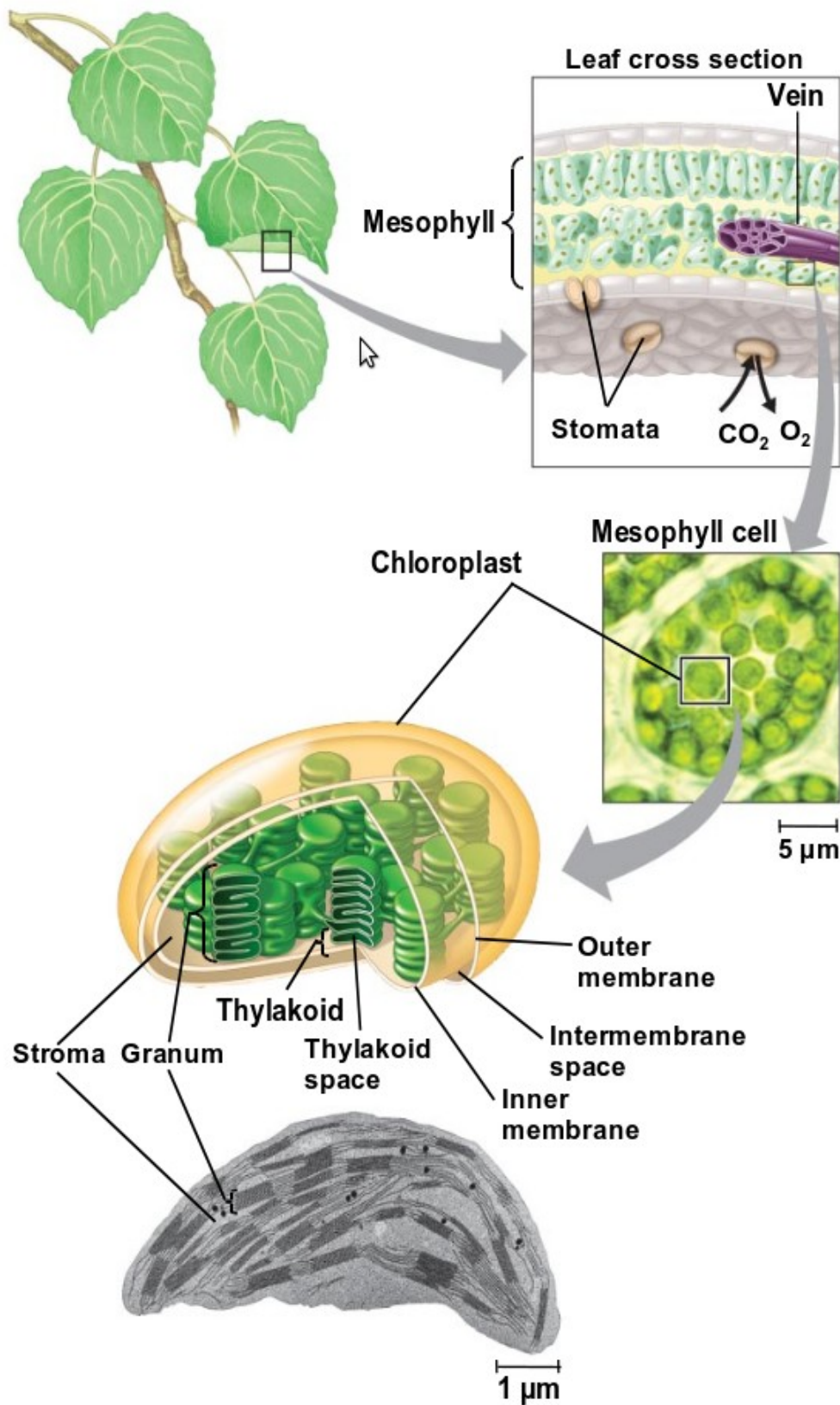


Pigments fotosintètics: **els receptors de la llum**

Cloroplasts: el lloc de la fotosíntesi en les plantes

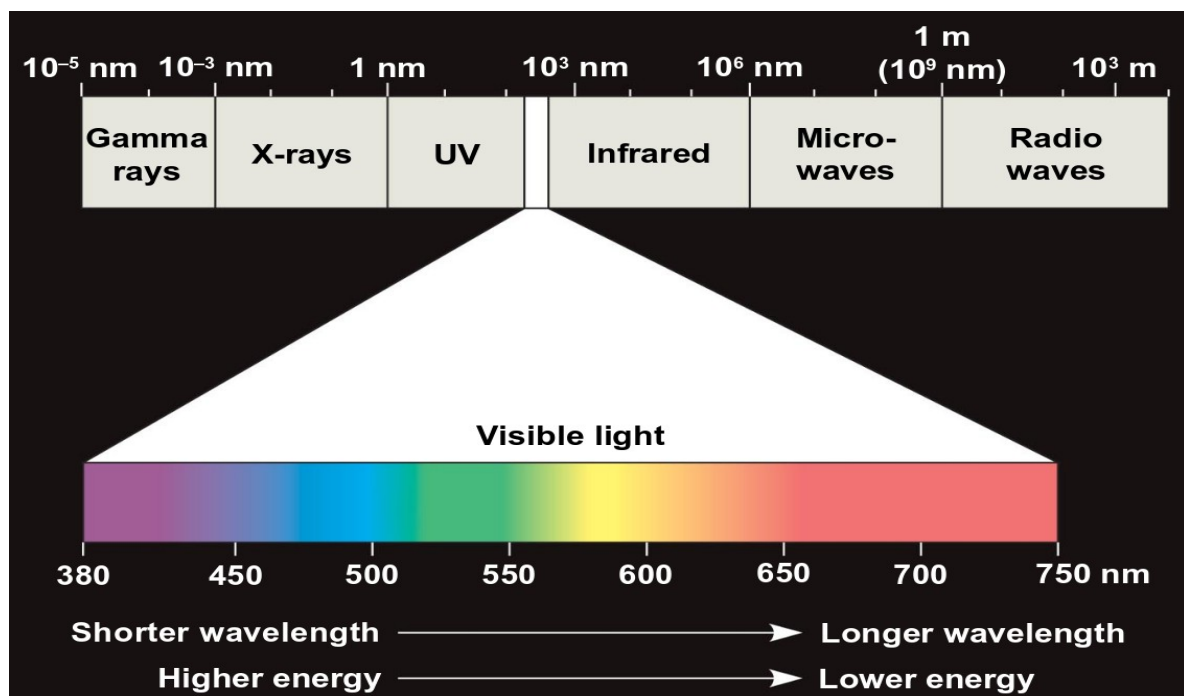


Els cloroplasts són centrals químiques impulsades pel Sol. Els seus tilacoides transformen l'energia solar en l'energia química de l'ATP i del NADPH. Per comprendre millor aquesta conversió hem de conèixer algunes propietats importants de la llum.

La naturalesa de la llum solar

La llum és una forma d'energia coneguda com energia electromagnètica. L'energia electromagnètica es desplaça en forma d'ones rítmiques semblants a les creades quan tirem una pedra en un llac.

La distància entre les crestes de les ones electromagnètiques s'anomena **longitud d'ona**. Les longituds d'ona abracen des de les de menys d'un nanòmetre (raigs gamma) fins les de més d'un quilòmetre (ones de radio). Tot el rang es coneix com **espectre