

Tema 15: A fotosíntese

1. A importancia biolóxica da fotosíntese.

De todos os organismos, só os autótrofos son capaces de fabricar materia orgánica grazas á fotosíntese. Polo tanto, os animais restantes dependen destes, dos produtores, xa que son fonte de alimentos orgánicos que eles non poden elaborar.

É, ademais, a ~~fonte primeira~~ máis importante xa que transforman a primeira fonte de enerxía, a solar, en enerxía química.

Ademais, ao se desprender O_2 , purifícase a atmosfera. Ademais, este O_2 consómeno os seres vivos para a súa respiración continuamente.

En sentido estrito, a fotosíntese é a conversión de enerxía luminosa en química (ATP), que é utilizada para o anabolismo de materia orgánica.

É posible grazas ós pigmentos fotosintéticos (clorofila, carotenos, xantófilas), que ao conter un catión metálico, valéime do efecto fotoeléctrico para que cando un fotón choca un electrón, o arranque e que grazas a unha cadea electrónica e unha diferenza de concentracións, se sintetice ATP. Pódense distinguir dous procesos fotosintéticos:

- A fotosíntese osixénica: propia de plantas superiores, algas e cianobacterias. O dador de e^- é a H_2O e o receptor, o O_2 .
- A fotosíntese anoxixénica: o dador de e^- é xeralmente o H_2S , ao que non se desprende O_2 . Propia de bacterias púrpuras e verdes do xofre.

A que imos estudar é a FOTOSÍNTESE OSIXÉNICA.

2. Características da fotosíntese oxigénica.

Nos organismos que realizam a fotosíntese oxigénica, os pigmentos fotosintéticos adópanse nos cloroplastos, nas membranas tilacoidais. Existen 2 agrupacións de pigmentos fotosintéticos con proteínas: o fotosistema I (FSI) e o fotosistema II (FSII).

Cada fotosistema fórmase por: $\left\{ \begin{array}{l} \text{unha antena.} \\ \text{un centro de reacción.} \end{array} \right.$

• Antena \Rightarrow pigmentos fotosintéticos (clorofila a, b e carotenoides).

• Centro de reacción $\left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Clorofila diana} \rightarrow \text{onde se dixen os } e^- \text{ excitados.} \\ \bullet \text{ Aceptor primario de } e^- \rightarrow \text{degan da clorofila diana} \\ \text{e transfírense os } e^- \text{ fóra do fotosistema.} \\ \bullet \text{ Dador primario de } e^- \rightarrow \text{cede } e^- \text{ á clorofila diana.} \\ \text{molécula} \end{array} \right.$

2.1. Fotosistema I (FSI).

Capta luz de lonxitude de onda menor ou igual ós 700 nm.

• Antena: clorofila a, b e carotenos. (plantas superiores)

• Centro de reacción $\left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Molécula diana: clorofila } a_1. \\ \bullet \text{ Aceptor } 1^\circ \text{ de } e^-: \text{aceptor X.} \\ \bullet \text{ Dador } 1^\circ \text{ de } e^-: \text{plastocianina.} \end{array} \right.$

2.2. Fotosistema II (FSII)

Capta luz de $\lambda \leq 680 \text{ nm}$.

• Antena: clorofila a, b e xantofilas (plantas superiores).

• Centro de reacción $\left\{ \begin{array}{l} \bullet \text{ Molécula diana: clorofila } a_2 \\ \bullet \text{ Aceptor } 1^\circ \text{ de } e^-: \text{aceptor Q} \\ \bullet \text{ Dador } 1^\circ \text{ de } e^-: \text{dador Z (da fotólise da } H_2O). \end{array} \right.$

3. 1ª fase da fotossíntese oxigenica: FASE LUMINOSA.

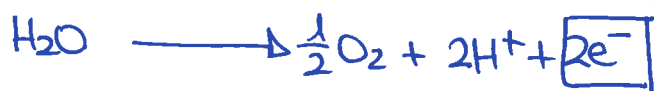
A fase luminosa pode apresentar-se de dois tipos:

A) Com transporte acíclico de electróns, onde intervêm os dois fotossistemas, PSI e PSII.

