

Tema 15: A FOTOSÍNTESE

A fotossíntese é a conversão de energia luminosa em energia química para sintetizar matéria orgânica. É possível graças a pigmentos fotossintéticos (clorofila, carotenos, xantofilas).

Se um fóton choça contra um e⁻ do pigmento, este capta energia e alinha-se do núcleo, podendo ionizar o átomo. O pigmento que contém dito átomo queda com defeito de e⁻ (oxidado). Os e⁻ perdidos passam a um 1º aceptor de e⁻ e logo a uma série de aceptores que se reduzem e oxidam sucessivamente, liberando energia.

Só os autótrofos podem fabricar matéria orgânica. Os demais organismos dependem destes na sua alimentação, pelo que os autótrofos mantêm a vida sobre a terra.

Toda a energia da que dispõem os seres vivos procede, em definitiva, da luz solar.

□ Fotossíntese oxigénica $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{luz}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$
É própria das plantas superiores, das algas e das cianobactérias. O dador de e⁻ é a água e desprende-se O₂.

Nos organismos que realizam esta fotossíntese, os pigmentos atópanse nas membranas tilacoidais. Existem 2 agrupamentos de pigmentos com proteínas, os fotossistemas; cada fotossistema está formado por uma antena (pigmentos fotossintéticos) e um centro de reação, formado por uma clorofila de reação (a onde vai parar os e⁻ excitados na antena), um aceptor primário de e⁻ e um dador primário de electróns.

• fotossistema I (FSI/PSI):

- $\lambda = 680 - 700 \text{ nm}$
- antena: clorofila a, b e carotenos
- aceptor primário de e⁻: aceptor X
- dador primário de e⁻: plastocianina
- molécula de reação: clorofila a₁.

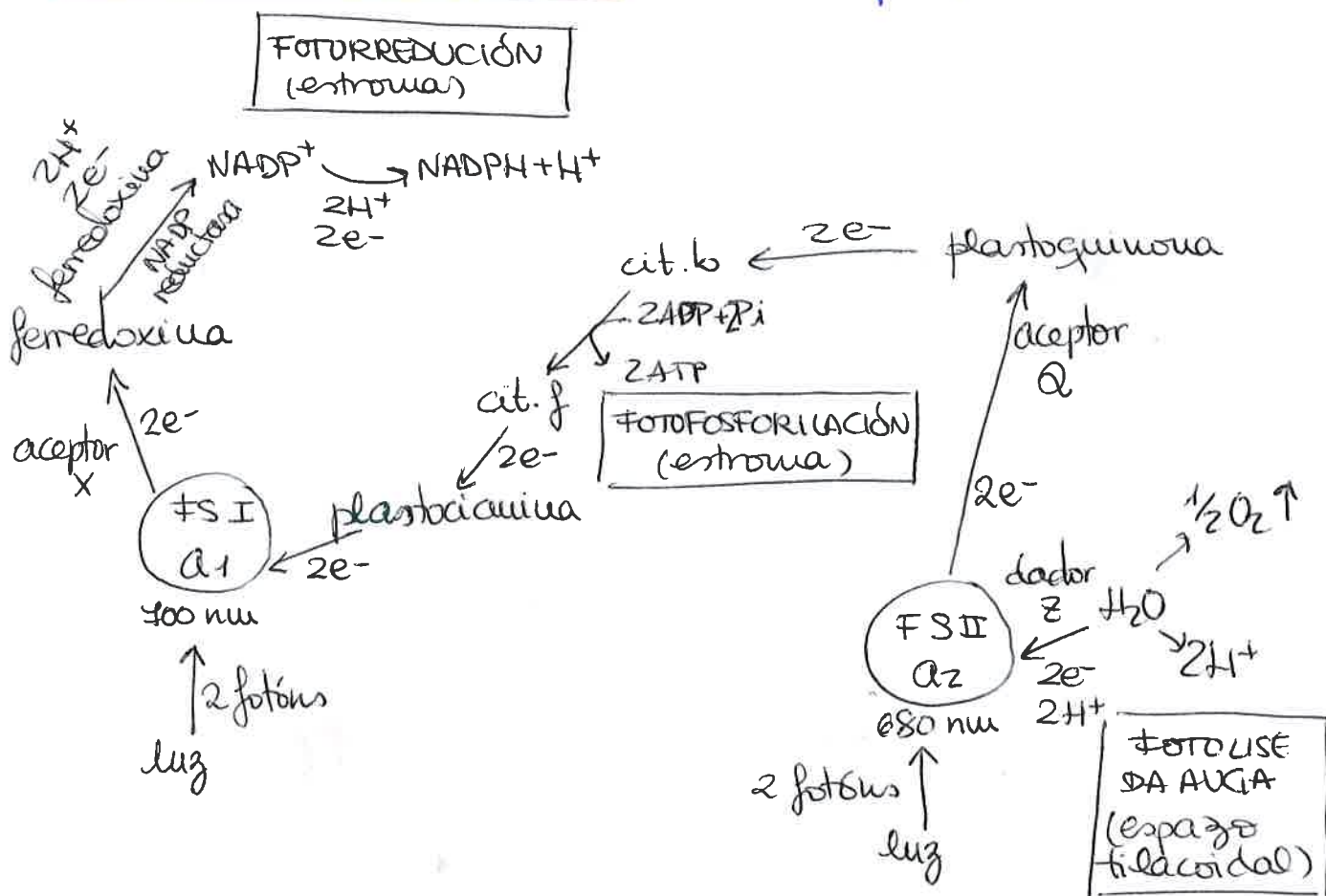
• fotorredução II (PSII/PSII):

