

Fotosíntesi UD

<http://www.cienciasnaturals.com/fotosin/index.html>

Xavier Varela Pinart (IES Bisbe Sivilla, Calella) 2002

xvarela@xtec.net

Abstract

U Photosynthesis

Unit learning on-line (<http://www.cienciasnaturals.com/fotosin/index.html>) devoted to the study of the photosynthesis within the framework of the subject of biology of the scientific high school of the non-compulsory secondary education in Catalonia and Spain. There is contained facts and concepts, activities of instruction and learning that correspond with the subject 4 (The exchange of matter and energy in the cell) of the official frame proposed programming. Also there are activities or exercises of examinations, complementary activities and methodical orientations and resources for the teaching staff. On the other hand, in the version on-line there are items that can be used as complementary activities, of synthesis or as application of important topics in the subjects 1 (The biosphere) and 2 (The chemistry of the life) of official frame. Finally, it is necessary to point out that this article and each of the original illustrations can copy freely of internet.

Presentació

"L'objectiu de la vida de mantenir-se i perpetuar-se per si mateixa es pot entendre com un fenomen fisicoquímic, objecte d'estudi de la termodinàmica. Som ones temporalment identificables en un corrent que ens entra en forma de llum, calor, aire, aigua, llet... i surt en forma de gas i excrements -però també també en forma de semen, bebès, paraules, política, guerra, poesia i música."

Alan Watts (1915-1973) escriptor i filòsof angloamericà

Aquesta unitat didàctica està dedicada a l'estudi de la fotosíntesi en el marc de l'assignatura de biologia del batxillerat científic de l'ensenyament secundari postobligatori a Catalunya. Els seus continguts conceptuals corresponen principalment al tema 4 (L'intercanvi de matèria i energia a la cèl·lula) de la programació oficial. Per altra banda, els materials de la unitat també es relacionen amb els temes 1 (La biosfera) i 2 (La química de la vida); així, en la versió en línia hi ha materials que es poden fer servir com a activitats complementàries, de síntesi o d'aplicació d'aquests dos temes.

UD Fotosíntesi és una unitat didàctica estructurada de la manera següent (seqüència d'instrucció-aprenentatge):

- 1.- Activitats inicials
- 2.- La fotosíntesi
- 3.- Activitats d'aprenentatge
- 4.- Activitats d'avaluació
- 5.- Avaluació
- 6.- Guia del professorat: algunes orientacions didàctiques i recursos

1.- Activitats inicials

1) Llegiu el paràgraf següent i contesteu les qüestions que hi ha a continuació:

<<La matèria orgànica de què són fets els éssers vius consta de molècules químiques molt complexes, resultat d'engranar i enllaçar nombroses estructures elementals. Els quatre elements principals són el carboni, el nitrogen, l'oxigen i l'hidrogen; en un segon pla, pel que fa a les plantes, se situen el fòsfor i el potassi. El nitrogen, l'oxigen i el carboni abunden en l'aire, mentre que el mateix nitrogen, el fòsfor, el potassi i l'aigua (que conté hidrogen i oxigen) estan més o menys present en el sòl. Les plantes es proveeixen de carboni atmosfèric i recorren a l'aigua, el nitrogen, al fòsfor i al potassi continguts en el sòl.>> [1]

1.1.- Quins són els quatre bioelements més importants en els animals? I, en els fongs?

1.2.- D'on obtenen els animals aquests quatre bioelements?

[1] Aquest paràgraf pertany al text "La producció de matèria orgànica" que podeu trobar a la pàgina 62 del llibre de Ramon Folch: Comprendre la natura (Editorial Barcino, 1990)

2) Fixeu-vos en la xarxa tròfica següent:

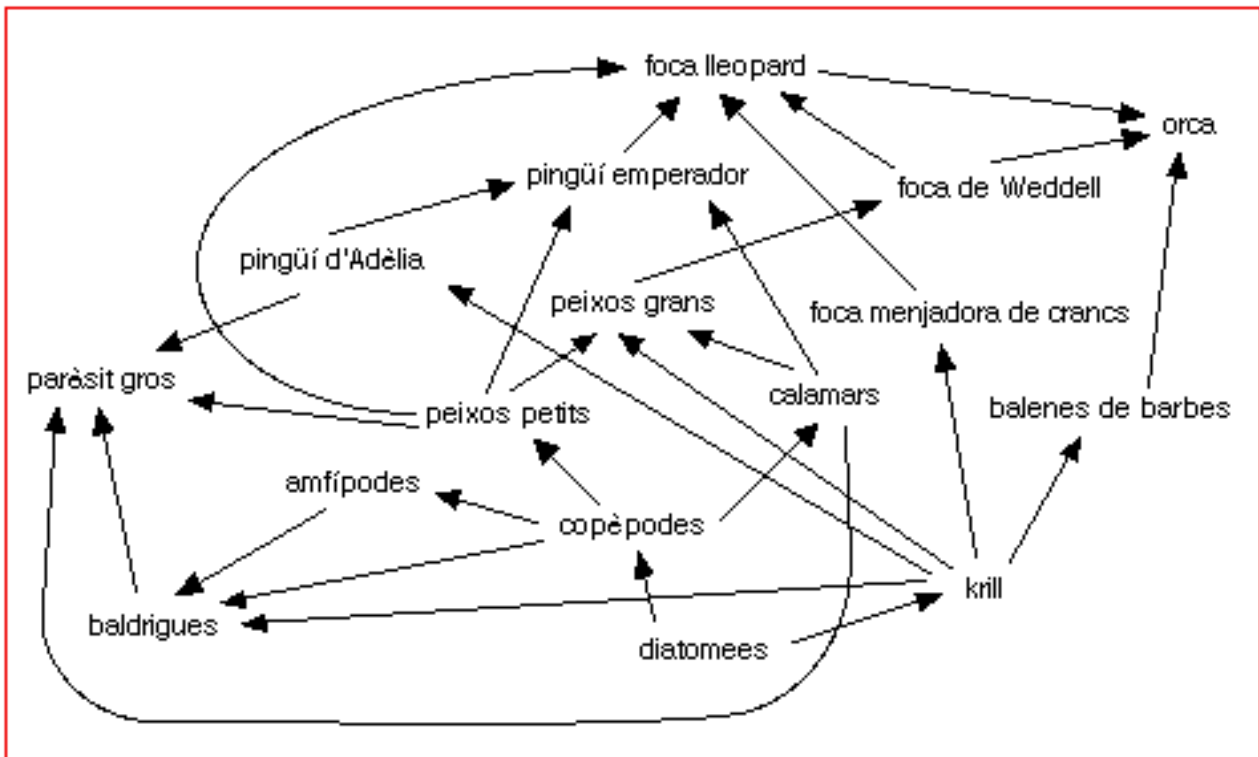


Figura 1

(<http://www.cienciasnaturals.com/biologia/images/antar.gif>)

Aquesta xarxa correspon a l'oceà Antàrtic; les fletxes assenyalen quins organismes són l'aliment d'altres. Així, per exemple, els copèpodes són l'aliment dels calamars.

2) cont.

Suposem que unes tonyines -peixos grans- d'aquest oceà migren cap a l'Atlàntic sud, i que, un cop pescades i enllaunades, arriben a la nostra taula. D'on procedeixen els àtoms de carboni dels greixos i les proteïnes que hi ha en aquestes tonyines d'origen austral? Representeu-ho mitjançant un esquema.

3) La figura següent correspon al cicle del carboni:

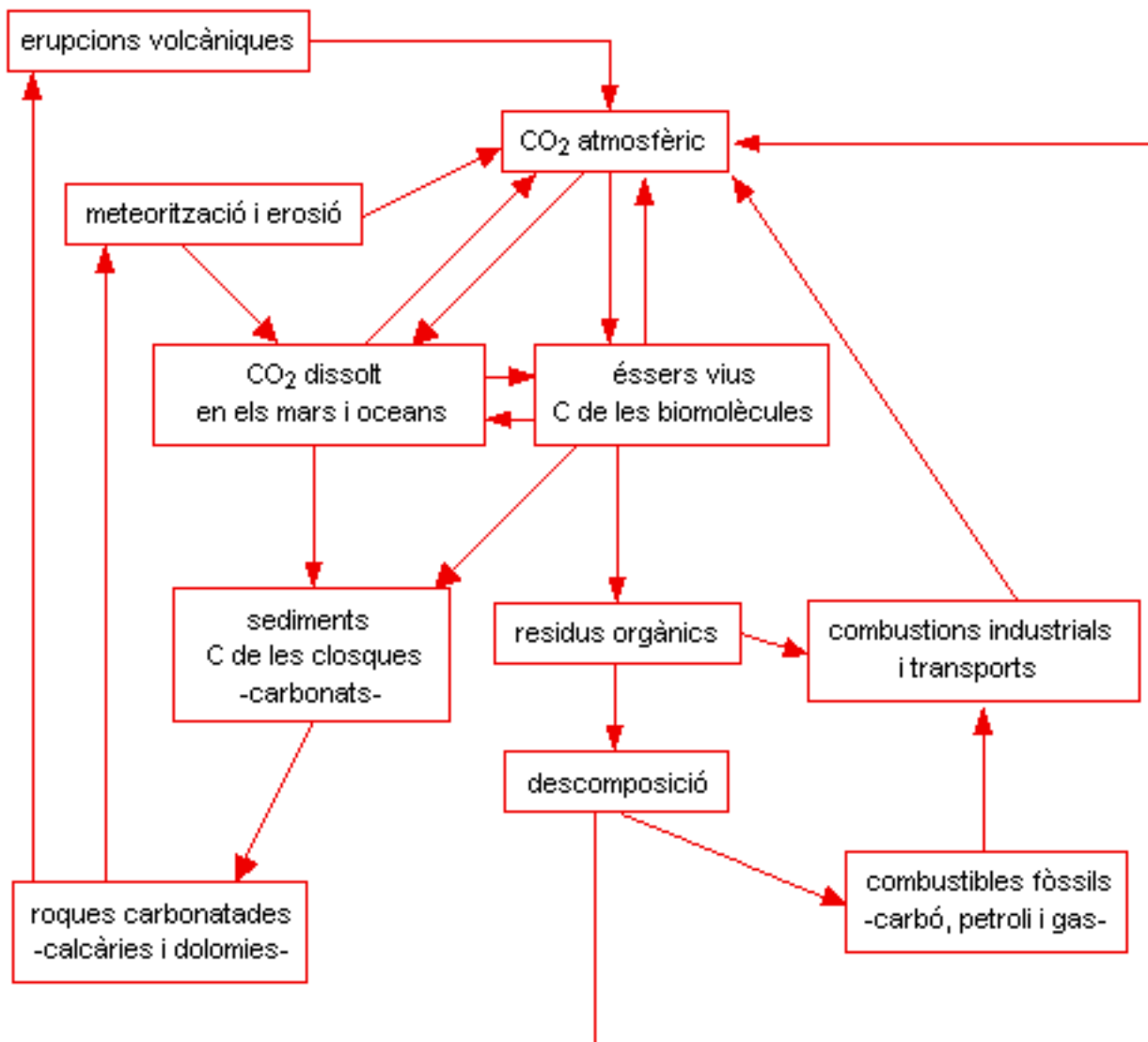


Figura 2

(<http://www.cienciasnaturals.com/pdfs/cicle.carboni.pdf>)

Expliqueu el cicle biogeoquímic del carboni.

4) Confeccioneu un mapa conceptual sobre la nutrició dels éssers vius.

2.- La fotosíntesi

Sabem que tots els éssers vius obtenen l'energia a partir de l'oxidació de biomolècules. No obstant, si considerem tots els tipus de cèl·lules existents en la biosfera, podem definir dos grans models de metabolisme atenent a la font d'energia: el metabolisme autòtrof i el metabolisme heteròtrof.

Per altra banda, el catabolisme aeròbic és un procés pràcticament universal en la biosfera, a excepció d'alguns microorganismes anaeròbics que no poden viure en presència d'oxigen molecular en el medi, mantenint d'aquesta manera uns models metabòlics ancestrals propis dels temps geològics arqueans quan l'atmosfera primitiva terrestre no tenia oxigen molecular. Així, els primers microorganismes terrestres van viure en un món anòxic amb un metabolisme similar al dels bacteris fermentadors actuals. Suposem que les primitives poblacions de fermentadors, a mesura que consumien els compostos reduïts presents en el medi, van haver de trobar-se amb un greu problema: l'escassetat en el medi de materials que els hi subministressin energia. L'evolució, per tant, va haver de seleccionar aquells microorganismes que eren capaços de produir, a partir de materials simples del medi, els seus propis nutrients rics en energia.

Així, mentre que una cèl·lula heteròtrofa catabolitzava molècules de glucosa procedents del seu entorn extracel·lular, una cèl·lula autòtrofa ha de sintetitzar prèviament la glucosa abans de poder-la catabolitzar. Aquest procés de síntesi de biomolècules parteix del diòxid de carboni i de l'aigua com a substrats inicials i requereix, com a font d'energia, la llum del Sol. D'aquí ve el nom de fotosíntesi que reben els processos de síntesi exclusius de les cèl·lules autòtrofes. Totes les cèl·lules fotosintetitzadores, a excepció dels bacteris, tenen cloroplasts. En aquests orgànuls estan presents les molècules de les clorofil·les. Cada molècula d'aquests pigments de color verd conté un anell porfirínic amb un àtom de magnesi (figura 3).

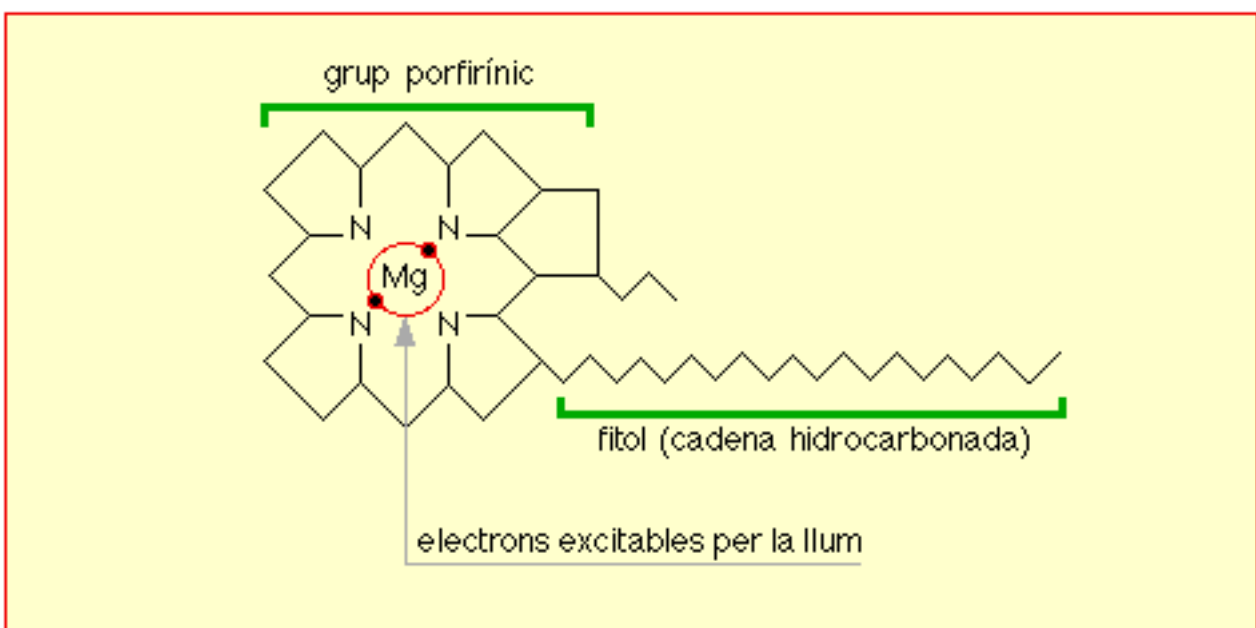


Figura 3: estructura molecular de les clorofil·les
(<http://www.cienciasnaturals.com/biologia/images/fotos2.gif>)

En general, quan una molècula rep llum, els seus electrons són impulsats a un nivell energètic superior. Normalment, aquesta energia addicional és dissipada en forma de llum o calor i els electrons retornen al seu estat inicial. No obstant, quan es tracta dels electrons que mantenen unit l'àtom de magnesi en el centre d'un anell porfirínic, aquests electrons són excitats per la llum i salten de les molècules de clorofil·la. Els electrons excitats són recollits per proteïnes transportadores, algunes de les quals catalitzen reaccions acoblades de síntesi d'ATP a partir d'ADP i àcid fosfòric. Aquest fenomen de transport electrònic és similar al que succeeix en les crestes mitocondrials durant la respiració cel·lular. Al final del transport electrònic pot produir-se la reducció del nucleòtid NADP (fosfat del dinucleòtid de nicotinamida i d'adenina):



Hem d'assenyalar que els hidrogenions procedeixen de les molècules d'aigua o dels grups hidroxil que s'han trencat a conseqüència de la pèrdua d'un electró:



Aquest electró que prové de l'aigua, va a parar a la molècula de clorofil·la inestable, la qual recupera, d'aquesta manera, la seva estabilitat electrònica. Aquest procés rep el nom de fotòlisi. No obstant, no totes les molècules de clorofil·la recuperen els electrons perduts a partir de l'aigua, hi ha algunes que els reben de les mateixes cadenes transportadores d'electrons, una vegada aquests han perdut l'energia inicial que provocà el salt electrònic.

En general, el procés de la fotosíntesi consta de dues fases diferents (fig. 4), cadascuna de les quals té les seves reaccions químiques característiques. Així, tot el procés d'excitació electrònica de la clorofil·la que acabem de d'escriure, constitueix la fase fotoquímica o, segons la terminologia clàssica, fase lumínica.