B) Com transporte cíclico de electróns, onde só intervém o PSI.

3.1. Fase luminosa acíclica.

Inicia-se com a chegada de 2 fótons ao PSII. Então, a clorofila a_2 perde dois $\rightarrow 2e^-$ que são captados pelo ACCEPTOR Q, que los transfere à PLASTOQUINONA. Por outro lado, para repor os $2e^-$, produz-se a fotólise da molécula de água:



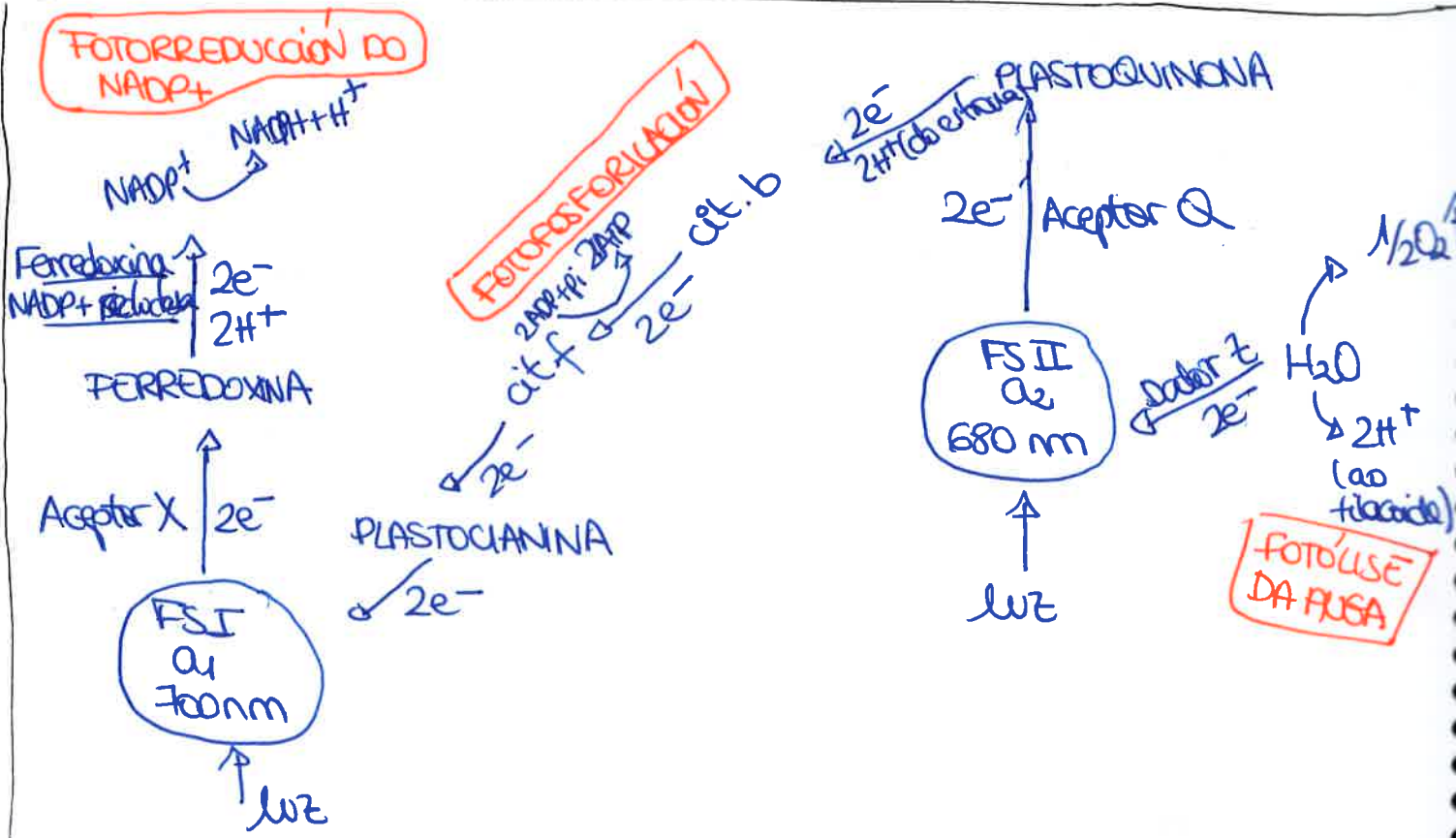
O processo tem lugar na membrana interna dos tilacoides. Os $2e^-$ transférense à molécula do ~~do~~ P680 e os H^+ acumulam-se no interior dos tilacoides.