electromagnètic**. El segment més important per a la vida és una banda que va dels 380nm al 750nm de longitud d'ona. Aquesta radiació és coneix coma **llum visible** perquè l'ull humà la detecta en forma de diversos colors.



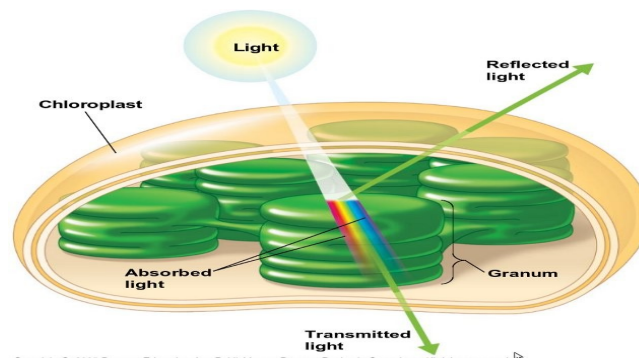
El model ondulatori de la llum explica moltes de les seves propietats, però, en certs aspectes, la llum es comporta com si estigués formada per partícules discretes anomenades **fotons**. Els fotons no són objectes tangibles però actuen com a objectes en el sentit que cadascun d'ells té una certa quantitat d'energia fixa. La quantitat d'energia es relaciona inversament amb la longitud d'ona de la llum: com més curta sigui la longitud d'ona, més gran serà l'energia de cada fotó d'aquesta longitud. Per tant un fotó de llum violeta té gairebé el doble de l'energia que la d'un fotó de llum vermella.

La llum visible és la radiació que impulsa la fotosíntesi.