Els productes metabòlics de la fase fotoquímica són el NADPH i l'ATP. Durant aquesta etapa es produeix a més de la hidròlisi de l'aigua, el desprendiment d'oxigen molecular cap a l'atmosfera. Hem de recordar que l'oxigen no era un component habitual de l'atmosfera primitiva de la Terra ni de les erupcions volcàniques. Només una intensa activitat fotosintètica portada a cap, primer per bacteris fotosintetitzadors, després per les algues i posteriorment pels vegetals, ha provocat la presència continuada de l'oxigen molecular en l'atmosfera terrestre.

La segona etapa de la fotosíntesi és la fase biosintètica, o fase obscura o fase fosca, de la qual la reacció principal és la reducció del diòxid de carboni atmosfèric i la seva incorporació a les cadenes carbonades de les biomolècules. Les reaccions metabòliques d'aquesta segona fase reben el nom de cicle de Calvin, en honor al descobridor del procés, Melvin Calvin que en 1956 va descobrir en cultius de una alga unicel·lular (*Chorella*) els diferents passos que suposen la incorporació i fixació del diòxid de carboni.

Les reaccions de la fase lumínica succeeixen en les membranes internes dels cloroplasts, les membranes tilacoïdals, on es troben ubicades les molècules dels pigments (les clorofil·les i els carotens), les molècules dels transportadors d'electrons i les ATP sintetases, formant uns conjunts funcionals, els fotosistemes, amb un nombre de molècules que oscil·la entre les 700 i les 900 unitats per fotosistema. Al contrari, els enzims que catalitzen la fase fosca o biosintètica es troben dissolts en l'estroma del cloroplast.

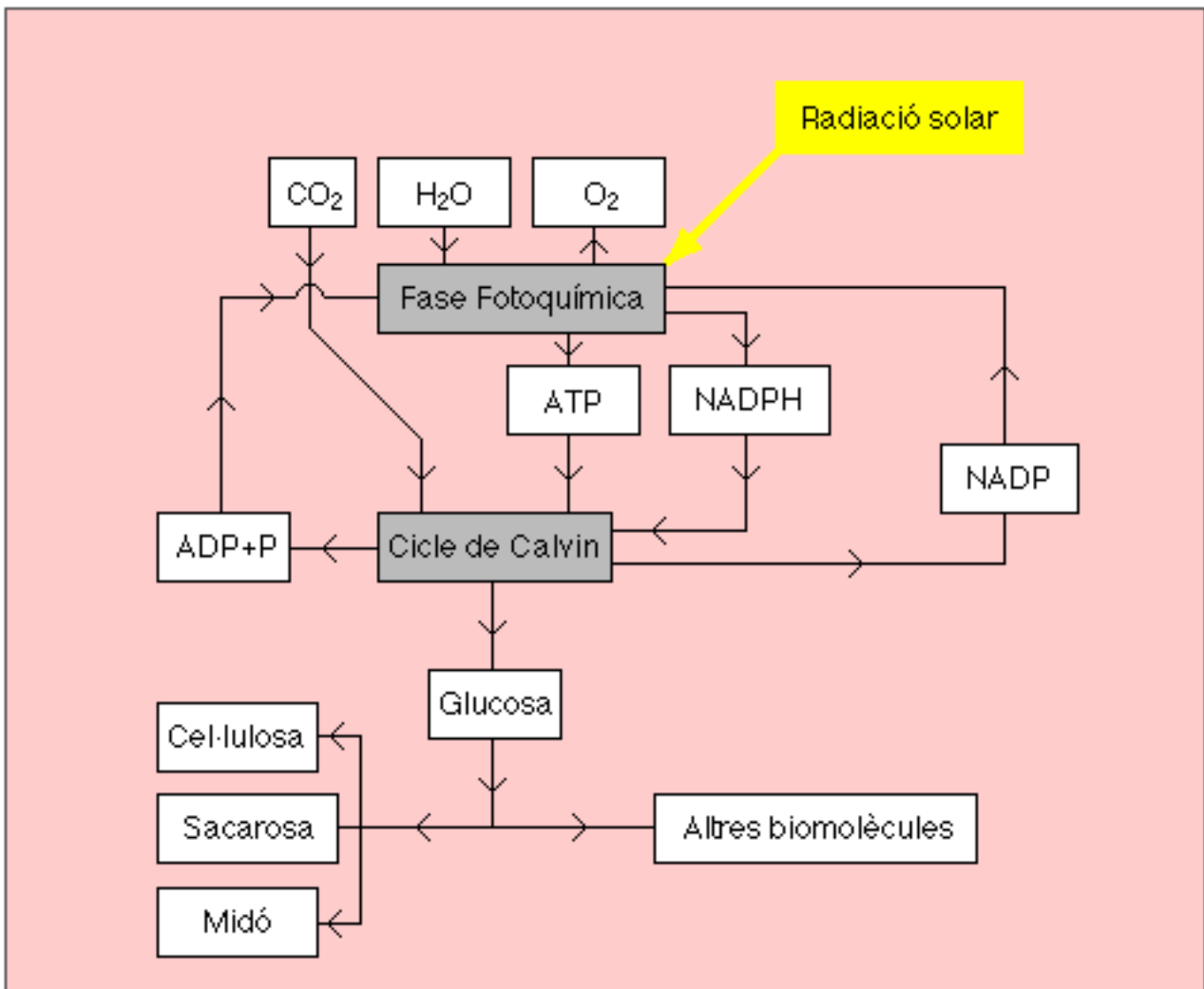
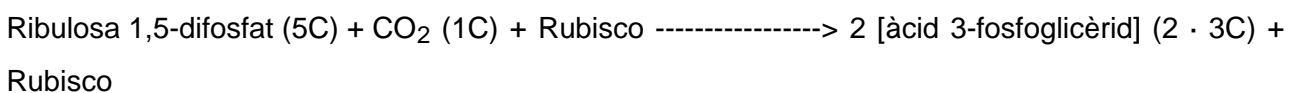


Figura 4: esquema general de la fotosíntesi
 (<http://www.cienciasnaturals.com/biologia/images/fotos1.gif>)

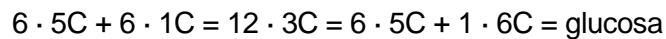
La principal reacció del cicle de Calvin està catalitzada per l'enzim "rubisco", abreviació de ribulosa 1,5-difosfat carboxilasa oxidasa, una proteïna d'elevada massa molecular que, en les plantes superiors, constitueix més de la meitat del contingut proteínic de les fulles:



A continuació, les molècules d'àcid fosfoglicèrid es redueixen a partir de l'ATP i del NADPH procedents de la fase fotoquímica:

Àcid 3-fosfoglicèrid + ATP + NADPH -----> 3-fosfogliceraldehid + ADP + àcid fosfòric + NADP

El 3-fosfogliceraldehid és un monosacàrid que es va acumulant en el cloroplast i a partir del qual es sintetitzaran molècules de monosacàrids de nova síntesi, principalment glucosa, i es regeneraran les molècules de ribulosa 1,5-difosfat. Així, per a la síntesi d'una molècula de glucosa són necessàries sis molècules de diòxid de carboni i sis molècules de ribulosa 1,5-difosfat:



La fotosíntesi és un procés anabòlic que, a més a més de monosacàrids, sintetitza els àcids grassos per a formar els fosfolípids de les membranes, i tots els aminoàcids necessaris per a les síntesis de proteïnes i de nucleòtids. Els àtoms de nitrogen dels aminoàcids procedeixen del catió amoni (NH_4^+).

Alguns microorganismes com els bacteris Rhizobium i Azotobacter són capaços de fixar el nitrogen molecular i reduir-lo a amoníac. Els vegetals a més de l'amoni (NH_4^+) també poden fer servir nitrats (NO_3^-) o nitrits (NO_2^-) com a font del nitrogen per als aminoàcids i les bases nitrogenades. Els ions nitrat i nitrit són reduïts a amoni a partir del nucleòtid reduït NADPH procedent de la fase lumínica.

Entre els factors que modulen l'activitat fotosintètica hi ha la intensitat lluminosa, la concentració de diòxid de carboni, la temperatura, la humitat ambiental i la concentració d'oxigen. Així, cada espècie vegetal té uns valors límit per a la concentració de CO_2 , de temperatura i d'humitat en els quals el rendiment de la fotosíntesi és màxim. Quan augmenta la concentració d'oxigen atmosfèric es redueix la fotosíntesi perquè l'enzim rubisco actua com a una oxidasa i en lloc de fixar molècules de CO_2 trenca les molècules de ribulosa-difosfat.

A continuació, en el full següent, tenim l'esquema general del metabolisme d'una cèl·lula fotosintetitzadora (figura 5).