A PLASTOQUINONA o' recibir os $2e^-$, activa-se e capta ~~do~~ $2H^+$ do estroma. Transfere os seus e^- ao citocromo b e introduz os $2H^+$ no tilacoide, que unidos aos da fotólise, crean una dif. de potencial electroquímico a ambos lados da membrana. Segundo a teoria quimio-ostmótica de Mitchell, esta diferença fai que se active a enzima ATPase, e se sintetice ATP a partir de ADP: é o que se conhece por FOTOFOSFORILACIÓN DO ATP.

Por outro lado, ao incidirem 2 fótons no PSI, a clorofila a_1 perde $2e^-$ que se captan pela FERREDOXINA a través do ACCEPTOR X. Os $2e^-$ que se perden será repostos pela PLASTOCIANINA, que os recibe do citocromo b. A ferredoxina passa os $2e^-$ à enzima NADP+ reductase, que capta ~~do~~ $2H^+$ do estroma e $2e^-$ e reduce o' NADP+ en NADPH:



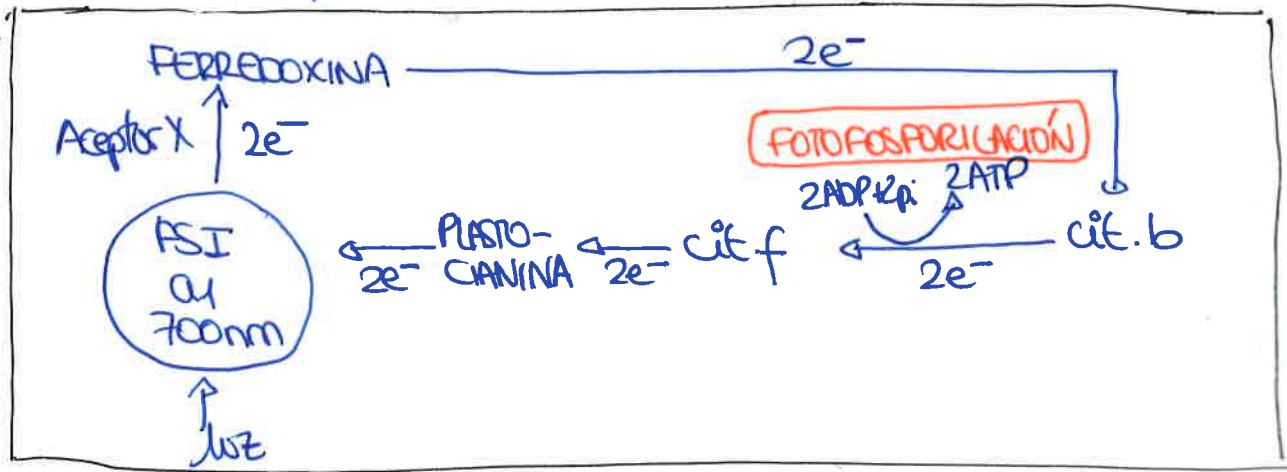
É necesario que os $2e^-$ percorran todo o sistema.



3.2. Fase luminosa cíclica.

Utilizada polas plantas durante o día cando as reaccións da fase escura están saturadas e non poden absorber máis NADPH. Nesta fase só interveñ o PSI, polo que o único proceso que ten lugar son novas fotofosforilacións. Ao non intervir o PSII, non hai fotólise da H₂O, nin se desprende O₂. Tampouco se obtén NADPH.

A ferredoxina é capaz de reducir ao citocromo b ó oxidarse ela, creando un ciclo. Unha fotosíntese semellante ten lugar nas bacterias onde non se forma O₂.



4.2ª fase da fotossíntese oxigenica: FASE ESCURA.