Pigments fotosintètics. L'absorció de llum.

La fase lluminosa està vinculada a les molècules de pigments, els quals són els encarregats d'absorbir la llum. El comportament de les molècules quan absorbeixen llum, pot afectar l'estat d'altres molècules que no absorbeixen llum. En aquestes últimes els efectes de la llum seran indirectes, però en qualsevol cas sempre té que haver algunes molècules inicials receptors de l'estímul lluminós.

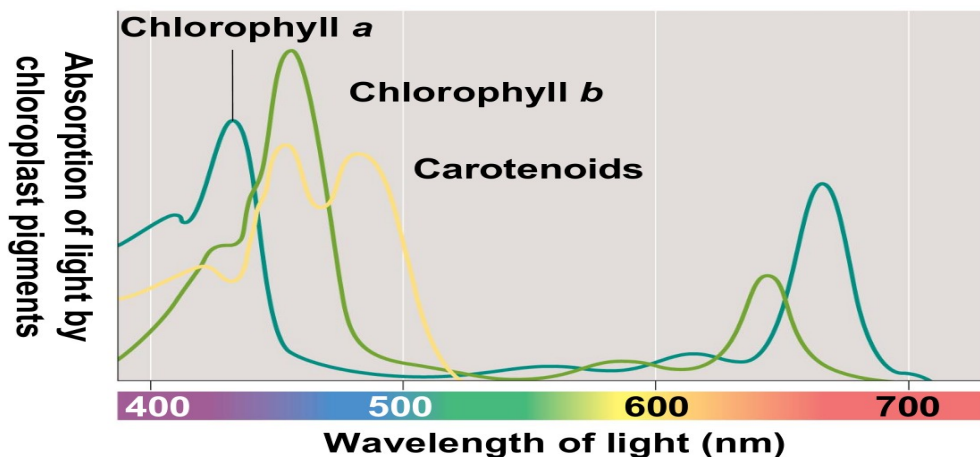
Quan un fotó assoleix un objecte, el fotó pot absorbir-se, transmetre's o reflexar-se. Els pigments són molècules que sols absorbeixen la llum de certes longitud d'ona, les altres longituds d'ona les transmeten o les reflecteixen. Els pigments tenen color perquè veiem les λ que els travessen o que es reflecteixen en ells.



La llum solar és llum blanca, composta per totes les longituds d'ona de la porció visible de l'espectre electromagnètic a la vegada. Si un pigment absorbeix totes les longituds d'ona visibles, no es reflexa a l'ull, i el pigment sembla negre. Si un pigment absorbeix moltes o la majoria de les longituds d'ona de les parts blaves i verdes de l'espectre però transmet o reflexa les vermelles, sembla vermell...

Quines longituds d'ona absorbeixen els diferents pigments vegetals?

Les membranes dels tilacoides tenen una gran quantitat de pigments. En les plantes hi ha les **clorofil·les** (clorofil·la a i clorofil·la b) i els **carotenoides**. Els pigments més abundants són les clorofil·les (clorofil·la a i clorofil·la b). Les clorofil·les absorbeixen amb força en les regions blaves i vermelles de l'espectre visible, i reflexen o transmeten la llum verda. Com a resultat, són les responsables del color verd de les plantes, algues i molts bacteris fotosintètics. Els carotenoides constitueixen una família diferent de pigments, que absorbeixen en les parts blaves i verdes de l'espectre visible. Per tant els carotenoides es veuen grocs, taronja o vermells.



Els carotenoides absorbeixen les longituds d'ona de la llum que no són absorbides per la clorofil·la: són *pigments accessoris*, absorbeixen la llum i passen l'energia a la clorofil·la.