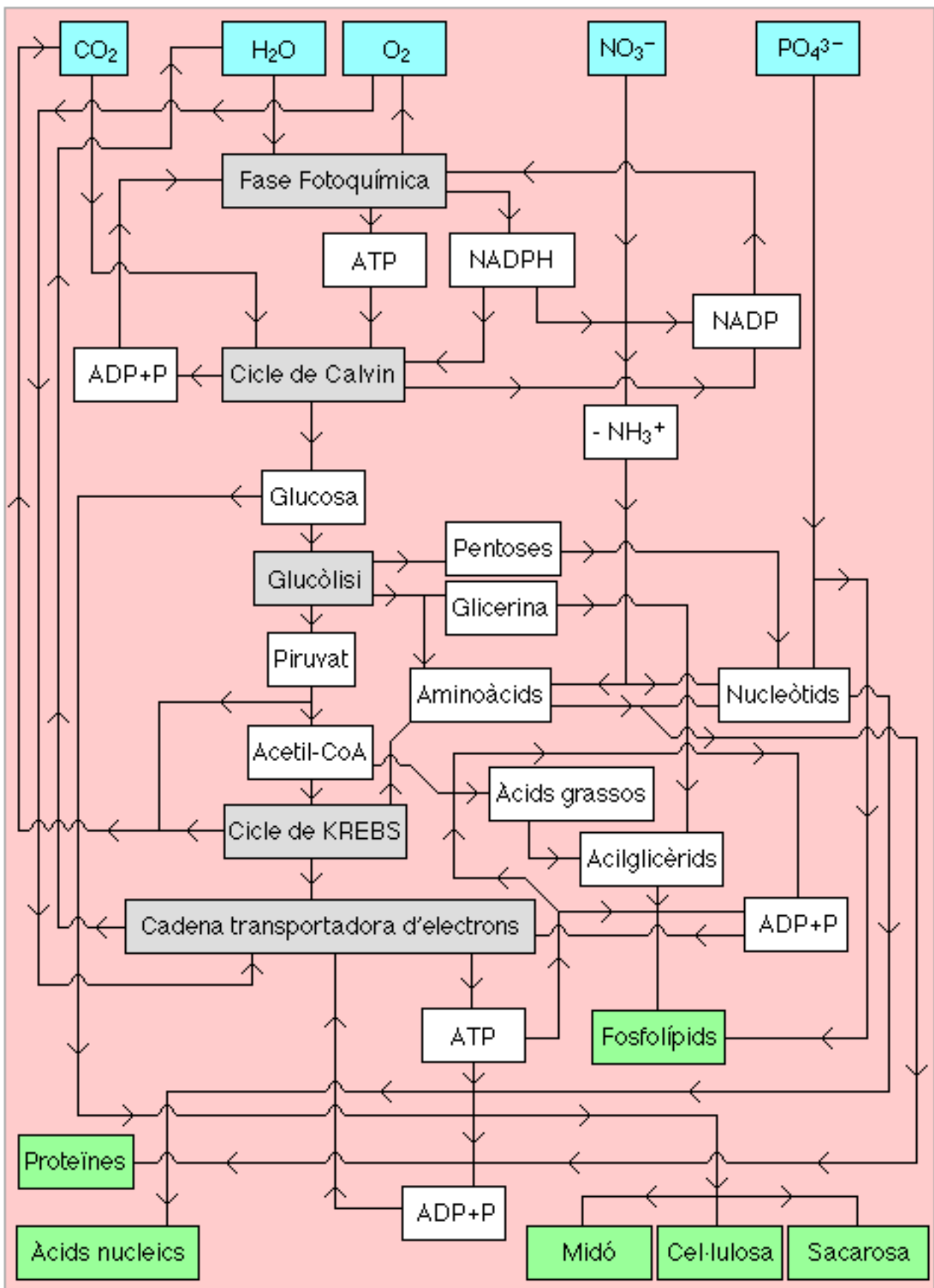


Figura 5 (<http://www.cienciasnaturals.com/biologia/images/anabvg.gif>)

3.- Activitats d'aprenentatge

1) Consulteu en la hiperenciclopèdia (en línia) tota la informació referent als cloroplasts i contesteu les qüestions següents:

1.1.- Identifiqueu les ultraestructures numerades en l'esquema:

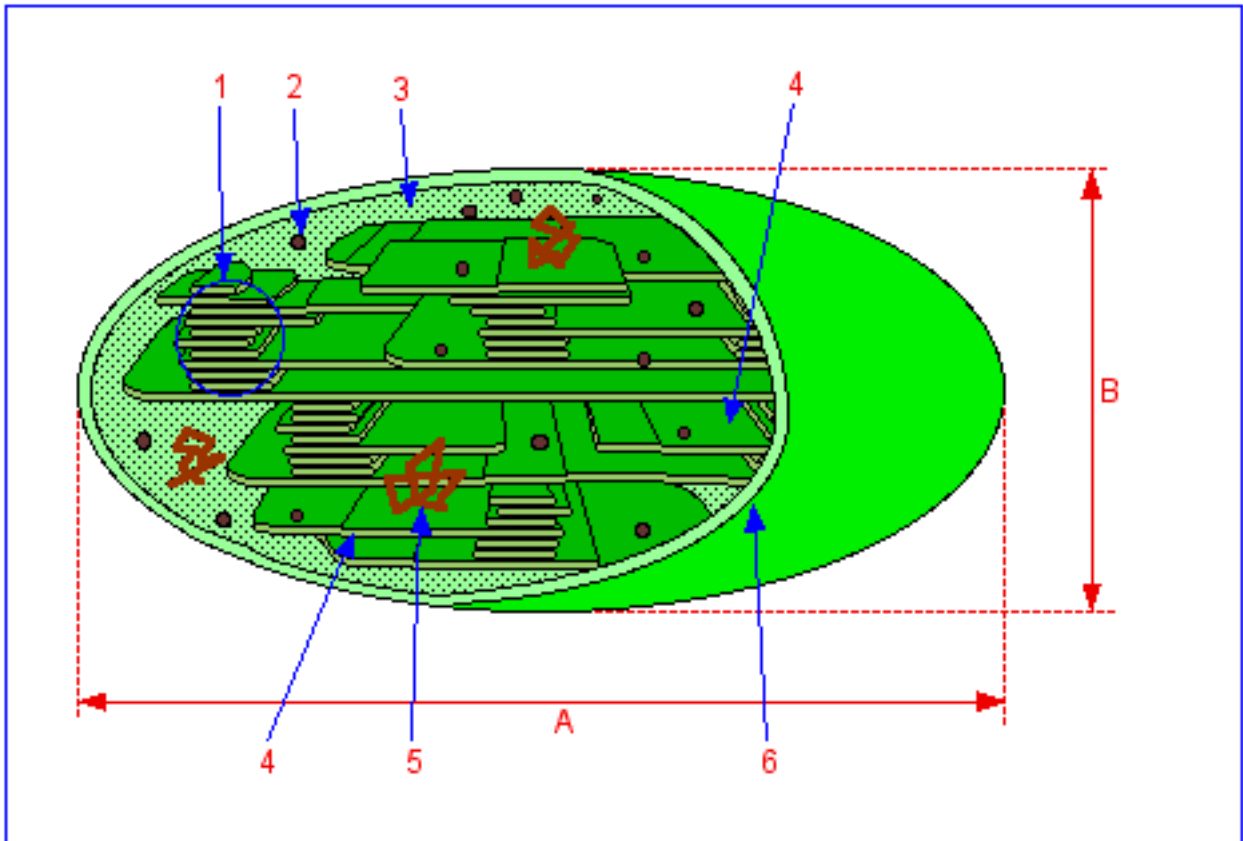


Figura 6: esquema mut d'un cloroplast
(<http://www.cienciasnaturals.com/fotosin/images/cloroplast3.gif>)

- 1.2.- Quines són, aproximadament, les mides A i B?
- 1.3.- Quina altra denominació reben les estructures assenyalades amb el 4?
- 1.4.- A més a més de la forma biconvexa, quines altres morfologies presenten els cloroplasts en les algues?
- 1.5.- Totes les cèl·lules d'una planta superior tenen cloroplasts? Raoneu la resposta.
- 1.6.- Quina quantitat de cloroplasts podem trobar en cèl·lules d'un vegetal superior?
- 1.7.- Els colors que s'han fet servir en l'esquema anterior no són reals. El color d'un cloroplast es degut als seus pigments; a quines estructures es localitzen aquests pigments?

2) Els cloroplasts i els amiloplasts són plastidis. Expliqueu què és un plastidi i un amiloplast.

3) Fent ús d'un cercador d'imatges a la xarxa, cerqueu una micrografia electrònica d'un cloroplast i baixeu-la al vostre ordinador. Editeu un full amb la micrografia i l'esquema anterior de la ultraestructura dels cloroplasts, de manera que es puguin comparar amb facilitat les dues imatges. A banda dels colors, quina és la principal diferència que hi ha entre el dibuix d'un cloroplast típic i la micrografia electrònica que heu trobat?

4) Respiren el vegetals? Comproveu-ho al laboratori amb aquest experiment de Molisch:

Agafeu uns 100 g de pèsols o cigrons secs i poseu-los en un flascó de broc gros (de 300 cc), cobriu-los amb aigua durant dotze o vint-i-quatre hores. A continuació, esbandiu les llavors amb aigua neta, renteu i assequeu el flascó, i, un cop retornades les llavors una mica empapades d'aigua, tanqueu-lo hermèticament. Cal fer, paral·lelament, un control amb un flascó buit i tancat. Al cap de 24 hores obriu els dos flascons i introduïu-hi un llumí encès en cadascun d'ells. Fixeu-vos en el comportament de les petites flames i justifiqueu els resultats.