Na fase escura, empregase a enerxía do ATP e o poder reductor do NADPH obtidas na fase luminosa para sintetizar a materia orgánica a partir de substancias inorgánicas. Como fonte de Carbono usamos o CO_2 , de nitroxeno os NO_3^- e de xofre, os SO_4^{2-} . A máis importante é a SÍNTESE DE COMPOSTOS DO CARBONO.

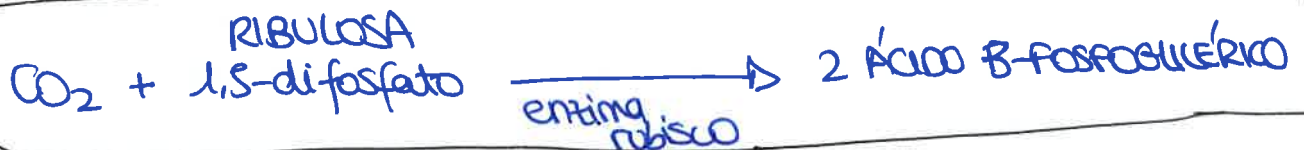
O CICLO DE GALVIN:

Ten tres fases:

A) FASE DE FIXACIÓN DE CO_2 :

O ciclo de Calvin comeza coa incorporación do CO_2 que reacciona coa pentosa ribulosa 1,5-difosfato (RuBP), dando lugar a un composto intermedio de 6C que da lugar a dúas moléculas de ácido 3-fosfoglicéico, de 3C.

A reacción está catalizada pola enzima rubisco (ribulosa 1,5-difosfato carboxilasa oxidase), que fixa o CO_2 á ribulosa:



B) FASE REDUCTIVA:

Nesta fase é cando se consume o ATP e o NADPH formados na fase luminosa. Ten lugar en 2 pasos:

① Fosforilación do ácido 3-fosfoglicéico: por acción do ATP, obtense ácido 1,3-difosfoglicéico.

② Redución do grupo carboxílico a aldehido: por acción do NADPH, redúcese o ácido 1,3-difosfoglicéico que é o primeiro glúcido formado na fotossíntese. É o que se incorpora á RUTA ANABÓLICA DA GLUCOSA (GLICONEOXÉNESE).

c) FASE REGENERATIVA:

○ 3-fosfogliceraldehído puede seguir varios caminos:

→ Utilizado para regenerar a ribulosa 1,5-difosfato.

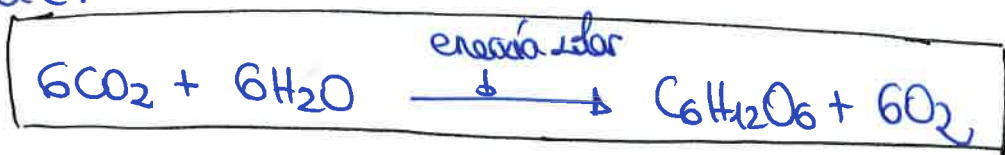
→ Para diversas síntesis: o que queda no extremo inferior no anabolismo de ácidos grasos, e o resto exportase ao hialoplasma. As rutas inversas á glicólise, sintetízase glicosa e fructosa, que forman o disacárido SACAROSA.

NOTA: Como a fonte de C é o CO_2 , teranse que fixar 6 moléculas do mesmo, consumíndose 6 moléculas de ribulosa 1,5-difosfato. Polo tanto, hai para obter glicosa. Ademais, xa que logo, 6 voltas do Ciclo de Calvin.

5. Balanceda fotosíntese osixénica.

A fotosíntese dos compostos de carbono realizada polas plantas pode definirse como un proceso que engloba unha FOTÓLISE da ÁGUA con obtención de H^+ , e^- e O_2 , que se desprende á atmosfera; unha fotofosforilación na que se obtén ATP e unha fotoredución do NADP^+ na que se obtén NADPH. Con axuda da enerxía do ATP e co poder reductor do NADPH, o CO_2 transformase en compostos de carbono orgánicos, o mesmo que para os NO_3^- a grupos amino dos a.a., etc.

A ecuación química da fotosíntese global para unha molécula de glicosa é:



Son necesarios neste proceso 48 fotóns.