- $\lambda \leq 680 \text{ nm}$
- antena: clorofila a, b e xantofila.
- receptor primário de e^- : receptor Q
- dador primário de e^- : dador Z
- molécula diana: clorofila a_2

Fase luminosa / fotoquímica:

Captase energia solar pelos pigmentos e transformase em energia química, mediante os processos de fotólise, fotoredução e fotofosforilação.

• FASE LUMINOSA ACÍCLICA: contra-transporte acíclico de e^- .



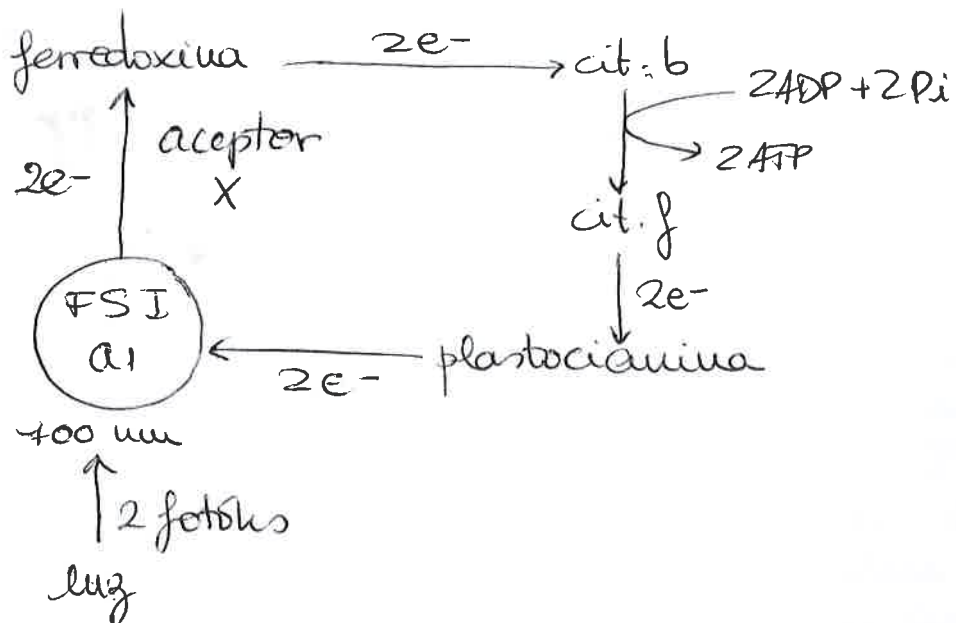
Do chegar 2 fotóns ao PSII, a clorofila a_2 perde $2e^-$, captados polo receptor Q, que os pasará a plastoquinona. Para repór os e^- , hidrolízase coa axuda da luz unha molécula de auga (fotólise da auga) na cara interna da membrana tilacoidal. Os e^- transfírense á molécula diana polo dador Z e os H^+ acumú-

laure no interior do tilacoide

O plastoquinona, ao receber $2e^-$, activa-se e capta $2H^+$ do estroma e ao transferir os e^- ao citocromo b, introduz-se $2H^+$ no tilacoide criando uma diferença de potencial electroquímico a ambos lados da membrana e, segundo a hipótese quimiosmótica de Mitchell, a saída de H^+ aproveita-se pela ATP-sintetase para sintetizar ATP que se acumula no estroma (fotofosforilação do ADP).

ao incidir 2 fótons no PSI, a clorofila a_1 perde $2e^-$, captados pela ferredoxina a través do acceptor X; estes e^- serão repostos pela plastocianina, que os recebe do citocromo f. A ferredoxina passa os e^- à enzima ferredoxina NADP-reductase, que capta $2H^+$ do estroma e os transfere, junto aos $2e^-$, ao $NADP^+$ que se reduz a NADPH no estroma (fotoredução do NADP).