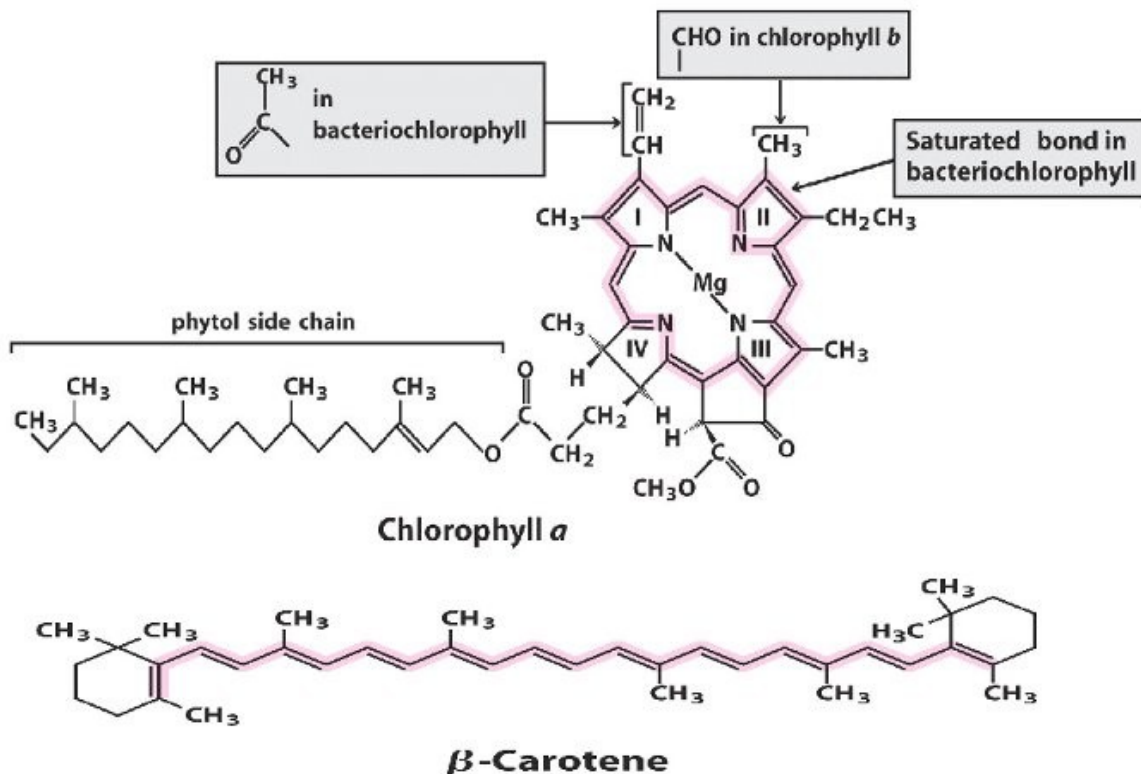
Els carotenoides presents en les plantes pertanyen a dos classes: els carotens i les xantofil·les. El β -caroté és responsable per exemple del color taronja de les pastanagues. Una xantofil·la, la *zeaxantina*, dona el color groc brillant a les panotxes de blat de moro. A la tardor, quan les fulles dels arbres de fulla caduca comencen a morir, la clorofil·la es degrada abans. Les longituds d'ona disseminades pels carotenoides són responsables de la tonalitat groga, taronja i vermella de molts boscos.

En els cianobacteris i en les algues vermelles a més hi ha altres *pigments accessoris* com les **ficocianines** i les **ficoeritrines**. Les ficocianines són pigments blavencs i les ficoeritrines són pigments vermells.

Estructura dels pigments

Els pigments són molècules lipídiques que s'uneixen a proteïnes presents en les membranes dels tilacoides. La clorofil·la està constituïda per un anell porfirínic amb un àtom de Mg al centre i un fitol (monoalcohol de 20 carbonis). És una molècula amfipàtica, en que la porfirina és el pol hidròfil i el fitol el pol lipòfil. La llarga cua lipòfila manté a la molècula incrustada en la membrana. El cap polar és qui absorbeix la llum. Els carotenoides són isoprenoides de cadena llarga.

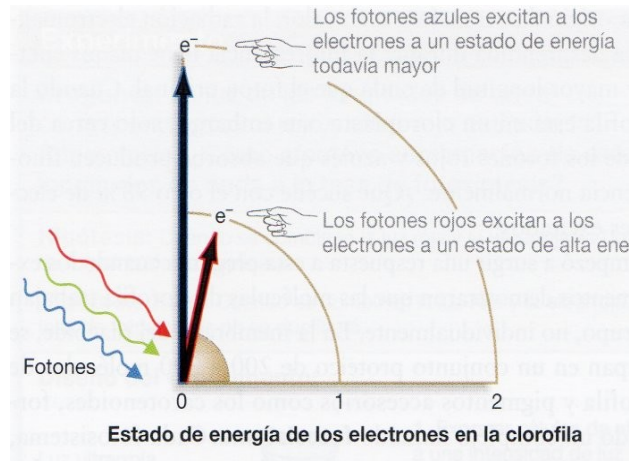
Tots els pigments tenen enllaços covalents senzills alternats amb enllaços covalents dobles. Això fa que hi hagi electrons lliures que poden moure's per l'anell i fer variar els enllaços. És el que s'anomena **ressonància** entre dues estructures.