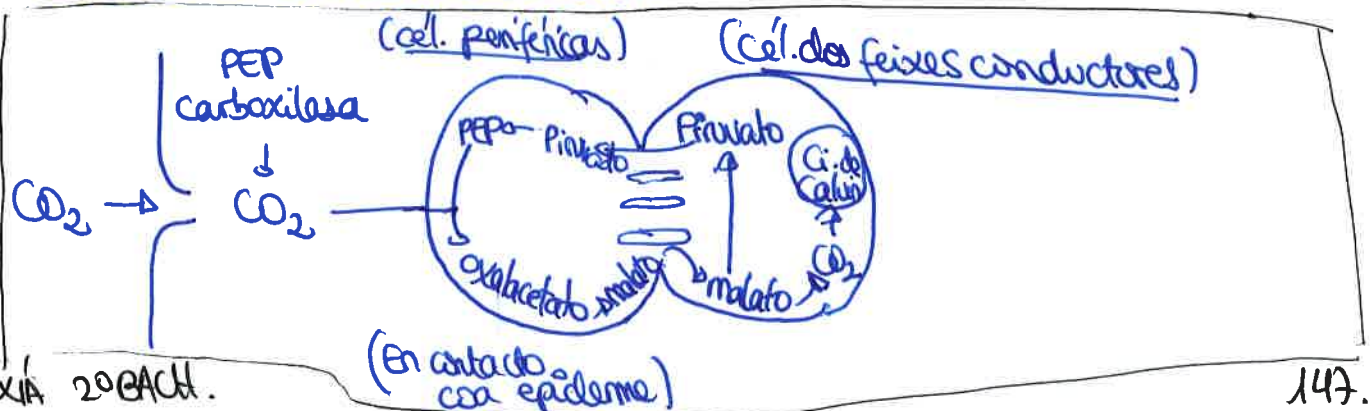
6. A fotorrespiración.

Este fenómeno prodúcese cando o ambiente no que se encontra a planta é cálido e seco e os estomas das follas péchanse para evitar a perda de auga, polo que CO_2 que se libera na fotosíntese non pode ser expulsado á atmosfera e polo tanto, acaba grandes concentracións, feito que propicia que a enzima rubisco (ribulosa 1,5-difosfato carboxilasa oxidasa) actúe como OXIDASA e non CARBOXILASA, o que fai que a ribulosa 1,5-difosfato se oxide, produciéndose unha serie de procesos similares ós da respiración celular (obtense fosfoglicéico e CO_2), que resultan moi perxudiciais xa que reducen un 50% a capacidade fotosintética da planta.

7. Como evitar a fotorrespiración: a ruta de Hatch-Black ou das plantas C_4 .

Nas plantas de clima tropical, onde a fotorrespiración podería constituir un grave problema, preséntase un proceso diferente para captar CO_2 .

Nestas plantas distinguimos 2 tipos de cloroplastos: uns que se atopan nas células internas, lindantes cos vasos condutores e outros que se atopan nas células periféricas. É aquí onde se realiza a fixación de CO_2 , sendo a molécula aceptora de CO_2 o PEP (a enzima que actúa é o fosfoenolpiruvato carboxilasa). Dese xeito, fórmase ácido oxalacético (de 4C), que se converte en málico e a través dos plasmodesmas pasa ós cloroplastos das células internas, iniciándose o Ciclo de Calvin.



8. Fotosíntese anoxigénica.

A fotosíntese anoxigénica dáse en bacterias fotosintéticas que viven en condicións anaeróbicas. Os seus pigmentos son os bacterioclorofilas e os carotenoides, agrupados nun só fotosistema, e localizados en estruturas membranosas do citoplasma.

Ao carecer do FSII, non se produce a fotólise da auga, polo que non se libera O_2 , senon outros produtos dependendo do doador de e^- utilizado. Por exemplo, as que usan H_2S como doador, liberan xofre.

Igual que na fotosíntese oxixénica, hai un fluxo cíclico de e^- e outro acíclico. No cíclico só se obtén ATP e no acíclico, ademais, poder reductor do NADH (non ~~de~~ NADPH, como na oxixénica), que serán utilizados na fase escura.

