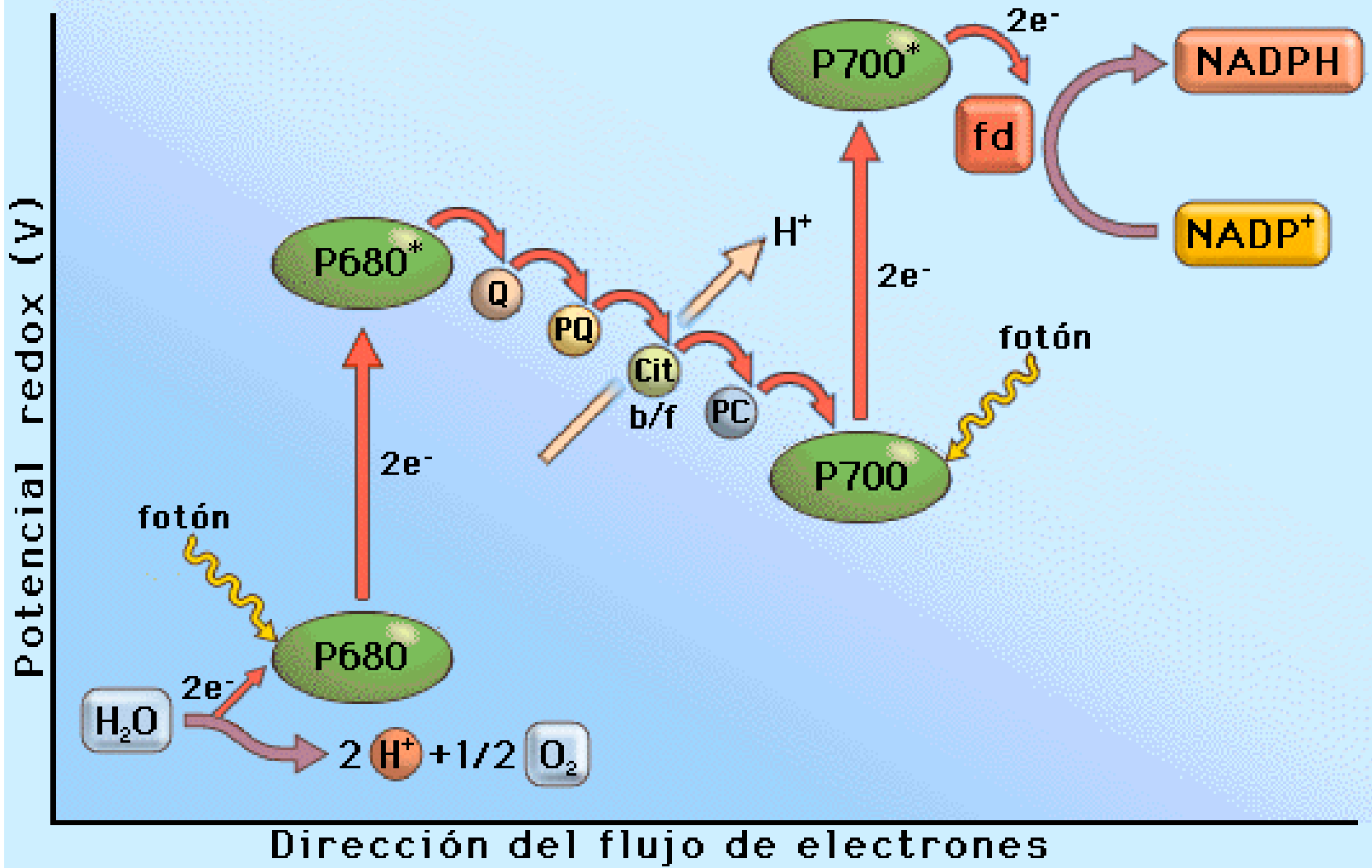


Fotofosforilació . Modalitats

Fotofosforilació no cíclica o esquema Z:

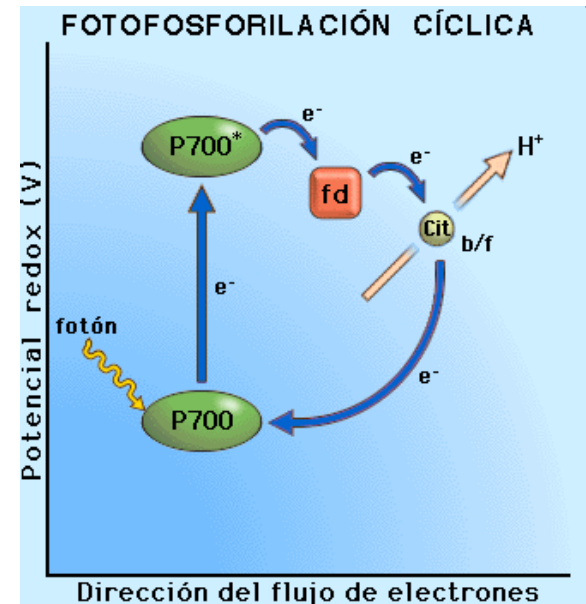
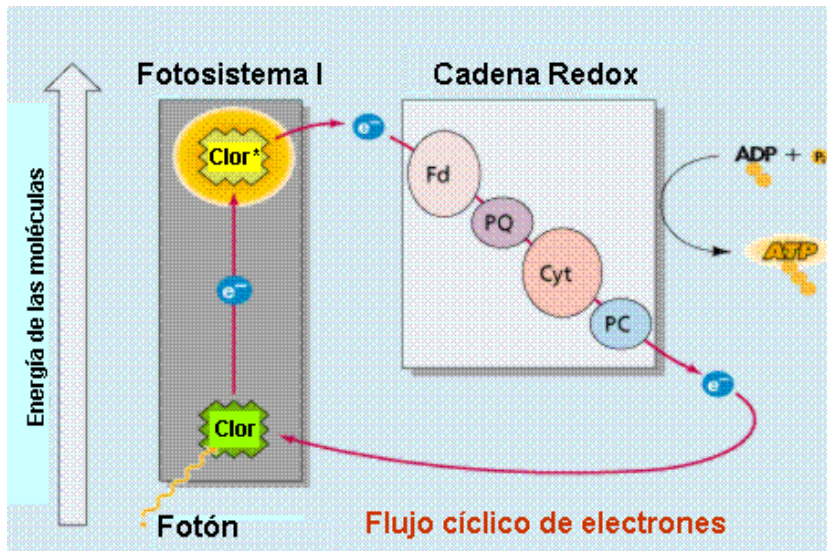
- ✓ Intervenien els **fotosistemes I i II**
- ✓ Hi ha producció d' **ATP i NADH**
- ✓ Quan el F I rep la llum , la clorofil.la P700 cedeix 2 e- a una cadena de transport e- , on l' últim acceptor és el NADP+ que pren 2H+ de l' estroma per formar NADPH
- ✓ El buit d' e- del F I és reposat pels e- procedents de la clorofil.la P680 del F II, a través d' una cadena de transport d' e-.
- ✓ El buit d' e- del F II és reposat amb els e- procedents de l' aigua (**fotòlisi de l' aigua** dins del tilacoide, que despren O₂)
- ✓ El recorregut dels e- a través de la cadena allibera energia, utilitzada pel complexe citocrom b-f per a bombar H+ cap a l' interior del tilacoide, creant un gradient de H+
- ✓ Aquests tornen a l' estroma a través de l' ATPasa, produint per cada 3 H+ \longrightarrow 1 ATP

FOTOFOSFORILACIÓN NO CÍCLICA



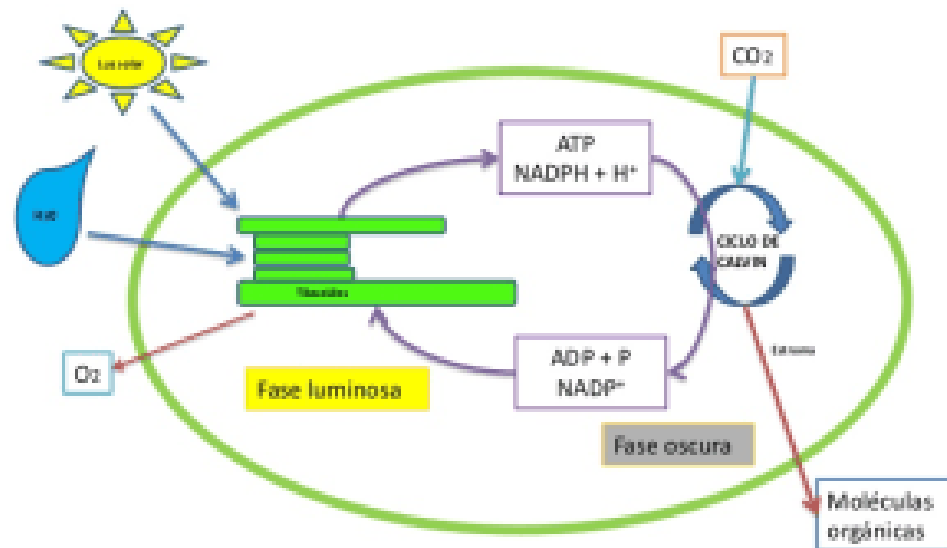
Fotofosforilació cíclica:

- ✓ En les c vegetals sol haver-hi més demanda d'ATP que de NADPH.
- ✓ En la **fotofosforilació cíclica** s'obté **ATP** però no poder reductor. Sols participa el **PSI (P700)**.
- ✓ Els e^- fan un recorregut cíclic, ixen de la clorofil·la a del centre de reacció del PSI i retornen a ella mateixa passant pel complex citocrom b-f, que crea el gradient de H^+ que permet la síntesi d'ATP per l'ATPasa. Actua com a donadora i acceptora. **No es produeix** oxidació ni reducció neta de cap compost i aleshores no es forma **NADPH**.
- ✓ No es despren O_2 (**no hi ha fotòlisi de l'aigua**)



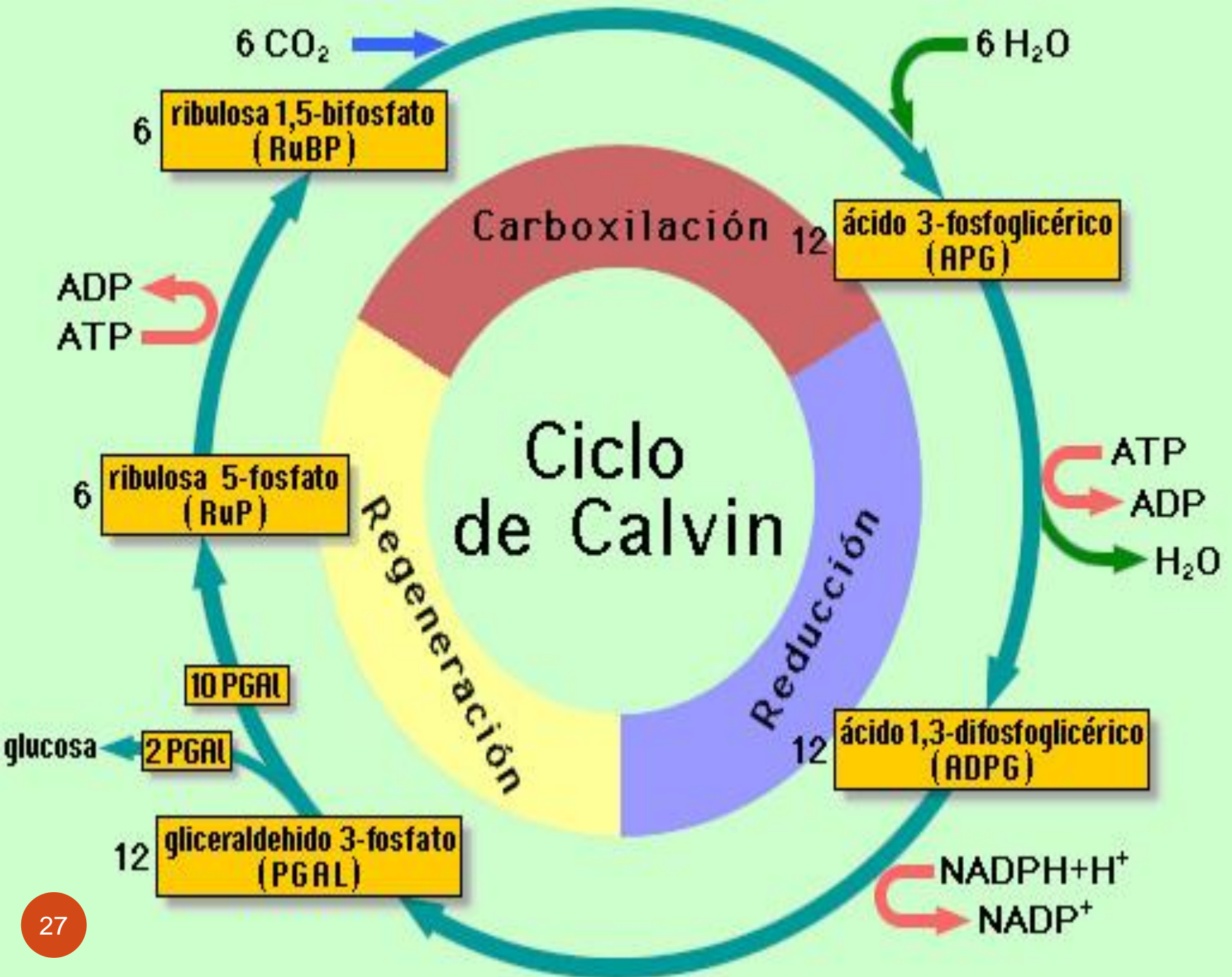
7.2. FotoS: fase fosca.

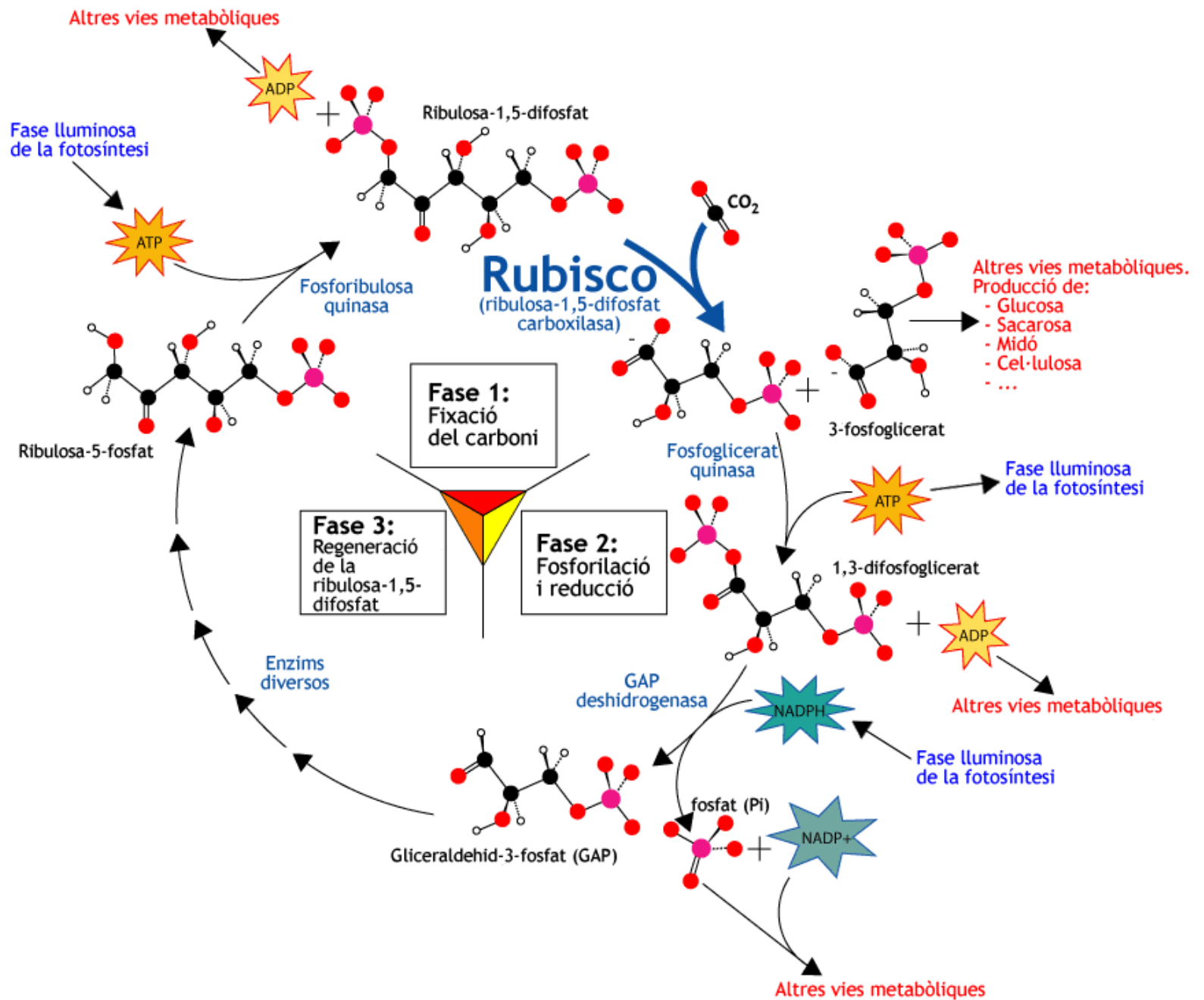
- Ocorre en l'estroma. No és necessària la llum. Es produeix la biosíntesi de compostos orgànics a partir del CO_2 utilitzant l'ATP i l' NADPH de la fase lumínica.
- El CO_2 es assimilat en el cicle de Melvin **Calvin** (1950) que és una ruta cíclica que consta de tres fases:
 1. Fixació del CO_2
 2. Reducció de l'àtom de C procedent del CO_2
 3. Regeneració de la ribulosa-1,5-difosfat.