- FASE LUMINOSA CÍCLICA: transporte cíclico de e^- . É utilizada pelas plantas se durante o dia as reacções da fase escura estão saturadas e não podem absorver mais NADPH.



Só interveñ o FS I, creándose un ciclo de e-
no que en cada volta deu lugar a novas fos-
forilacións. Non hai fotólise da auga (non se
desprende O_2) nin redución do NADP+.
A ferredoxina reduce o citocromo b oxidándose
ela e creándose un ciclo.

— Comparación f. luminosa acíclica e cíclica —

F. L. ACÍCLICA

- Intervén o FS I e o FS II.
- Desprendese O_2 .
- Prodúcese ATP e NADPH.
- En plantas superiores, cianobacterias e algas plu-
nicelulares.

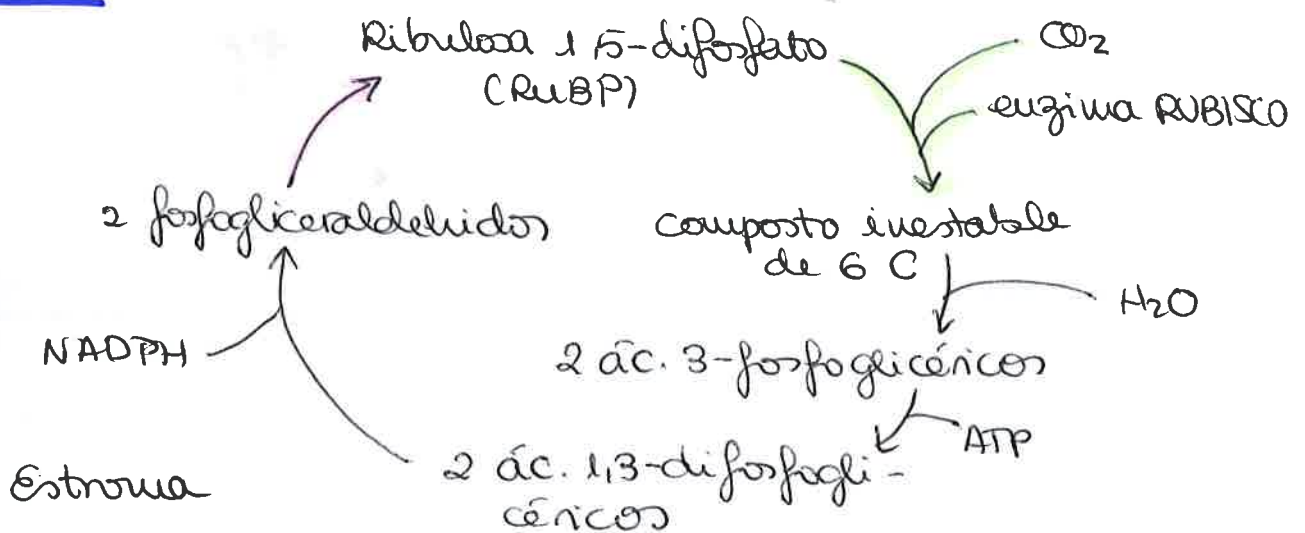
F. L. CÍCLICA

- Só interveñ o FS I.
- Non se desprende O_2 .
- Só se produce ATP.
- En bacterias fotosinté-
ticas.

Fase escura / de fixación de CO_2

Empregáuse o ATP e o NADPH da fase fotoquímica
para sintetizar materia orgánica a partir de subs-
tancias inorgánicas. Utilízase o CO_2 como fonte
de carbono, NO_3^- e NO_2^- como fontes de nitróxeno
e SO_4^{2-} como fonte de xofre.

SÍNTESE DE COMPOSTOS DE CARBONO: CICLO DE CALVIN:



FASE DE FIXACIÓN DE CO₂: incorporase CO₂ que reacciona coa ribulosa, dando un composto intermedio de 6 carbonos que se divide en 2 moléculas de ác. 3-fosfoglicénico. A reacción está catalizada pola enzima ribulosa difosfato carboxilasa oxidasa (rubisco), que fixa o carbono inorgánico nun composto orgánico.

FASE REDUCTIVA: fosforilízase o ác. 3-fosfoglicénico por acción do ATP, dando ác. 1,3-difosfoglicénico. Redúcese o grupo carboxilo a grupo aldehído por acción do NADPH, dando 3-fosfogliceraldehído, o primeiro glicido producido na fotosíntese.