9. Factores que influen na fotosíntese.

No rendemento da fotosíntese, influen:

A) CONCENTRACIÓN DE CO_2 : ↑

Se a intensidade lumínica é elevada e constante, o proceso fotosintético aumenta de forma directa coa concentración de CO_2 , ata chegar a un certo límite, no que se estabiliza.

B) CONCENTRACIÓN DE O_2 : ↓

Canto maior é a $[O_2]$ no aire, maior é a tendencia a que se produza fotorespiración, polo que é menor o rendemento.

C) ESCASEZ DE H_2O : ↓

A escasez de H_2O no chan e no aire, diminúen o rendemento fotosintético ao se pecharen os estomas para evitar a desecación.

D) TEMPERATURA: \uparrow \rightarrow desnaturación

Cada especie está acostumbrada a vivir dentro dun intervalo de temperaturas. Dentro dese intervalo, a maior temperatura, maior eficacia das enzimas e maior rendimento fotosintético. Non obstante, se se sobrepasan os límites, as enzimas desnaturázanse e o rendimento diminúe.

E) TEMPO DE ILUMINACIÓN: $C_4 > C_3$

Cada especie está adaptada a vivir dentro dun intervalo de intensidade de luz.

Para a mesma intensidade luminosa, as plantas C_4 presentan maior rendimento que as C_3 , ~~que non chegan~~ e nunca chegan á saturación lumínica.

10. A quimiosíntese.

A quimiosíntese consiste na síntese de ATP a partir da enerxía que se desprende nas reaccións de oxidación de determinadas substancias inorgánicas. Este ATP é utilizado para a síntese de materia orgánica. Os organismos que a realizan denomínanse quimioautótrofos ou quimioquimioautótrofos.

• As bacterias do xofre, oxidan ao S.

• As ferreas, oxidan o Fe^{2+} a Fe^{3+} .

• As do nitróxeno $\left\{ \begin{array}{l} \rightarrow \text{nitrosificantes: } NH_3 \rightarrow NO_2^- \\ \rightarrow \text{nitrificantes: } NO_2^- \rightarrow NO_3^- \end{array} \right.$

11. Diferenzas entre fotosíntese e respiración celular.

\rightarrow A fotosíntese ten lugar nos cloroplastos e a respiración celular nas mitocondrias.

\rightarrow A fotosíntese é un proceso anabólico e a respiración celular, catabólico.

- La fotosíntesis es la síntesis de glucosa a partir de $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ e la respiración celular es la oxidación de glucosa para dar CO_2 e H_2O .
- Na fotosíntese obtense a enerxía da luz solar e na respiración celular, a almacenada nos enlaces das moléculas orgánicas.
- Na fotosíntese ~~obtene a enerxía da luz~~ ten lugar a síntese de ATP por fotofosforilación e na respiración celular, por fosforilación oxidativa.
- A fotosíntese realízana seres autótrofos e a respiración celular, autótrofos e heterótrofos.

12. Diferenzas entre fase luminosa cíclica e acíclica.

- Na fase luminosa cíclica interveñ só o PSI e na acíclica, o PSI e o PSII.
- Na fase cíclica non se desprende O_2 e na acíclica si.
- Na fase cíclica só se produce ATP e na acíclica ATP e NADPH que se utilizarán na fase escura.
- A fase cíclica é propia de bacterias fotosintéticas e a acíclica de plantas e cianobacterias.

PREGUNTAS DE SELECTIVIDADE

- x A importancia biolóxica da fotosíntese e as características da osíxena.
- x O PSI e o PSII, a fase luminosa (cíclica e acíclica). Saber o proceso e explicalo e o esquema [fotólise, fotofosforilación, fotoredución].
- x Ciclo de Calvin: fase de fixación do CO_2 , fase reductiva e rexenerativa. Saber cantas voltas para 1 glucosa.
- x Fotorrespiración e ruta das plantas C_4 ou de Hatch-Slack.
- x Factores que influen na fotosíntese.
- x Quimiosíntese: concepto.
- x Diferenzas entre fotosíntese/respiración cel. e fase luminosa cíclica/acíclica.