FotoS: fase fosca :

- **1. Fixació del CO₂:** La 1a reacció del cicle és la incorporació de l'àtom de C del CO₂ a la ribulosa-1,5-difosfat, catalitzada per la ribulosa-1,5-difosfat carboxilasa o **RubisCO**, enzim més abundant del planeta.
- **2. Reducció de l'àtom de C procedent del CO₂.** Es gasten ATP i NADPH i es forma gliceraldehid 3-P que pot seguir 3 vies:
 - ✓ Síntesi de sacarosa en el citosol
 - ✓ Síntesi de midó, a. Grassos i aas, al cloroplast
 - ✓ Regeneració de la ribulosa-1,5-difosfat
- **3. Regeneració de la ribulosa-1,5-difosfat:** es recupera perquè pugui continuar el cicle a partir del gliceraldehid-3-fosfat.





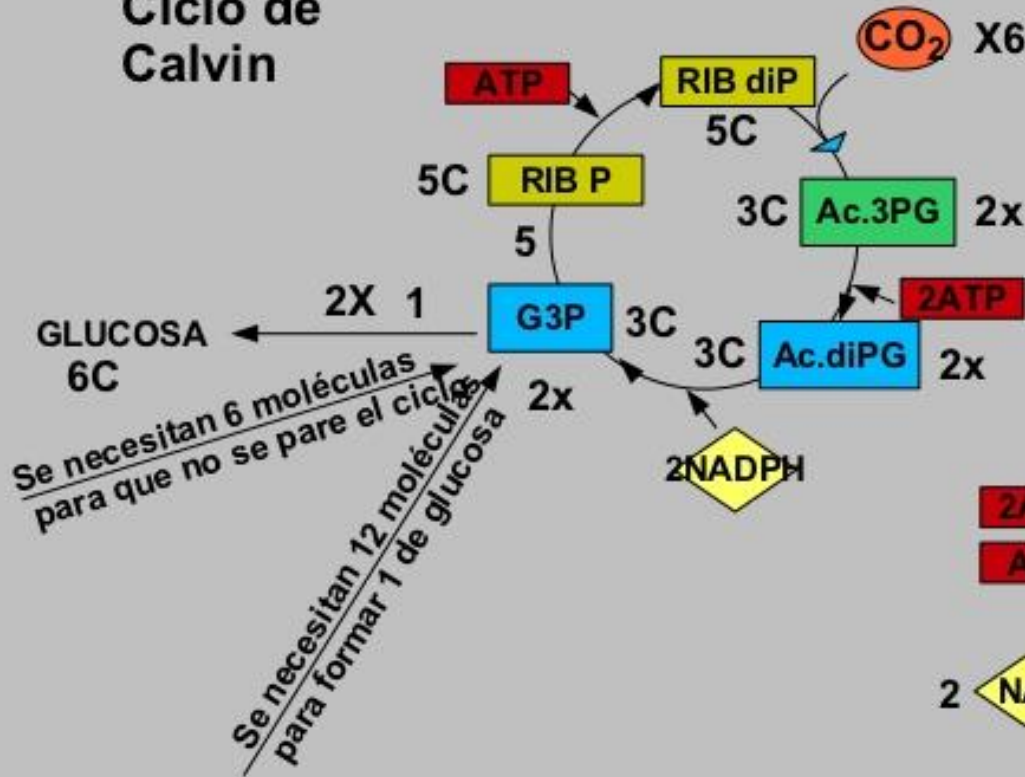
Estequiometria del cicle de Calvin

- En cada volta es fixa 1 àt de C. Es necessita:
 - 3 ATP
 - 2 NADPH
- Per formar una **hexosa** necessitem 6 CO₂, per obtenir 6 àt de C, o siga fem el cicle 6 vegades. A banda necessitem 18 ATP (12 en la fosforilació acíclica i 6 en la fosforilació cíclica) i 12 NADPH
- El resum del procés seria:



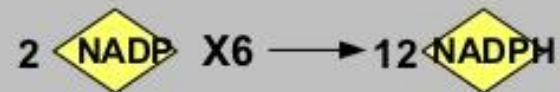
Estequiometría del Ciclo de Calvin

Ciclo de Calvin

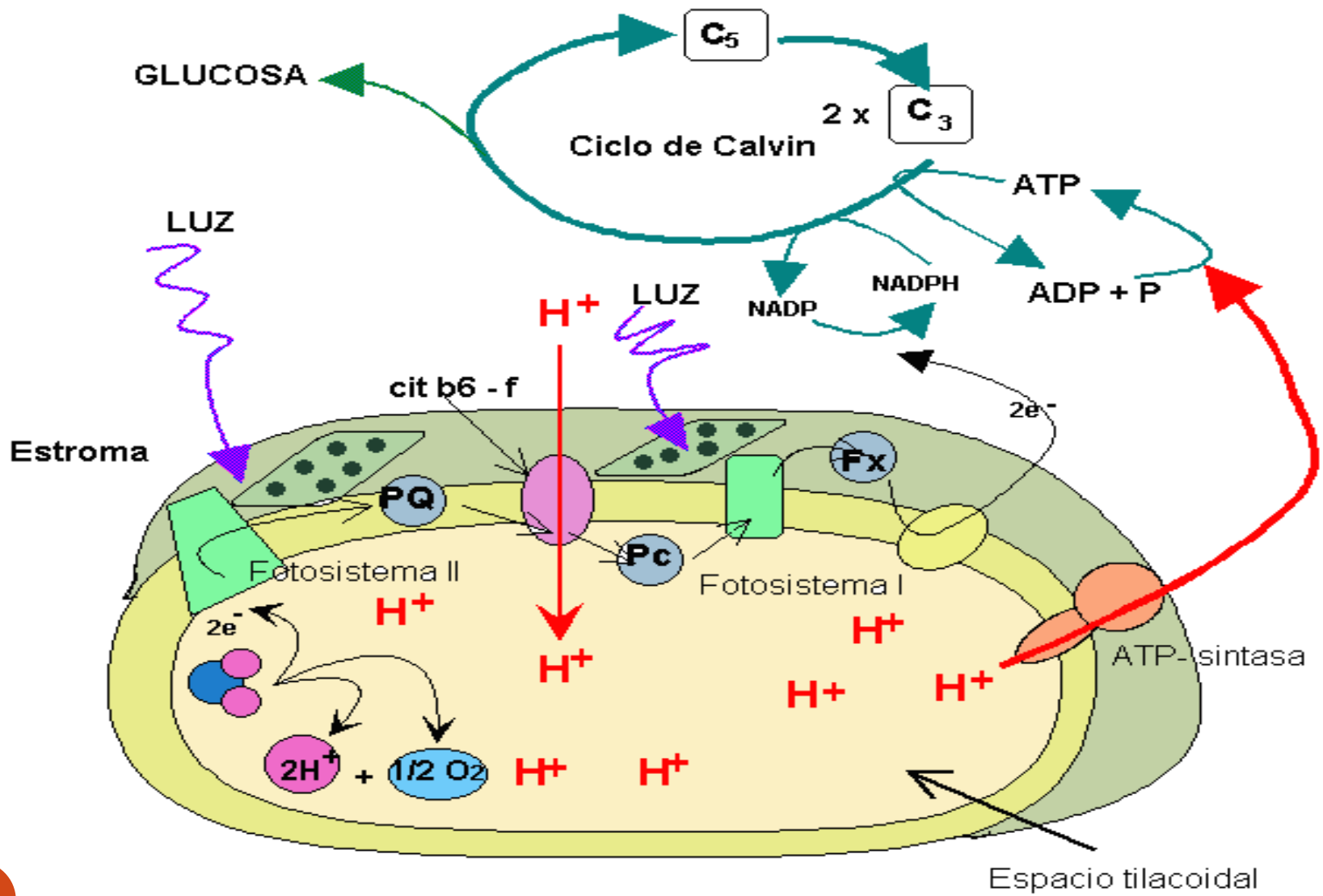


Son necesarias 6 vueltas del ciclo para formar 1 molécula glucosa

Se necesitarán por tanto:



Proceden de la fase luminosa

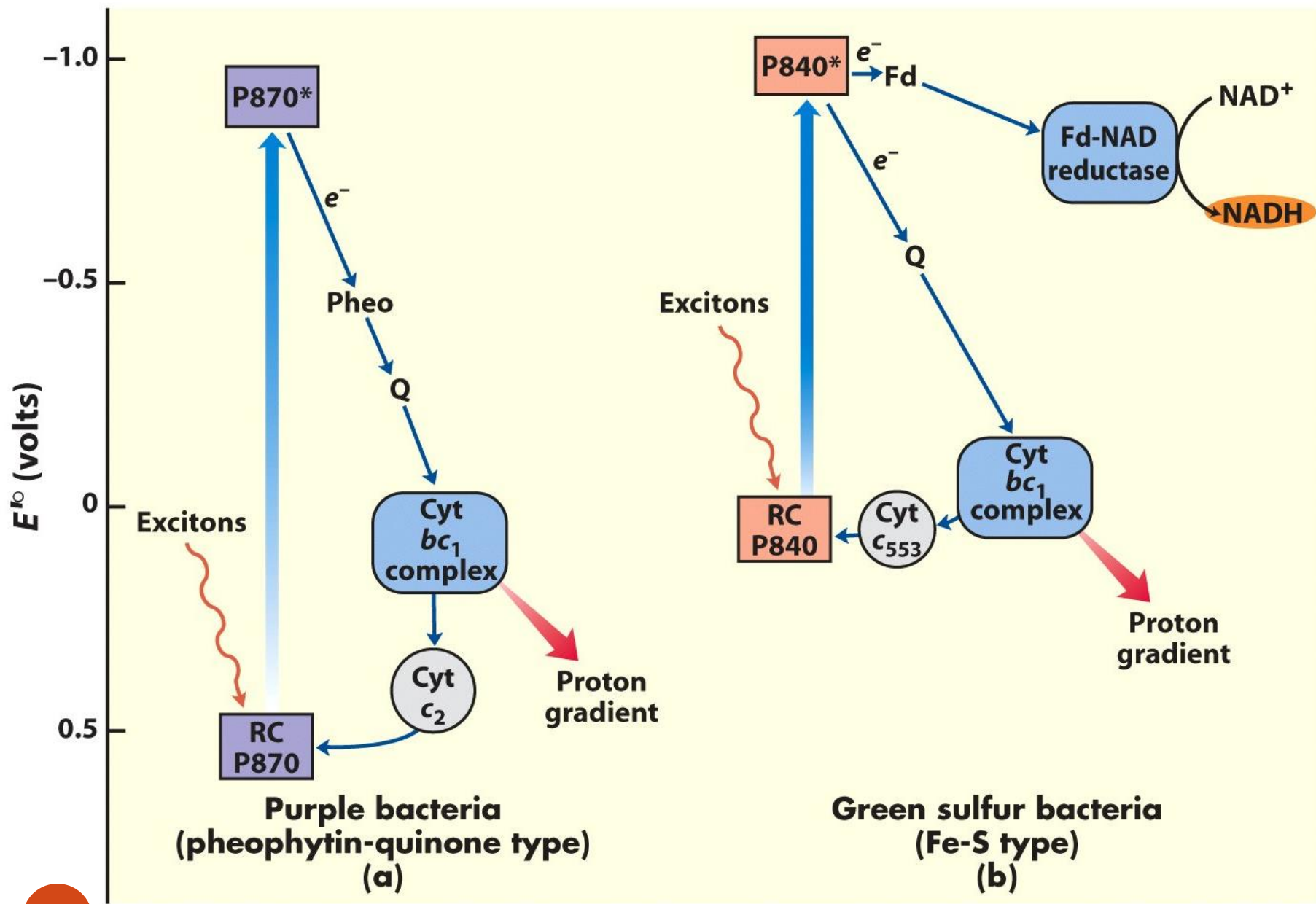


8. FOTOSÍNTESI ANOXIGÈNICA BACTERIANA

- En els procariotes els pigments i els transportadors d'e⁻ estan en els **mesosomes** de la mb.
- Tenen un sol fotosistema i obtenen l'ATP per **fotofosforilació cíclica**. (excepció: cianobacteris)
- No poden utilitzar l'aigua com a donador d'e⁻ i **no es desprén oxigen** o siga, és una fotosíntesi anoxigènica

FOTOSÍNTESI ANOXIGÈNICABACTERIANA

Tipus de bacteris	Fotoreceptors	Tipus de fotoS i fotofosforilació	Nombre de fotosistemes	Donador electrònic	S'obté
Rojos	Bacterio-clorofil·les	Anoxigènica Cíclica	1	Compostos de sofre o orgànics	ATP
Verds	Bacterio-clorofil·les	Anoxigènica Cíclica	1	Compostos de sofre o d'Hidrogen	ATP NADH

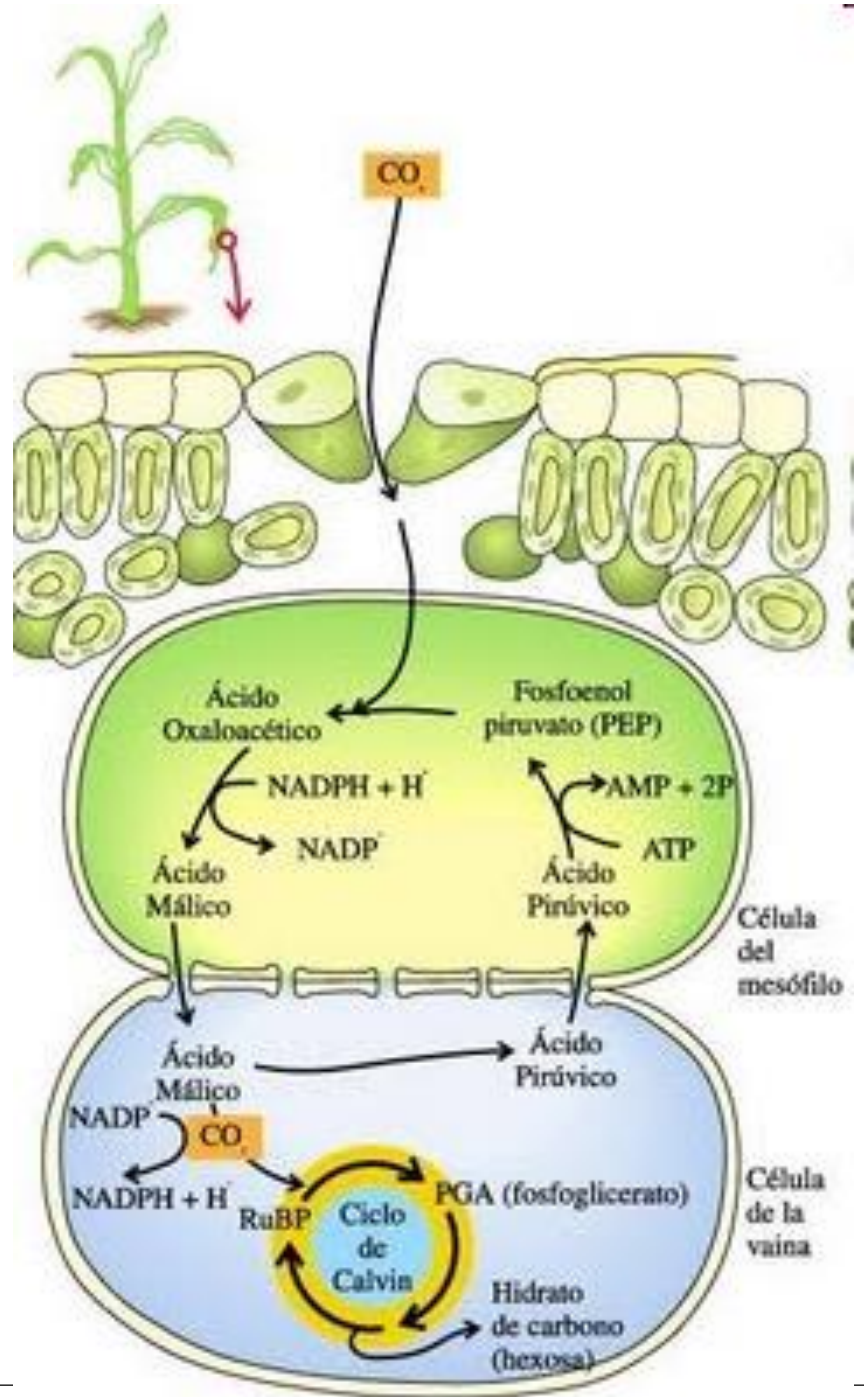
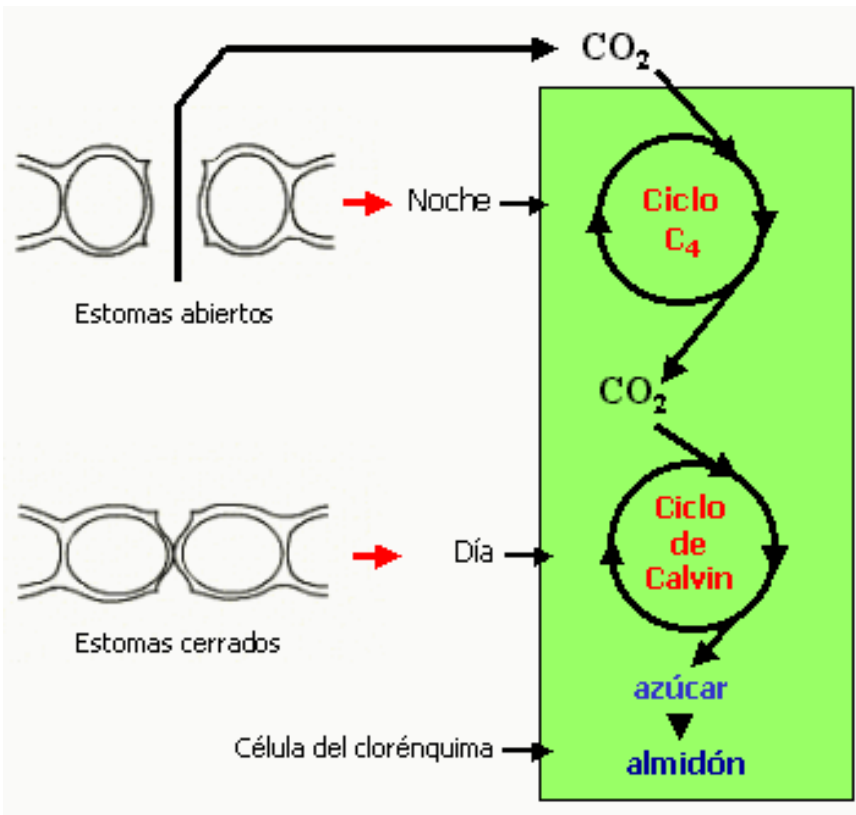