4.1.- Aquest experiment, ens proporciona una resposta a la pregunta inicial d'aquesta activitat? Raoneu-ho.

4.2.- Per quin motiu s'escullen les llavors en comptes d'altres parts de les plantes per fer aquest experiment?

4.3.- Per quina raó les llavors s'han de tenir entre dotze i vint-i-quatre hores amb aigua?

5) Jan Baptista Helmont, un metge flamenc del segle XVII, va cultivar un salze en un recipient amb terra al qual només subministrava aigua de pluja. En cinc anys l'arbre va créixer considerablement, malgrat que la quantitat de terra del recipient no havia disminuït de forma significativa en tot aquest temps. Aquest metge va concloure que les substàncies de l'arbre procedien de l'aigua que havia anat fent servir per humitejar la terra. Quina seria la interpretació de l'experiment de Helmont segons els coneixements actuals de la fotosíntesi?

6) Obtenció de pigments vegetals:

1a. part) Trenqueu a trocets les fulles d'espinaques i poseu-les en un morter amb una mica de sorra de platja rentada. Piqueu-les amb la mà de morter i, a continuació, afegiu-hi una mica d'alcohol de 70 i continueu la trituració fins a l'obtenció d'un líquid del mateix color que les fulles. Filtreu-ho de manera que el preparat quedi en un tub d'assaig i els residus i la sorra quedin en el morter.

6.1.- Segons els nostres coneixements teòrics, el líquid filtrat què pot ser? Observeu el tub a contrallum; quin color té? Quan la llum, el tub i els nostres ulls no formen una línia recta es pot observar que la coloració canvia; quines tonalitats adquireix? (Aquest fenomen rep el nom de fluorescència)

2a. part) A continuació repartiu el líquid obtingut (serà la solució C) en dos tubs d'assaig; en un d'ells (tub 1) hi afegiu 5 cc. de gasolina, el remeneu bé i el deixeu reposar en una gradeta; apareixeran dues fraccions (solucions A i B). A continuació, amb tires de paper de filtre (o de cromatografia) i càpsules de Petri, feu el següent muntatge; procureu que les tires de paper, plegades en V, no toquin les parets de les càpsules:

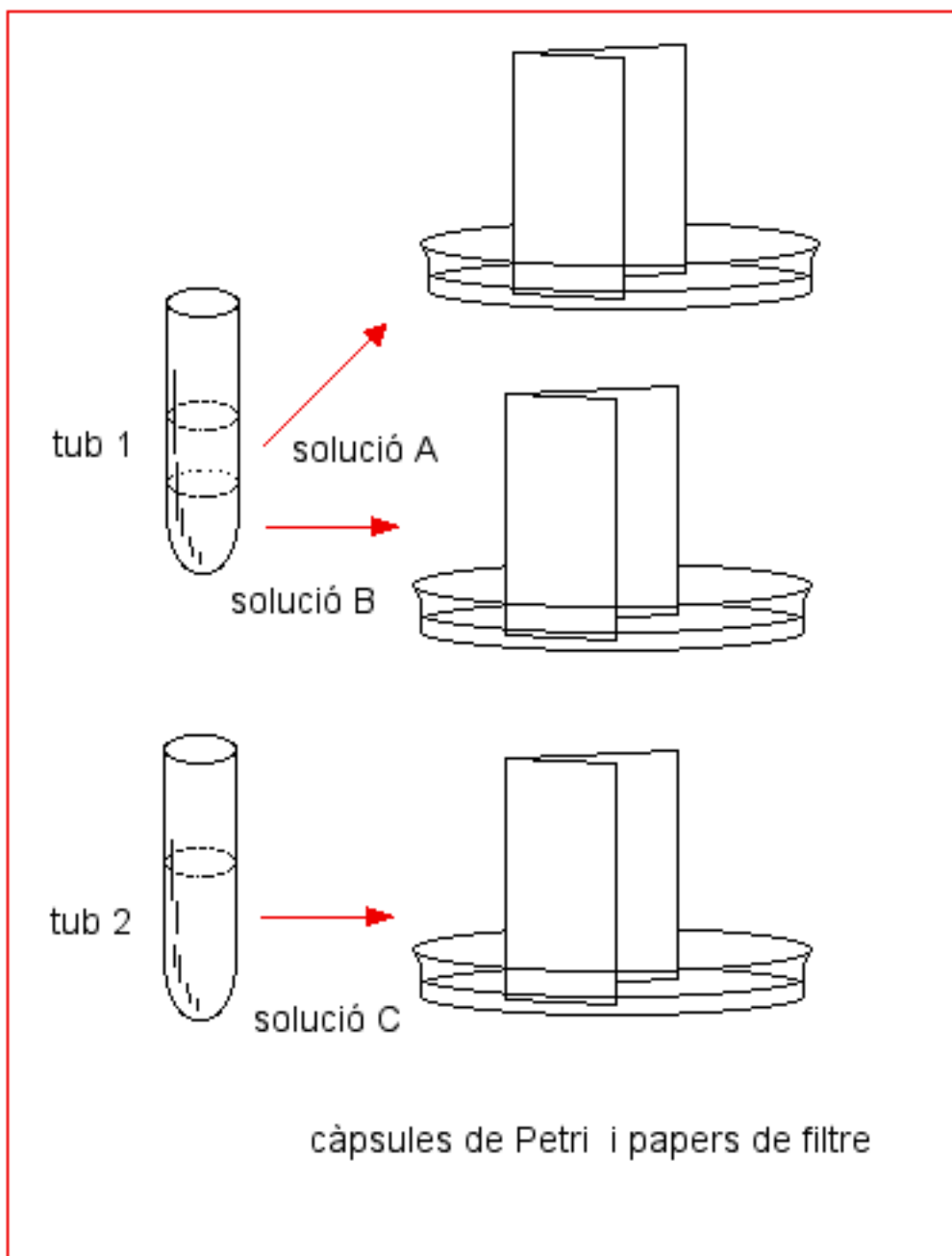


Figura 7: obtenció de pigments vegetals
(<http://www.cienciasnaturals.com/fotosin/images/petri1.gif>)

Finalment, al cap de 15 minuts, treieu els papers, deixeu-los assecar i identifiqueu les diferents bandes obtingudes. Aquí teniu una "guia" que us ha d'ajudar en aquesta darrera tasca.

6.2.- Amb la preparació de les solucions A i B, quins pigments hem separat?

6.3.- Quina funció tenen tots aquests pigments en el procés de la fotosíntesi?

7) Entre els anys 1771 i 1777, el químic anglès Joseph Priestley va realitzar una sèrie d'experiments relatius a la combustió i la respiració, i va arribar a la conclusió que les plantes verdes podien invertir el procés respiratori dels animals. Uns anys després, Johanes (Jan) Ingen-Housz, un metge holandès, va descobrir que les parts verdes de les plantes alliberen oxigen a la llum del Sol. El naturalista suís Jean SÉNÉBIER confirmà les observacions de Jan Ingen-Housz i afirmà, a més, que les plantes feien servir diòxid de carboni dissolt en aigua per alimentar-se.

Al laboratori, feu per duplicat el muntatge següent: agafeu un vas de precipitats gran, ompliu-lo d'aigua, afegiu-hi una culleradeta de bicarbonat (sòdic o potàssic) i poseu-hi unes branques d'Elodea canadensis [2]. A més a més, amb un embut, un tub d'assaig, tres petits suports (tubets de vidre, trocets de suro o plastilina), unes pinces i un suport gran, completeu el muntatge segons la figura 8.

Col·loqueu un muntatge a la llum solar i l'altre a les fosques (control). Al cap de 6 hores, compareu i comproveu els canvis que han succeït en les dues instal·lacions.

[2] Elodea canadensis és una petita planta originària d'Amèrica del Nord que fou introduïda a Europa l'any 1836. Al nostre país només es troba en estanys artificials i aquaris.

7.1.- Amb aquest experiment, quins descobriments històrics, dels assenyalats, hem cromprovat?

7.2.- Quina és la funció del bicarbonat en aquest experiment?

7.3.- Quines altres aportacions a la ciència moderna va fer Joseph Priestley?