FASE REXENERATIVA: o 3-fosfogliceraldehído en parte rexenera a ribulosa; o resto úsase para a síntese de ác. graxos, aminoácidos e amido (a partir do que queda no estroma) ou é exportado ao citoplasma, onde, por reaccións inversas á glicólise, produce frutosa e glicosa, que darán sacarina (forma de transporte do azucre vexetal).

Para obter unha glicosa, terán que fixarse 6 moléculas de CO₂, consumíndose 6 ribulosas, ou sexa, 6 voltas no ciclo de Calvin.

SÍNTESE DE COMPOSTOS ORGÁNICOS NITROXENADOS:

A redución dos NO₃⁻ precisa ATP e NADPH, para dar NO₂⁻ e, posteriormente, NH₃. Como este último é tóxico, capta o ác. α-cetoglutámico e pasa a ác. glutámico; a partir deste, os átomos de N poden formar parte de diferentes aminoácidos.

SÍNTESE DE COMPOSTOS ORGÁNICOS CON XOFRE:

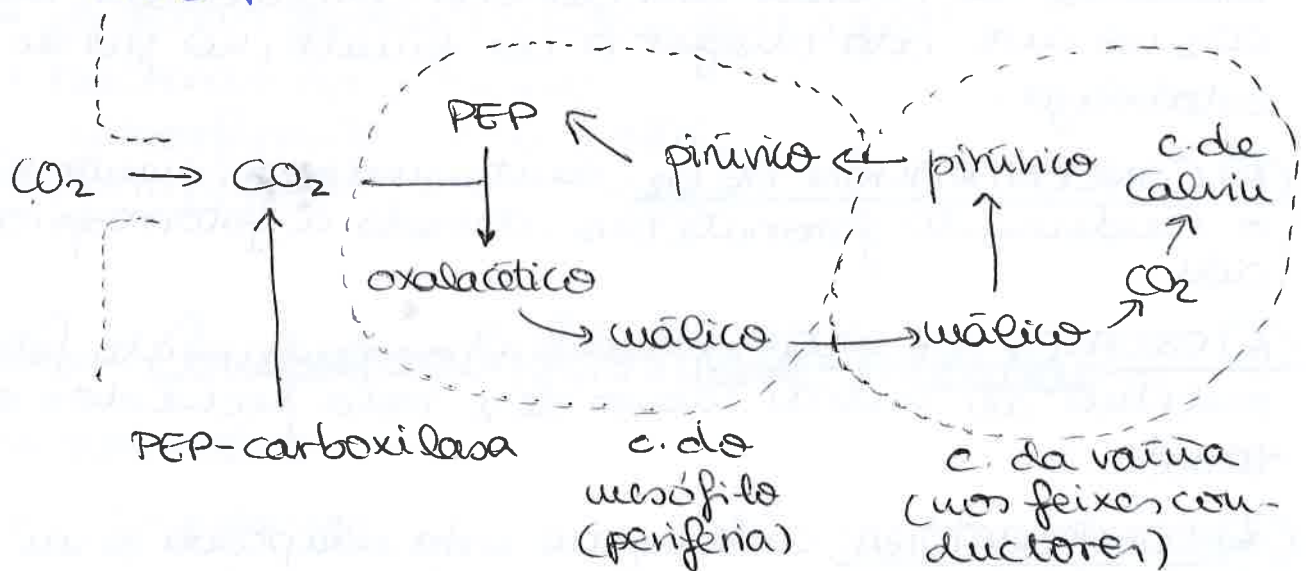
A partir do ATP e NADPH redúcese o SO₄²⁻ a SO₃²⁻ e logo a H₂S; este combínase con acetilserina e dá cisteína (aminoácido).

Particularidades da fotossíntese

* FOTORRESPIRACION: sucede quando o ambiente é cálido e seco e os estomas fecham-se para evitar a perda de água. O O_2 atinge grandes concentrações e a enzima rubisco atua como oxidase; a partir de aí sucedem-se processos similares à respiração celular (obtem-se fosfoglicéico e CO_2), mas provocados pela fotossíntese. A fotorrespiração é prejudicial e reduz em 50% a capacidade fotossintética da planta.

* RUTA DE HATCH-SLACK / DAS PLANTAS C_4 : nas plantas de clima tropical a fotorrespiração constitui um problema, pelo que captam CO_2 de forma diferente.