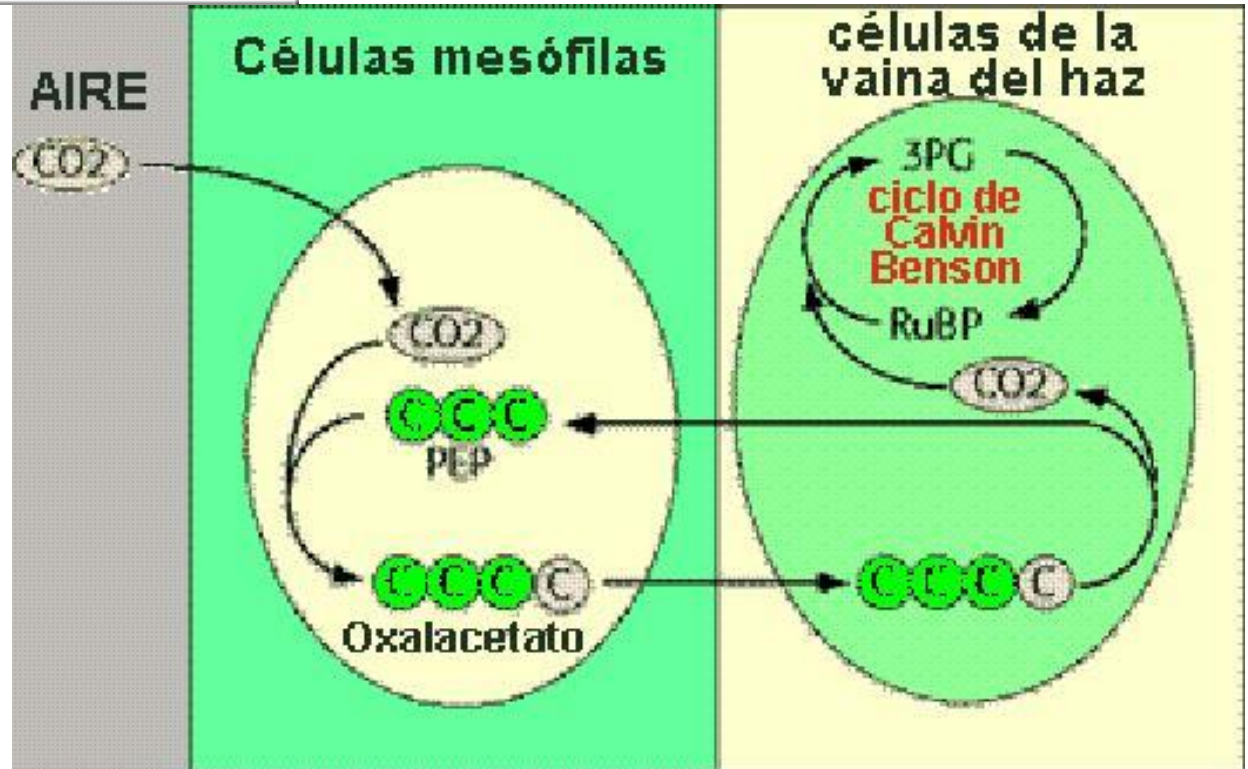
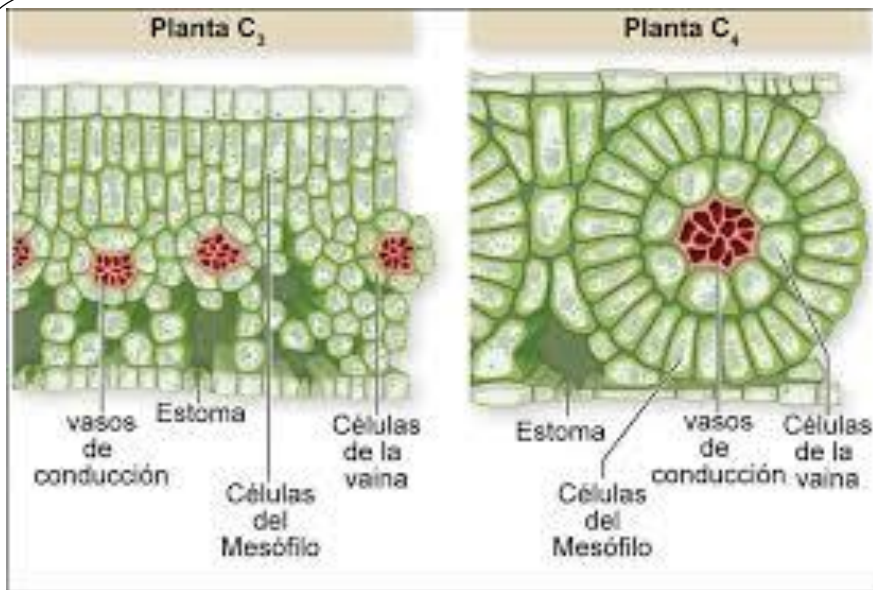
9. FOTORESPIRACIÓ

- Procés que ocorre quan l' **ambient és càlid i sec** (plantes de clima tropical o plantes C4) i els estomes de les fulles es tanquen per a evitar pèrdues d' aigua. En aquestes condicions l' O₂ produït en la fotosíntesi assoleix grans concentracions .
- Ocorre quan la [CO₂] és baixa i [O₂] és elevada. Aleshores la **RubisCO** que a banda de ser una carboxilasa (fixa el CO₂) també és una **oxidasa** , incorpora l'O₂ a la ribulosa-1,5-difosfat, que es destrueix i s'obté CO₂, H₂O i es consumeix ATP.
- La fotorespiració resulta perjudicial, per què redueix en un 50% la capacitat fotosintètica de la planta
- fotorespiració podria causar danys irreversibles en els cloroplastos i disminueix la capacitat de la fotosíntesi.
- En aquestes plantes C4 hi ha un procés diferent per a captar el CO₂ per a reduir els problemes de la fotorespiració.

PLANTES C4

- Són plantes de climes caloroses amb molta insolació. Per reduir problemes de fotorespiració i evitar la pèrdua d'aigua, el que fan es captar el CO_2 durant la nit, quan obrin els estomes i l'emmagatzemen en forma d'àcid màlic (4 àt de C) que s'incorpora al cicle de Calvin durant el dia.
- Aquesta via anomenada **cicle de Hatch-Slack**, té més consum d'ATP i NADPH que la fixació del CO_2 de la forma habitual però compensa les pèrdues que produiria la fotorespiració.
- Aquestes plantes són, entre d'altres, la canya de sucre, el blat de moro i el mill, i s'anomenen **C4** perquè el fosfoenolpiruvat fixa el CO_2 i forma oxalacetat que es redueix a malat. Tant l'oxalacetat com el malat tenen 4 àtoms de carboni, i és per això que a les plantes se les anomena C4. Aquesta via té un significat adaptatiu perquè les plantes creixen amb una major eficàcia tant pel que fa a la producció com a l'estalvi d'aigua.