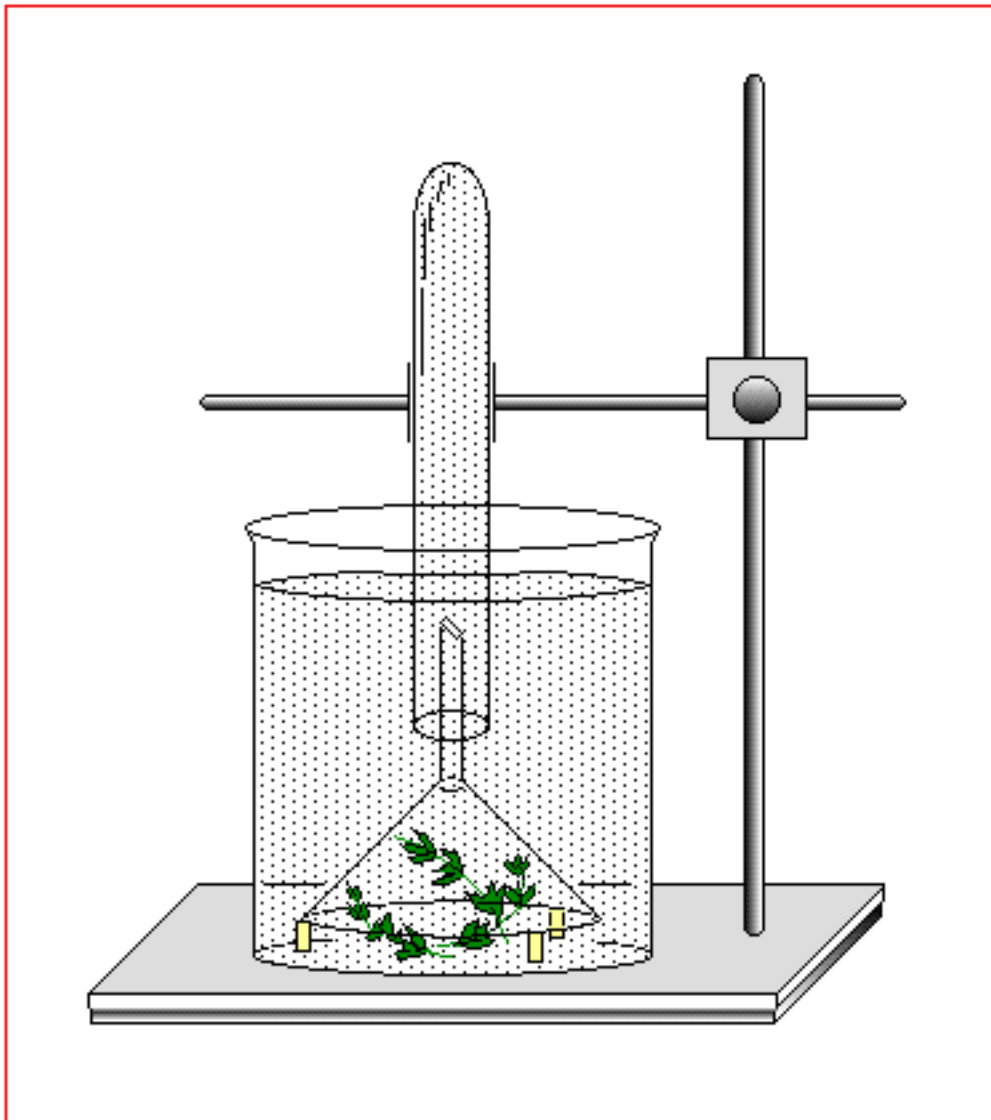


Figura 8: experiment de Jan Ingen-Housz i Jean Sènebier
(<http://www.cienciasnaturals.com/fotosin/images/petri3.gif>)

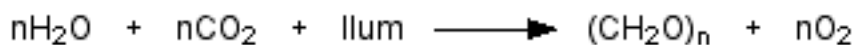
8) Cap allà l'any 1864, el botànic alemany Julius von Sachs va guardar algunes fulles verdes en la foscor durant unes quantes hores amb la finalitat que es consumís tot el midó que poguessin contenir. Després va exposar a la llum una part de les fulles, més o menys la meitat, mentre que la resta de cada fulla la mantenia en la foscor. Passades unes hores, va posar les fulles senceres en contacte amb vapor de iode; el resultat va ser que només les parts il·luminades agafaven una coloració violeta fosc.

8.1.- Què és el midó? Quin paper té en les plantes superiors?

8.2.- Quina va ser la hipòtesi que va voler comprovar Sachs amb el seu experiment?

8.3.- Dissenyeu un experiment que es pugui fer en el laboratori del vostre centre, similar al de Sachs. Tingueu en compte que per provocar la reacció del midó amb el iode cal, en primer lloc, submergir les fulles en aigua bullint (mig minut) i, a continuació, escalfar-les en alcohol al bany maria fins que perdin les clorofil·les. Després només caldrà banyar-les en lugol. Recordeu que el protocol de l'experiment ha de contemplar els controls pertinents.

9) Expliqueu l'equació química següent:



10) A més a més de Melvin Calvin, quins dos altres científics van fer aportacions importants al concepte de la fotosíntesi durant el segle XX? Expliqueu breument les aportacions d'aquests autors.

4.- Activitats complementàries

1) Lectura i exercicis:

<<En termes de cadena alimentària els humans tenen el caràcter de productors secundaris o terciaris, circumstància que comparteixen amb moltes altres espècies animals tròficament comparables. La novetat introduïda per l'espècie humana fou la manera d'assegurar el bon funcionament d'aquesta cadena alimentària: gràcies al conjunt de les seves manifestes habilitats, els humans aconseguiren de servir-se de les altres espècies per al seu profit. No únicament menjant-se-les, sinó fent-les viure als llocs i en les quantitats que els semblava convenient. Els humans, en altres paraules, conceberen i començaren a practicar l'agricultura i la ramaderia.>>

<<L'agricultura és la sàvia explotació d'un fenomen propi de les plantes amb flors: l'existència d'una fase de letargia més o menys llarga dels seus embrions. Les llavors de les fanerògames -que són embrions dotats de substàncies alimentàries de reserva per a garantir-ne el desenvolupament fins que atenyen la condició d'organismes autòtrofs- permeten el transport, la concentració i la germinació sincrònica de molts individus. Aquesta pràctica també és possible amb altres propàguls de fanerògama, com els tubercles o els bulbs, els quals facilitaren encara més les coses als humans. Reduïts de primer a la recol·lecció venturera de fruits i altres elements comestibles, talment com qualsevol altre productor secundari, els humans saberen aprofitar-se dels mecanismes reproductius de les fanerògames. Comprès i controlat el mecanisme de la germinació -o de l'emissió de gemmes-, l'agricultura fou un fet, millorat per l'adquisició d'acumulables experiències agronòmiques.>>

<<Una cosa comparable passà amb els aliments d'origen animal. En aquest cas, l'habilitat consistí a capturar i a reduir a estat de domesticitat determinades espècies d'animals salvatges. No cal dubtar que els intents foren nombrosos i que només un nombre reduït d'espècies animals fou capaç de tolerar les condicions de captivitat o de supeditació als humans. Per això també acabà aconseguint-se i la ramaderia i els animals domèstics foren un fet. La caça, com la recol·lecció, anà quedant progressivament relegada.>>

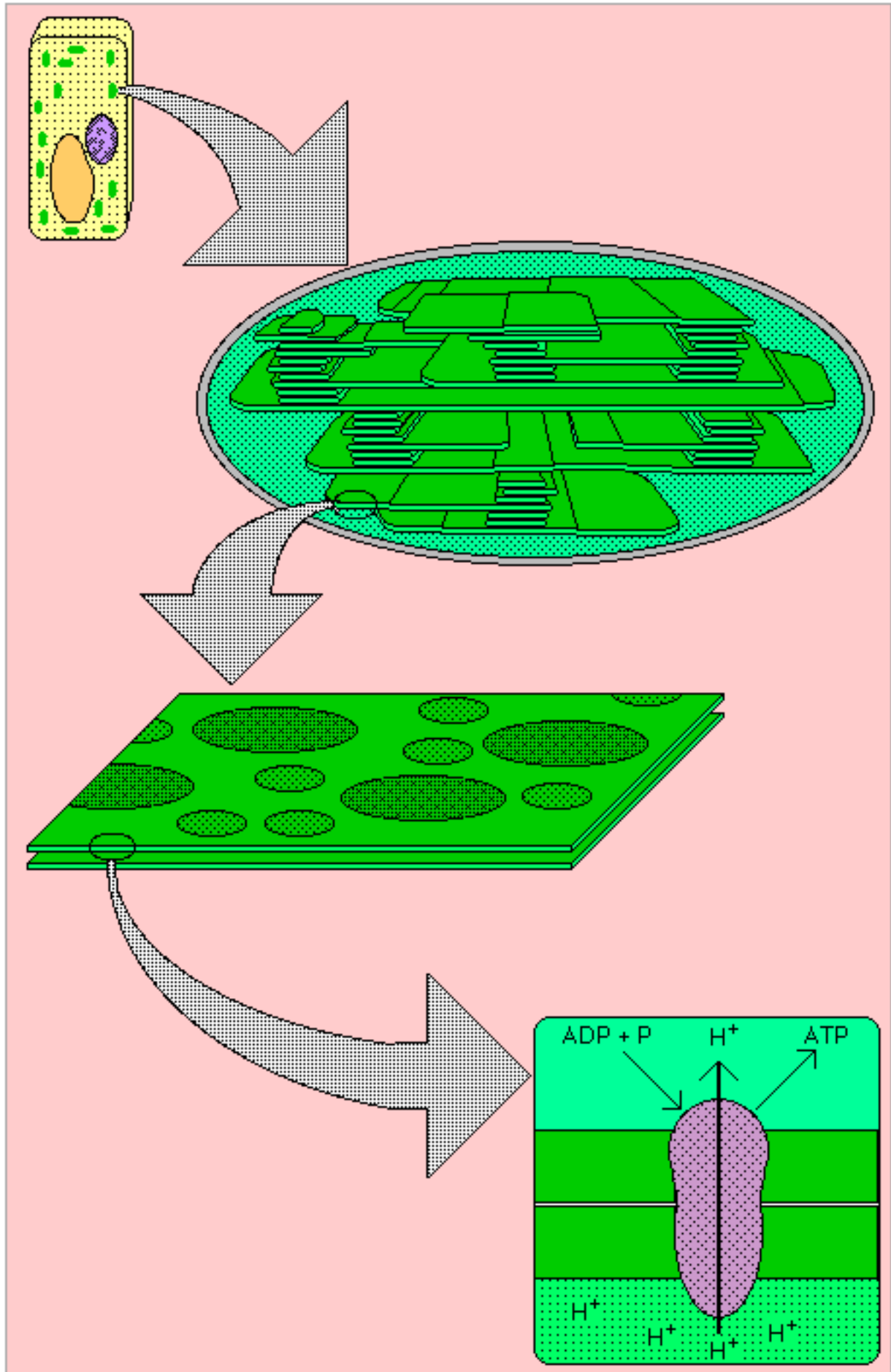
<<Tant l'agricultura com la ramaderia, per elles mateixes, constitueixen una activitat singular i exclusiva dels humans, premonitòria de la seva tendència a apoderar-se de tot allò que pobla el planeta. Però el seu interès desborda àmpliament el marc d'aquesta observació, perquè a causa de l'agricultura i la ramaderia els humans començaren a estrafer les cadenes tròfiques i les piràmides de biomasses esperables per a cada espècie i per a cada indret. Amb l'agricultura i la ramaderia els humans introduïren la presència forçada d'excedents en els sistemes naturals, fet no previst pels mecanismes ecològics. A causa d'aquests excedents el nombre d'humans va poder multiplicar-se molt per sobre del que hauria estat pensable inicialment, i alhora es veieren alterats el paisatge vegetal i la circulació de nutrients minerals.>>