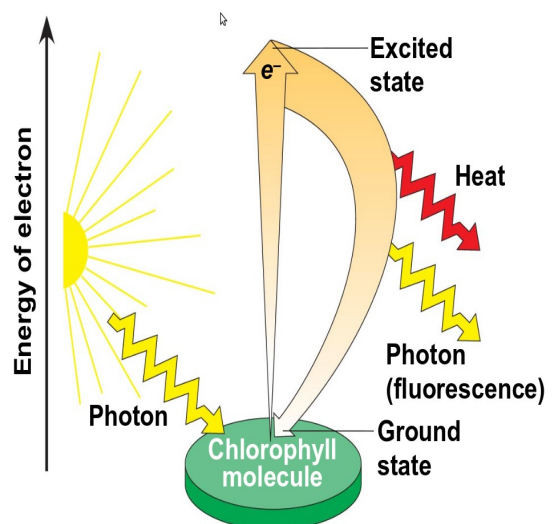
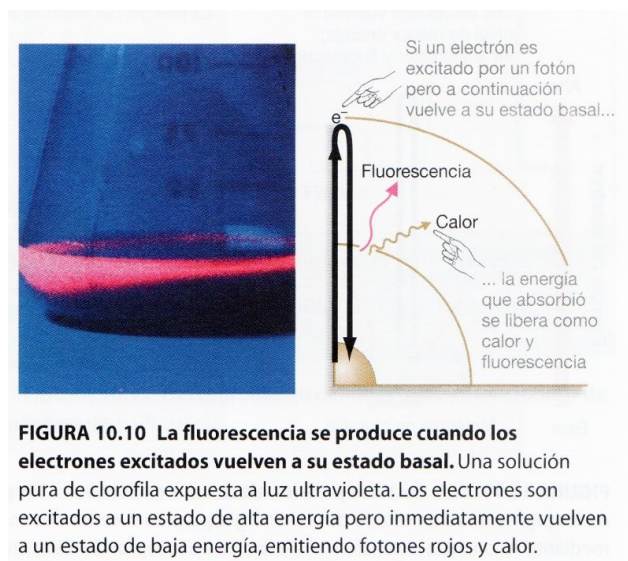
Excitació de la clorofil·la per la llum

Què és el que succeeix realment quan la clorofil·la i altres pigments fotosintètics absorbeixen la llum?

Quan una molècula absorbeix un fotó de llum, un dels electrons de la molècula s'eleva fins a un orbital on té més energia potencial. Quan l'electró es troba en el seu orbital normal es diu que la molècula de pigment es troba en el seu *estat fonamental*. L'absorció d'un fotó impulsa a un electró a un orbital de major energia i es diu que la molècula de pigment es troba en el seu "**estat excitat**".



Un cop que l'absorció d'un fotó eleva un electró des de l'estat fonamental fins l'estat excitat, l'electró no pot romandre allí molt de temps. L'estat excitat, com tots els estats d'energia elevats, és inestable. En general quan les molècules de pigments aïllades absorbeixen llum, els seus electrons excitats tornen a caure a l'orbital de l'estat fonamental en una mil·lionèsima de segons, alliberant l'excés d'energia en forma de **calor**. Aïllades, alguns pigments, entre ells la clorofil·la, emeten llum a més de calor quan els electrons excitats cauen novament al seu estat fonamental. Aquesta llum rep el nom de **fluorescència**.



En els cloroplasts però, només aproximadament un 2% dels fotons vermells i blaus absorbits per la clorofil·la emeten fluorescència. Què succeeix amb el 98% restant dels electrons excitats?

En la membrana dels tilacoides les molècules de clorofil·la i els pigments accessoris es troben agrupats en dos complexos anomenats **fotosistemes**: fotosistema I i fotosistema II. Els dos fotosistemes es troben connectats per una cadena de transport electrònic. Cada fotosistema, al seu torn té dos parts principals: un *complex antena* i un *centre de reacció* (pàgina 56 del llibre de text).

La figura següent resumeix com la clorofil·la interacciona amb la llum solar il·lustrant els tres possibles destins dels electrons excitats pels fotons en els pigments fotosintètics: Poden (1) tornar a un nivell de baixa energia i produir fluorescència, (2) excitar un electró d'un pigment proper i induir ressonància, o (3) transferir-se a un receptor d'electrons en una reacció redox. La fluorescència és característica dels pigments aïllats, la ressonància té lloc en els pigments del complex antena, i la reacció redox es produeix en els pigments del centre de reacció.