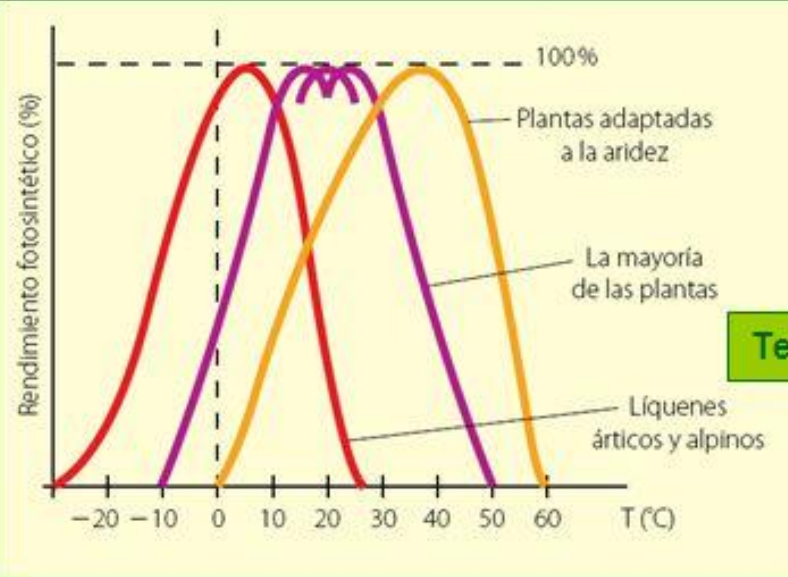


10. Factors que influeixen en la fotosíntesi

- **Intensitat lluminosa:** cada espècie està adaptada a viure en un interval d'intensitat de llum. Dins d'aquest interval, quan més intensitat de llum més elevat és el rendiment de la fotoS, fins superar uns límits on es produeix la fotooxidació irreversible dels pigments.
- **Temperatura:** cada espècie està adaptada a viure en un interval de temperatures. Dins d'aquest interval, l'eficàcia de la fotoS augmenta amb la temperatura (més mobilitat de les molècules en la fase obscura) fins que arriba una temperatura en què els enzims es poden desnaturalitzar.
- **[CO₂]:** el rendiment de la fotoS augmenta quan més CO₂ hi ha a l'aire fins que s'arriba a un valor on el rendiment és màxim
- **[O₂]:** quan augmenta l'O₂ disminueix la fotoS, ja que es produeix la fotorespiració. La RubisCO catalitza l'oxidació de la ribulosa-1,5-difosfat i s'allibera CO₂ i H₂O i es consumeix ATP.
- **Escassetat d'H₂O:** disminueix el rendiment de la fotoS, ja que es tanquen els estomes i no entra CO₂. Augmenta la [O₂] intern i augmenta la fotorespiració.

Factores que influyen en la fotosíntesis

Intensidad luminosa

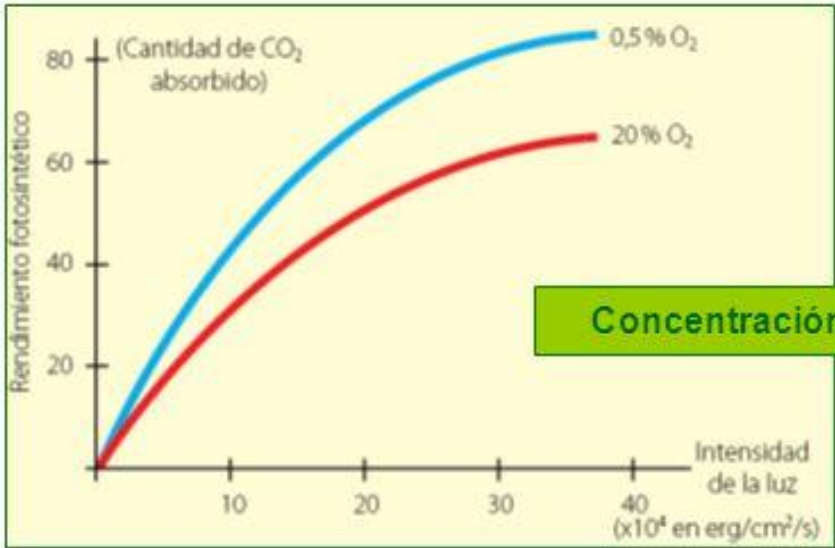


Temperatura

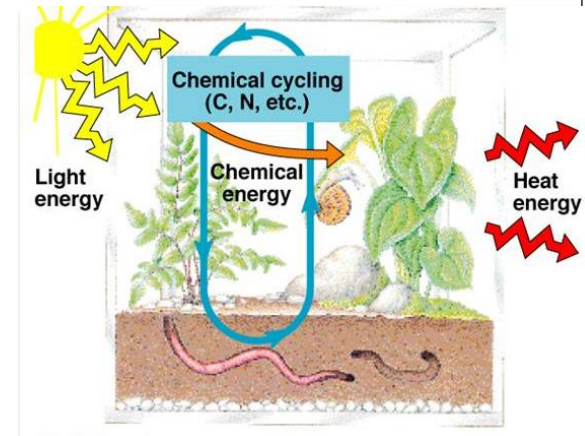
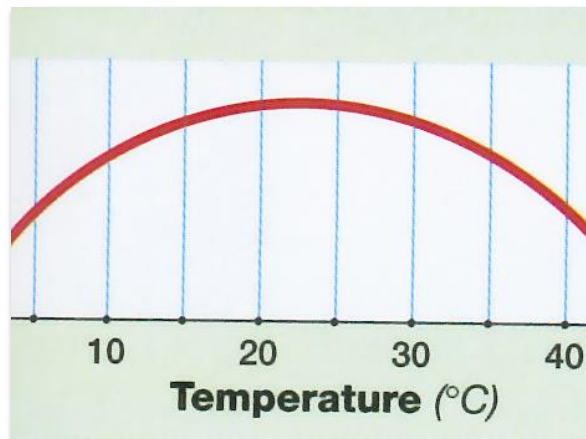
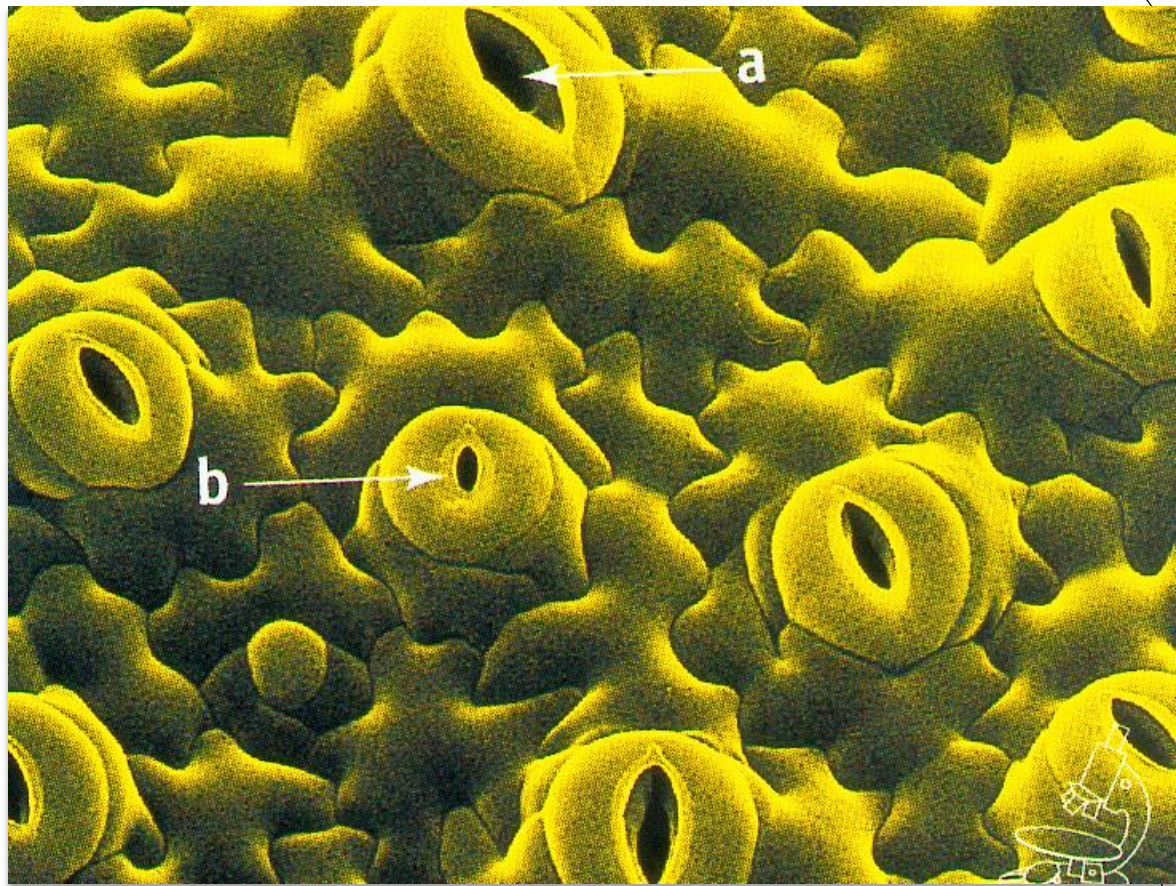