Text adaptat de "BIOSFERA: 1.- Planeta blau" (R. Folch i aa.vv.) pàgines 243 i 244.
Enciclopèdia Catalana - UNESCO, Barcelona, 1993

- 1.1.- Què són productors secundaris?
- 1.2.- Què és una letargia?
- 1.3.- Les llavors són organismes fotosintetitzadors? Raoneu la resposta.
- 1.4.- Què és un propàgul?
- 1.5.- Què és una piràmide de biomassa?
- 1.6.- L'agricultura ha representat una modificació dels processos fotosintetitzadors dels ecosistemes terrestres? Justifiqueu la resposta.
- 1.7.- Quina activitat humana tròfica, a banda de la caça, i la recol·lecció, encara depèn actualment de productors primaris no modificats pels humans? Quins problemes creieu que genera aquesta activitat humana?
- 1.8.- Visiteu el portal de l'Organització de les Nacions Unides per a l'agricultura i l'alimentació, la FAO, i feu una ressenya d'aquest web, assenyalant les característiques generals del portal, el tipus d'informació i de documents que hi ha, i algunes pàgines interessants.

5.- Avaluació

- 1.- Editeu en el vostre ordinador un document amb l'esquema del full següent (full 16) i ompliu els espais buits amb els corresponents conceptes de bioquímica.
- 2.- Redacteu un text explicatiu de la il·lustració del full 17.



full 17: figura 10 (<http://www.cienciasnaturals.com/fotosin/images/fotosin3.gif>)

- 3.- Els tilacoides dels cloroplasts de moltes plantes superiors tenen una orientació paral·lela entre si, i, a més, els cloroplasts estan situats en paral·lel a la superfície cel·lular. Proposeu una explicació a aquests dos fets.
- 4.- Cap allà l'any 1804 el naturalista suís Nicolas Théodore Saussure va determinar la quantitat d'oxigen i de matèria seca produïda per les plantes; va comprovar que era major que la quantitat de diòxid de carboni consumit durant la fotosíntesi. D'on procediria l'excés de pes?
- 5.- Escriviu les equacions de les principals reaccions químiques de la primera fase de la fotosíntesi.
- 6.- Quins són els tres noms que rep la segona fase de la fotosíntesi. Justifiqueu cadascun d'ells.
- 7.- Ompliu els espais buits del text següent:
<<El principal element emprat en la fotosíntesi, el _____, és present en l'aire en forma d'_____. Durant la fotosíntesi, l'_____ de l'_____ és desestimat i retornat a l'aire _____: és per això que les _____ "purifiquen" l'aire, segons expressió popular, perquè l'enriqueixen en _____ i sobretot n'absorbeixen l'_____.
_____.
Els animals només _____ i tendeixen, per tant, a acumular _____ en l'aire ("enrareixen" l'_____ en els llocs _____, com també ho fa una _____ de nit, aleshores que, per manca de _____, no _____ i només _____).>>
- 8.- En l'experiment de Molisch, si preparéssim un tercer flascó amb llavors, i durant les 24 hores el manteníssim en la foscor, quin resultat n'obtindríem? Raoneu la resposta.
- 9.- Amplieu amb nous conceptes i proposicions, i completeu les que falten en aquest mapa conceptual.
- 10.- Expliqueu el paper de la fotosíntesi en la nutrició de l'espècie humana.

6.- Guia del professorat: algunes orientacions didàctiques i recursos

Els recursos en línia a l'ensenyament secundari de les ciències naturals haurien de completar l'ensenyament "tradicional" basat en classes més o menys magistrals, en els llibres de text, en els apunts de l'alumnat i en els treballs pràctics de camp o de laboratori. Des d'un punt de vista didàctic, Internet és una eina que permet l'establiment d'itineraris d'aprenentatge personalitzats en un mateix grup de classe; és a dir, ens permet fer propostes d'ampliació o d'aprofundiment dels diferents temes de l'assignatura. Per altra banda, la xarxa ofereix al professorat i a l'alumnat de la possibilitat de disposar de diferents recursos d'una manera immediata i d'adaptar-los amb més o menys facilitats -calen coneixements d'autoedició- als interessos i necessitats de cadascú. Val a dir però, que no és una tasca nímia la recerca de recursos didàctics a la xarxa, ni la seva ordenació, ni la seva adaptació a l'aula de secundària.

De fet, aquesta unitat didàctica només pretén ser un reservori de materials a l'abast de professors i alumnes per a l'aprenentatge del concepte científic de la fotosíntesi i que sigui útil i accessible en línia. "Fotosíntesi UD" ha defugit de sofisticacions tècniques que comporten una actualització de "l'ensenyament programat" que va intentar fer fortuna cap allà els anys setanta, i ha defugit també de l'ús d'elements de disseny que podrien afavorir una infantilització del treball en línia a l'aula. Cal que l'alumnat adolescent entengui que l'aprenentatge de les ciències, com la mateixa "ciència", requereix d'un treball rigurós, constant i concentrat, lluny de la dispersió i la superficialitat.

Finalment, cal tenir en compte que una de les eines més innovadores que ens ofereix el treball en línia a l'ensenyament secundari és l'ús del correu electrònic incorporat al binomi professor-alumne. A través dels missatges podem enviar els deures, les correccions i comentaris dels exercicis, els aclariments de les explicacions a l'aula, intercanviar apunts i informes de pràctiques, (...) guanyar temps, i estalviar paper i fotocòpies!

6.1.- Correspondència amb la programació oficial

"Fotosíntesi UD" contempla, d'una manera o altra, els continguts procedimentals següents:

- 1.- Utilització i aplicació de les habilitats bàsiques, les tècniques i les estratègies intel·lectuals per a l'anàlisi dels fets i els processos biològics.
 - 1.1.- Planificació i realització d'experiències. Formulació d'hipòtesis. Identificació i control de variables.
 - 1.2.- Planificació i realització d'observacions d'organismes i fenòmens.
 - 1.3.- Selecció i maneig adequat del material comú de laboratori i del de l'equip informàtic.
- 2.- Recerca, comentari, ús i referència de bibliografia.
 - 2.1.- Recerca, valoració, utilització i referència de material bibliogràfic i telemàtic.
 - 2.2.- Comentari de textos científics.
 - 2.3.- Anàlisi de seqüències de vídeos i fotografies científiques.
- 3.- Tractament i interpretació de la informació, qualitativa i quantitativa, obtinguda en l'anàlisi dels processos biològics.
 - 3.1.- Elaboració de quadres de diverses entrades, de jerarquies de conceptes, de resums, de mapes conceptuals, de diagrames de flux i de protocols de pràctiques.
 - 3.2.- Utilització i construcció de taules numèriques i de gràfics de diferents tipus, usant, si escau, programes informàtics.
- 4.- Comunicació
 - 4.1.- Expressió, oralment o per escrit, de la informació obtinguda a partir de l'anàlisi dels processos biològics.
 - 4.2.- Utilització del llenguatge científic.
 - 4.3.- Elaboració i presentació de treballs, utilitzant mitjans audiovisuals, informàtics i telemàtics.

I també, els continguts actitudinals següents:

- 5.- Interès, rigorositat i constància en documentar-se davant dels fets biològics.
- 6.- Actuació amb cura i responsabilitat envers el material, els organismes i el treball de laboratori.