Nestas plantas há 2 tipos de cloroplastos: uns nas células internas (junto aos vasos condutores) e outros nas células mais periféricas. Nestas últimas fixa-se CO_2 ; a molécula aceitadora de CO_2 é o PEP e a enzima a fosfoenolpiruvato carboxilase. Forma-se oxalacético (de 4C), que passa a málico e este, a través dos plasmodesmos, chega aos cloroplastos das células internas, onde se libera o CO_2 para o ciclo de Calvin.



* FIXACIÓN DE CO₂ NAS PLANTAS CAM: As plantas CAM (metabolismo ácido das crasuláceas) son propias de climas desérticos. Teñen os estomas pechados durante o día; pola noite abren os estomas, fixan o CO₂ e acumúlanlo en forma de málico. Durante o día descarboxílan o málico para producir CO₂.

□ Fotorítese anoxixénica

É propia de bacterias púrpuras e verdes do xofre. Os pigmentos son bacterioclorofilas e carotenoides, reunidos nun só fotosistema.

As bacterias non poden romper moléculas de H₂O e, polo tanto, non xeneran O₂, senón outros produtos que dependen do doador de electróns (p. ex. as bacterias cuxo doador é o H₂S xeran xofre). O poder redutor nestas bacterias posúe o NADH, non o NADPH.

— Factores que influen na fotorítese —

* CONCENTRACIÓN DE CO₂: o proceso fotosintético aumenta en relación directa coa concentración de CO₂ no aire, ata chegar a un límite, no que se estabiliza.

* CONCENTRACIÓN DE O₂: canto maior é, menor é o rendemento fotosintético, debido á fotorrespiración.

* ESCASEZ DE AUGA: diminúe o rendemento fotosintético ao entrar menos CO₂ polo peche dos estomas.

* TEMPERATURA: cada especie está adaptada a un intervalo de temperaturas. A máis temperatura, máis eficacia, pero o sobrepasamento produce a desnaturación das proteínas e a morte da planta.

* TEMPO DE LUMINACIÓN: a máis horas de luz, maior rendemento fotosintético.

* INTENSIDADE LUMINOSA: cada especie está adaptada a un intervalo de intensidade de luz. A máis iluminación, maior rendemento, pero o sobrepasamento dos límites produce a fotooxidación irreversible dos pigmentos fotosintéticos.

Para a mesma intensidade luminosa as plantas C₄ presentan maior rendemento que as C₃ e nunca chegan á saturación lumínica.

□ Quimiosíntese

Consiste na síntese de ATP a partir da enerxía desprendida nas reaccións de oxidación de substancias inorgánicas. Este ATP utilízase para sintetizar materia orgánica.

As bacterias quimiosintéticas obténon a enerxía da oxidación de compostos coma H₂S, NH₃, NO₂... Son aerobias porque utilizan o O₂ na oxidación. A enerxía e os electróns utilízanse para a síntese de ATP e NADH.

Tipo de bacterias quimiosintéticas:

- Bacterias do xofre: oxidan o S.
- Bacterias ferroas: oxidan Fe²⁺ a Fe³⁺.
- Bacterias do nitróxeno:
 - Nitrosificantes: NH₃ a NO₂⁻.
 - Nitrificantes: NO₂⁻ a NO₃⁻.

— Comparación fotosíntese - r. celular —

FOTOSÍNTESE

- En cloroplastos.
- Proceso anabólico.

R. CELULAR

- En mitocondrias.
- Proceso catabólico.

FOTOSÍNTESE

- Síntese de glicose a partir de CO_2 e H_2O .
- Obtense enerxía solar.
- Síntese de ATP por fotofosforilación.
- Realizada por autótrofos.

R. CELULAR

- Oxidación de glicose a CO_2 e H_2O .
- Obtense enerxía da materia orgánica.
- Síntese de ATP por fosf. oxidativa.
- Realizada por autótrofos e heterótrofos.

preguntas importantes:

- 1) Importancia biolóxica da fotosíntese.
- 2) Características da fotosíntese oxixénica.
- 3) Que é un FS? Constitución e localización.
- 4) Explicar o esquema da fase luminosa acíclica.
- 5) Explicar o esquema da fase luminosa cíclica.
- 6) Fase escura: explicar o ciclo de Calvin.
- 7) Concepto de fotorrespiración.
- 8) Ruba das plantas C_4 .
- 9) Particularidades das plantas CAM.
- 10) Factores que influen na fotosíntese.
- 11) Concepto de quimiosíntese e tipos de bacterias quimiosintéticas.
- 12) Particularidades da fotosíntese anoixénica.
- 13) Diferenzas entre fotosíntese e respiración celular.
- 14) Diferenzas entre f. luminosa cíclica e acíclica.