Concentración de CO₂

40



Concentración de O₂

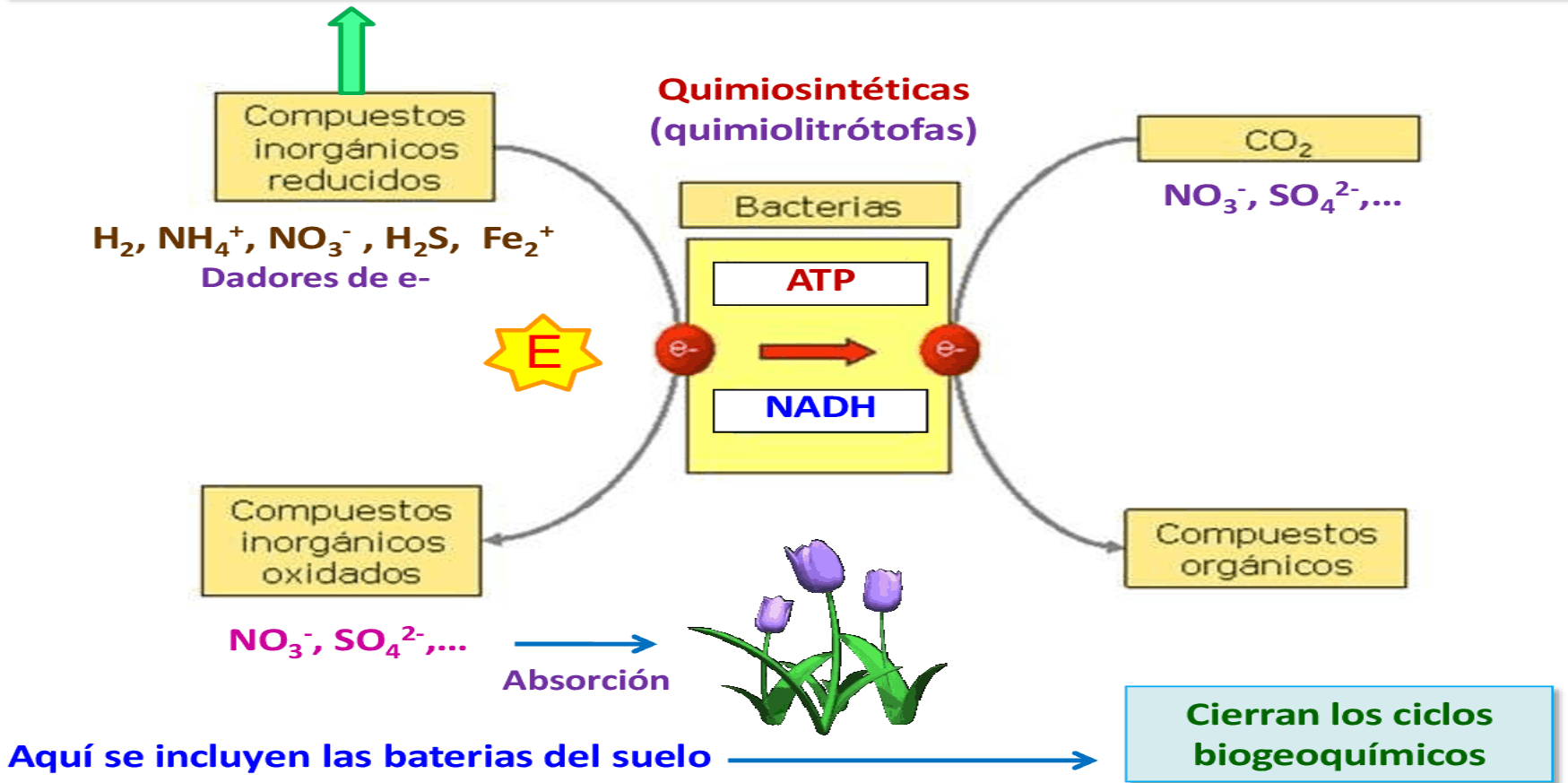


11. QUIMIOSÍNTESI

- Consisteix en la síntesi de matèria orgànica a partir d'inorgànica utilitzant l'energia (ATP) que s'allibera en les reaccions d'oxidació de matèria inorgànica.
- Sols ho fan els **bacteris aerobis**, principalment del sòl, de gran importància en els cicles biogeoquímics. S'anomenen **quimioautòtrofs** o quimiolitòtrofs.
- Són els bacteris de l'hidrogen, del sofre, del nitrogen i del ferro (segons el substrat que oxiden) .
- Per ex. els del nitrogen transformen l'amoniac (NH_3) en nitrats i nitrats, els del sofre transformen l'àcid sulfúric (H_2S) en sulfats, etc.
- Tanquen els cicles geoquímics, ja que oxiden matèria inorgànica perquè pugui ser assimilada per les plantes.
- Fases:
 - ❑ **1^a fase**: oxidació de substàncies inorgàniques per obtenir ATP i NADPH
 - ❑ **2^a fase**: síntesi de m. Orgànica utilitzant l'ATP i el NADPH a partir de substàncies inorgàniques.

QUIMIOSÍNTESIS: reacciones exotérmicas de oxidación

Sustancias procedentes de la descomposición de la materia orgánica.



LA QUIMIOSÍNTESIS

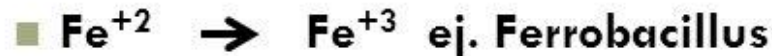
□ Grupos de organismos quimiosintéticos:

■ A) B. Nitrificantes:

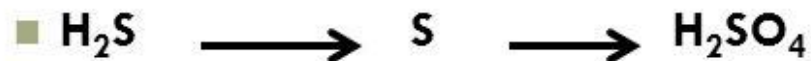


■ Importantes en el ciclo del nitrógeno

■ B) B. Del hierro:



■ C) B. Incoloras del azufre:



■ D) B. del Hidrógeno y del Metano:



■ Algunas c y d de las dorsales oceánicas:

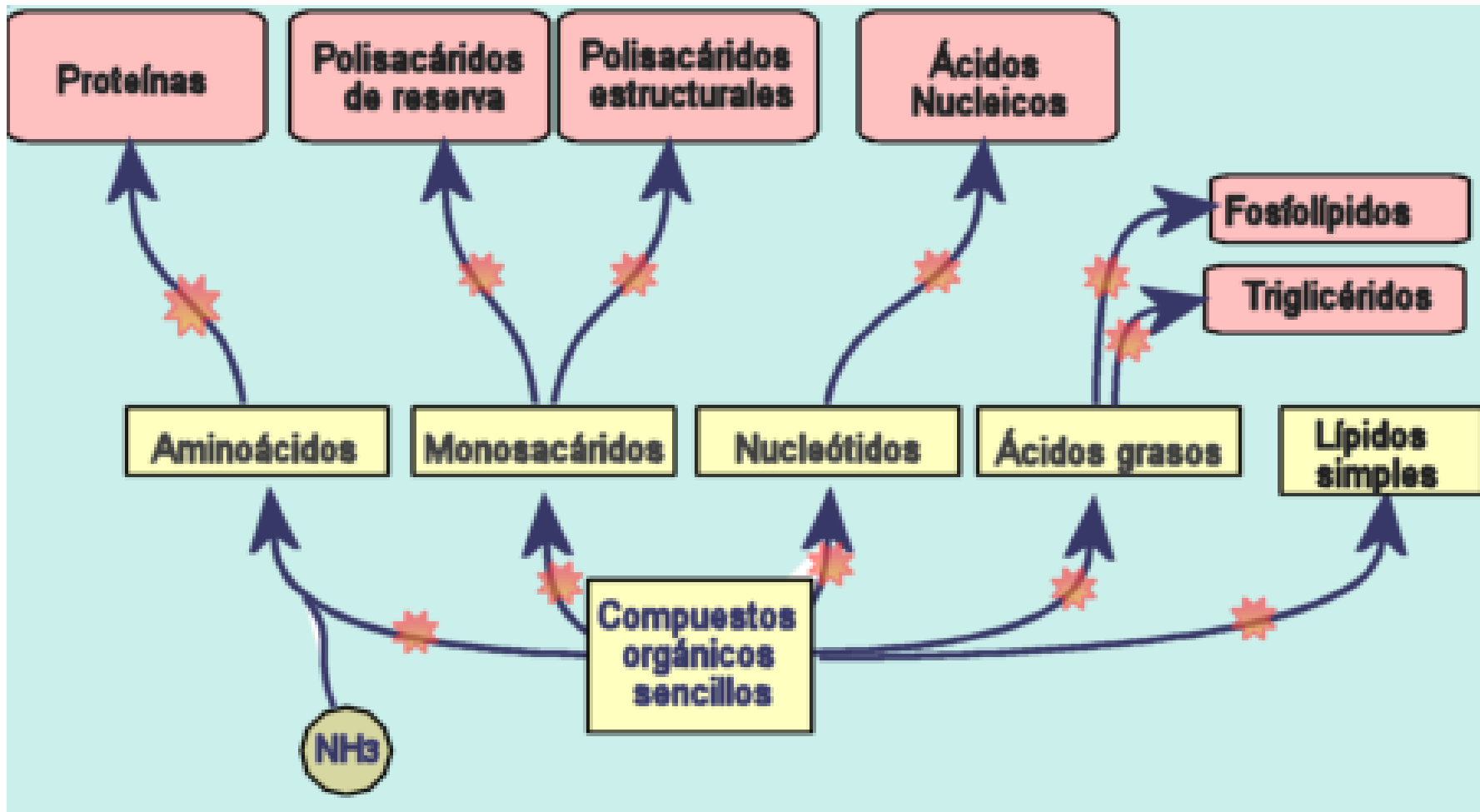
Productores \Rightarrow Ecosistemas independientes del sol