6.2.- Correspondència amb els objectius terminals

- 2.- Definir, tot relacionant-los, els conceptes següents: biosfera, ecosistema, biòtop, biocenosi, població, comunitat, nínxol ecològic, cadena alimentària, piràmide i xarxa tròfica, nivell tròfic i biomassa, producció primària, producció secundària, com també reconèixer el caràcter quantificable d'alguns d'aquests conceptes.
- 3.- Explicar el cicle de la matèria i el flux de l'energia a la biosfera, i diferenciar entre energia endosomàtica i exosomàtica.
- 12.- Utilitzar experimentalment la cromatografia per separar els components d'una mescla de pigments vegetals o altres biomolècules.
- 19.- Establir les diferències i les semblances entre els nivells d'organització cel·lular.
- 21.- Descriure els diferents components estructurals i ultraestructurals de la cèl·lula, procariota i eucariota, tot explicant la seva funció.
- 24.- Distingir els diferents tipus metabòlics cel·lulars en funció de les fonts de carboni i d'energia que utilitzen.
- 25.- Resumir les funcions generals del metabolisme i reconèixer, en el metabolisme d'un organisme concret, un segment del cicle de la matèria i el flux de l'energia en la biosfera.
- 27.- Esquematzar les vies principals de degradació i de síntesi de les biomolècules orgàniques.
- 28.- Comparar les tres vies principals d'obtenció d'energia per part de les cèl·lules: la fermentació, la fotosíntesi i la respiració aeròbica, tot situant-les en els organismes que les realitzen.
- 29.- Comprovar experimentalment algunes de les vies metabòliques més representatives com la fotosíntesi i algun tipus de fermentació.

6.3.- Correspondència amb la proposta orientativa de continguts bàsics de la Coordinació de biologia de les PAU

Els continguts i les activitats didàctiques de "Fotosíntesi UD" es relacionen amb els blocs de conceptes següents:

- 1.- Matèria i energia als ecosistemes. Cicle de matèria als ecosistemes. Nivells tròfics. Paper dels descomponedors. Cicle del carboni. Cicles del fòsfor i nitrogen. Trànsit d'energia als ecosistemes. Flux energètic a través de les cadenes i xarxes tròfiques i pèrdues a cada nivell tròfic. Biomassa, producció bruta i neta (primària i secundària). Piràmides de biomassa i producció. Factors limitants de la producció.

2.- La fotosíntesi. Concepte i reacció global. Localització cel·lular. Fase lluminosa: fotòlisi de l'aigua, generació de poder reductor (NADPH) i fosforilació de l'ADP a ATP. Fase fosca: fixació del carboni i cicle de Calvin. Balanç de la fotosíntesi. Importància biològica. Fotosíntesi bacteriana. Fotosíntesi i respiració.

3.- Orgànuls energètics de les cèl·lules: el mitocondri i el plastidi. El plastidi. Característiques generals, tipus i ultraestructura del cloroplast: Localització en el cloroplast de la clorofil·la. Ubicació de les reaccions de la fase lluminosa i del cicle de Calvin. El cloroplast i el mitocondri com a orgànuls autònoms: material genètic i maquinària de traducció. Comparació entre els mitocondris i els cloroplasts.

6.4.- Activitats inicials

Aquestes activitats tenen per finalitat que l'alumnat expliciti les seves idees i coneixements previs sobre el tema i els possibles errors conceptuals; també és interessant conèixer l'assoliment de conceptes d'ecologia, com les cadenes, les xarxes tròfiques i la síntesi de biomolècules. Al final de la sessió, es podria suggerir als alumnes la lectura completa del text de la primera activitat inicial.

En l'activitat del cicle biogeoquímic del carboni s'ha de tenir en compte que l'esquema que es proporciona a l'alumnat és incomplet. Cal que l'alumnat faci referència als dos grans processos metabòlics de la biosfera: la fotosíntesi i la respiració.

Si els estudiants no tenen l'habilitat de confeccionar mapes conceptuals podem substituir la darrera activitat inicial per les qüestions següents que també ens permetran conèixer les idees dels alumnes:

- 1.- Expliqueu com es nodreixen i com respiren els vegetals.
- 2.- Quins són els aliments dels arbres? I els de les llavors quan germinen?

6.5.- Activitats d'aprenentatge

1 i 2) Activitats de consulta en línia (hiperenciclopèdia), d'interpretació de textos i dibuixos que completen el text principal de la unitat.

3) Activitat de recerca d'imatges en línia i d'autoedició de documents (textos amb imatges incorporades). Cal remarcar a l'alumnat que en la comparació entre una micrografia d'un cloroplast i l'esquema de l'activitat 1 (una infraestructura) la principal diferència es troba en la perspectiva, que hi ha en el dibuix i la seva absència en la micrografia feta amb un microscopi electrònic de transmissió.

4) Experiment demostratiu de la respiració vegetal. L'alumnat ha d'entendre que per fer aquesta prova se seleccionen les llavors perquè quan germinen no realitzen la fotosíntesi. També és necessari que els estudiants tinguin en compte que, prèviament al procés de la germinació, les llavors s'han d'hidratar.

5) En la reinterpretació de l'experiment de Helmont cal explicar el paper de l'aigua i del diòxid de carboni en la fotosíntesi (com a reactius de la fase fotoquímica).

- 6) Treball pràctic d'extracció de pigments vegetals i d'aplicació de la tècnica de cromatografia.
- 7) Experiment per a comprovar el desprendiment d'oxigen en la fotosíntesi, i també, una activitat complementària per donar una visió històrica de com s'ha anat construint el concepte de la fotosíntesi.
- 8) Activitat de disseny d'un experiment que té un cert paral·lelisme amb un dels experiments històrics de la fotosíntesi.
- 9) Qüestió d'interpretació de l'equació general de la fotosíntesi. L'alumnat ha de comprendre que aquesta equació és una síntesi de tot el procés fotosintetitzador.
- 10) Activitat complementària de consulta en línia que completa la visió històrica de la construcció del concepte científic de la fotosíntesi.

6.6.- Activitats complementàries

1) Activitat múltiple de consulta bibliogràfica i en línia, de comprensió i interpretació de documents i de revisió de conceptes bàsics d'ecologia (productors, piràmide de biomassa) o de fisiologia vegetal (letargia, propàgul i organismes fotosintetitzadors). La qüestió 1.7 fa referència a la pesca, a la limitació d'aquests recursos a nivell mundial i als problemes generats per la sobreexplotació. Per altra banda, aquesta activitat múltiple té l'objectiu d'apropar l'alumnat a webs, com el de la FAO, que ens permeten a tots plegats conèixer més bé entitats, organismes i institucions internacionals.

6.7.- Activitats d'avaluació

- 1) Activitat d'omplir espais buits en l'esquema general del metabolisme autòtrof d'una cèl·lula fotosintetitzadora que s'ha presentat en el text principal de la unitat.
- 2) Redacció d'un text que descriu la ultraestructura dels cloroplasts i la seva situació en les cèl·lules dels parènquimes clorofil·lics.
- 3) En aquesta activitat cal que es relacioni l'orientació paral·lela dels tilacoides i la disposició dels cloroplasts en les cèl·lules amb el fet d'aprofitar al màxim la incidència de la llum solar.
- 4) En aquesta qüestió s'ha de fer referència al paper de l'aigua en el procés de la fotosíntesi.
- 5-6) Qüestions referents a les dues fases de la fotosíntesi.
- 7) Activitat d'avaluació per verificar la lectura i la comprensió del text que es proposa en la primera activitat inicial.
- 8) Activitat que permet que l'alumnat demostrï la comprensió del protocol de l'experiment de Molisch. La proposta que es presenta als estudiants no modifica els resultats de l'experiment per les raons que ja s'han esmentat en l'apartat "activitats d'aprenentatge" (act. num. 4).
- 9) Activitat de síntesi i de confecció de mapes conceptuals.
- 10) Activitat d'aplicació en la que l'alumnat ha de fer referència al fet que el procés de la fotosíntesi és la primera baula en qualsevol de les cadenes alimentàries de l'espècie humana.

6.8.- Recursos

Trobareu els recursos en línia d'aquesta unitat didàctica a l'enllaç:

<http://www.cienciesnaturals/fotosin/recbi.html>

Consulteu els annexos:

Annex 1: Fitoplàncton (<http://www.cienciesnaturals/fotosin/annex1.html>)

Annex 2: Cicle del carboni (<http://www.cienciesnaturals/fotosin/annex2.html>)

Annex 3: Exemples de cadenes i xarxes tròfiques

(<http://www.cienciesnaturals/fotosin/annex3.html>)

Bibliografia (llibres de text)

- en català: Biologia 1 i 2 -batxillerat-, aa. vv. (Editorial Ecir SA, 2002)

- en castellà: Biología 2 -bachillerato-, aa. vv. (Editorial Ecir SA, 1998)

Referències bibliogràfiques en la unitat didàctica:

1) Ramon Folch: Comprendre la natura (Editorial Barcino, 1990)

2) BIOSFERA: 1.- Planeta blau, R. Folch i aa.vv. (Enciclopèdia Catalana - UNESCO, Barcelona, 1993)