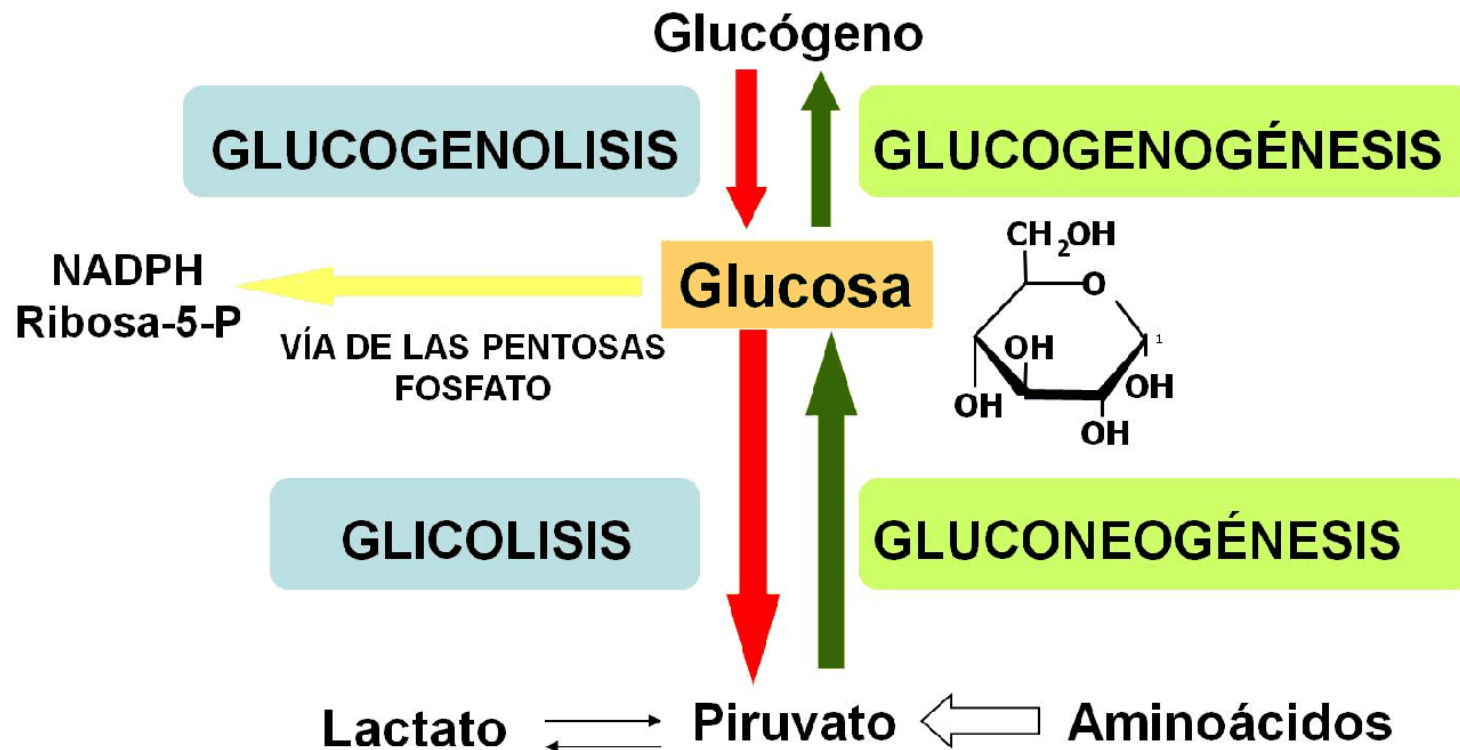
12. ANABOLISME HETERÒTROF

- Procés de formació de molècules orgàniques complexes a partir de molècules orgàniques senzilles (m. precursoras).
- És tracta de **reaccions endergòniques** : emmagatzemen energia en els enllaços de les molècules formades. Energia que s'obté a partir de l'ATP
- Té lloc tant en cèl.lules autòtrofes com heteròtrofes.

- **Gluconeogènesi**: síntesi de glucosa a partir del Pyr (fetge)
- **Glucogenogènesi**: síntesi de glucogen a partir de Glc-6-P de la gluconeogènesi o de glucosa lliure. (múscul i fetge)
- **Anabolisme de lípids**: a partir d'àcids grassos i glicerina
- **Anabolisme de proteïnes**: a partir d'aas
- **Anabolisme d'àcids nucleics** : a partir dels nucleòtids

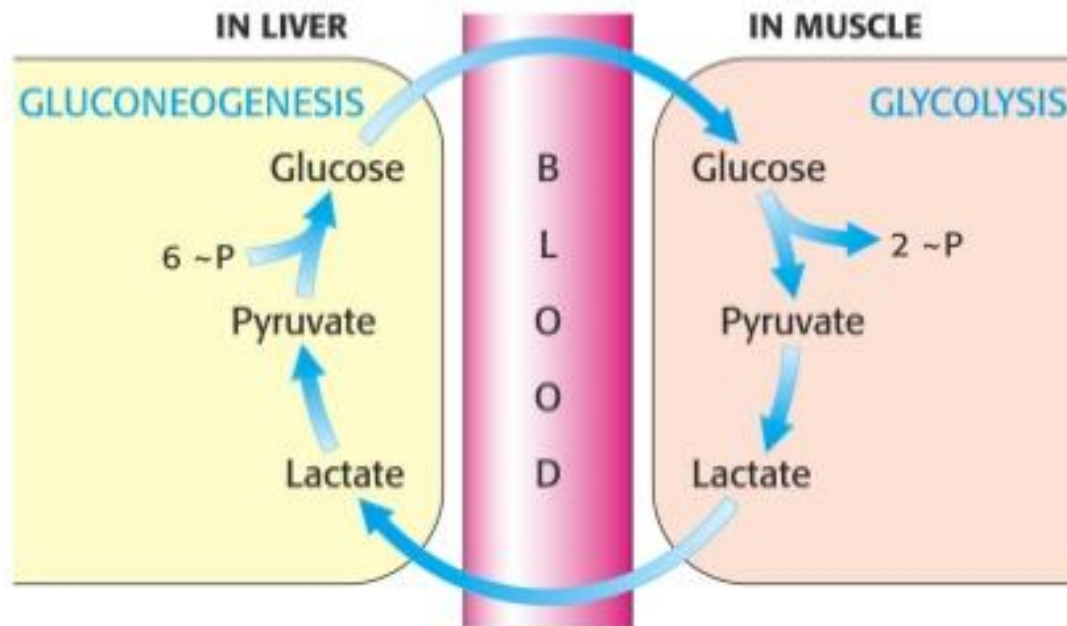


METABOLISMO DEL GLUCÓGENO



Relaciones intertisulares en la síntesis hepática de Glucosa

- El lactato producido en músculo esquelético activo permea a la sangre:



- Este lactato puede permear a células del hígado donde es de nuevo oxidado a piruvato y convertido a glucosa por gluconeogénesis, que es liberada al torrente sanguíneo para que puede ser utilizada en músculo (**CICLO DE CORI**).

- El lactato puede también permear a células del músculo cardíaco donde es también oxidado a piruvato, pero pasando posteriormente al ciclo del ácido cítrico y cadena de transporte electrónico para producir ATP.