

EL PROCÉS MÉS IMPORTANT DE LA TERRA

Maria Teresa Peralta i Huguet

La fotosíntesi, és a dir el mecanisme que fa que els vegetals i alguns bacteris elaborin matèria orgànica a partir de compostos inorgànics usant l'energia lluminosa, determina l'existència de la vida en el nostre planeta.

A la Terra hi ha unes 370.000 espècies vegetals i uns dos milions d'espècies animals, és a dir, la biomassa animal o zoomassa és molt més considerable pel que fa al nombre d'espècies que la fitomassa, encara que el conjunt vegetal és uns cent cops més gran segons la cobertura planetària. Aquestes proporcions assenyalen els límits d'equilibri òptim per a la conservació de la vida en el planeta i per això resulta alarmant el fet que progressivament es vagi reduint la fitomassa a conseqüència de les agressions a l'ecosistema derivades d'una explotació desmesurada de l'ambient. L'existència de les plantes depèn en gran part de la radiació solar, en forma de llum i d'escalfor com a fonts d'energia, i de l'aigua, i també d'altres factors químics que intervenen en els processos de metabolisme i creixement. Aquests factors es manifesten associats al clima, al relleu i a la constitució del sòl.

La majoria de les plantes són fototròfiques, és a dir, obtenen l'energia a partir de la radiació solar. La llum és una forma d'energia radiant que pot ser percebuda per l'ull humà i que correspon a l'interval de longituds d'ona compreses entre 380 i 700 nanòmetres. Això representa una part relativament

petita en el conjunt de les radiacions electromagnètiques de l'univers, espectre que va des del raigs gamma (10^{-4} nm) fins a les ones de ràdio.

Per tal que la vida sigui possible a la Terra, l'espectre de radiació solar, que inicialment va de 225 a 3.200 nm, ha de quedar restringit de manera notable abans d'arribar a la superfície del planeta. La presència de l'atmosfera permet aquesta disminució i resulta decisiu, perquè hi pugui haver vida, que els espectres d'absorció de l'ozó, la substància que fa de pantalla a l'atmosfera, i els de l'ADN siguin molt similars.

LA PLUJA DE FOTONS I LA FOTOSÍNTESI

Gràcies a la fotosíntesi, les plantes transformen el diòxid de carboni de l'aire en hidrats de carboni. Els vegetals capturen fotons. El fotó absorbit per una molècula excita els electrons a nivells o orbitals d'energia més elevats. En l'estudi de les reaccions fotoquímiques, dins de les quals s'inclou la fotosíntesi, es considera el "rendiment quàntic", entès com la relació que hi ha entre les molècules transformades i el nombre de fotons absorbits.

El fotó "excita" l'electró, que se sent amb prou força per abandonar la molècula de clorofil·la i salta a una

molècula receptora. Aquest viatge dura una centmilionèsima de segon. L'arribada de l'electró es deixa sentir en un conjunt de molècules acceptores, que aprofiten aquest increment dels seus nivells habituals d'energia per efectuar funcions de transformació de substàncies.

■ Perquè hi pugui haver vida els espectres d'absorció de l'ozó i de l'ADN han de ser molt similars.

Finalment l'electró, després d'haver distribuït la seva riquesa energètica, retorna a la molècula de clorofil·la. S'ha dit i repetit que les fulles de les plantes són laboratoris on es porten a terme importants funcions: la funció clorofil·lica o fotosíntesi del carboni, la transpiració i la respiració. Les plantes respiren nit i dia, talment com un animal: capten l'oxigen i desprenen anhídrid carbònic. Ara bé, quan reben aquesta pluja de fotons que és la llum, efectuen una

Un micró: $1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{mm}$
Un nanòmetre: $1 \text{nm} = 10^{-6} \text{mm}$
Un àngstrom: $1 \text{Å} = 10^{-7} \text{mm}$

■ Els cloroplasts transformen l'energia radiant en energia química.

funció inversa molt més intensa: desprenen oxigen en quantitats molt superiors a les que absorbeixen en respirar.

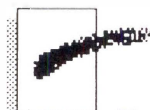
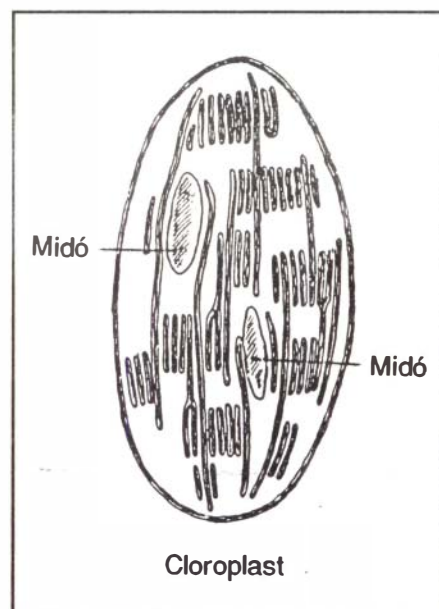
Joseph Priestley (1733-1804), químic anglès i pastor protestant, que es va exiliar als Estats Units amb altres dissidents religiosos, va demostrar el fenomen de la respiració vegetal tancant un ocelllet dins d'una campana de vidre. Al cap de cert temps, l'animal manifestava símptomes d'ofec per falta d'oxigen. Després, va col·locar la campana a sobre d'una planta exposada al sol i també hi va posar l'ocellet, que llavors no va mostrar cap alteració, perquè la planta

alliberava l'oxigen necessari per a la respiració de l'animal.

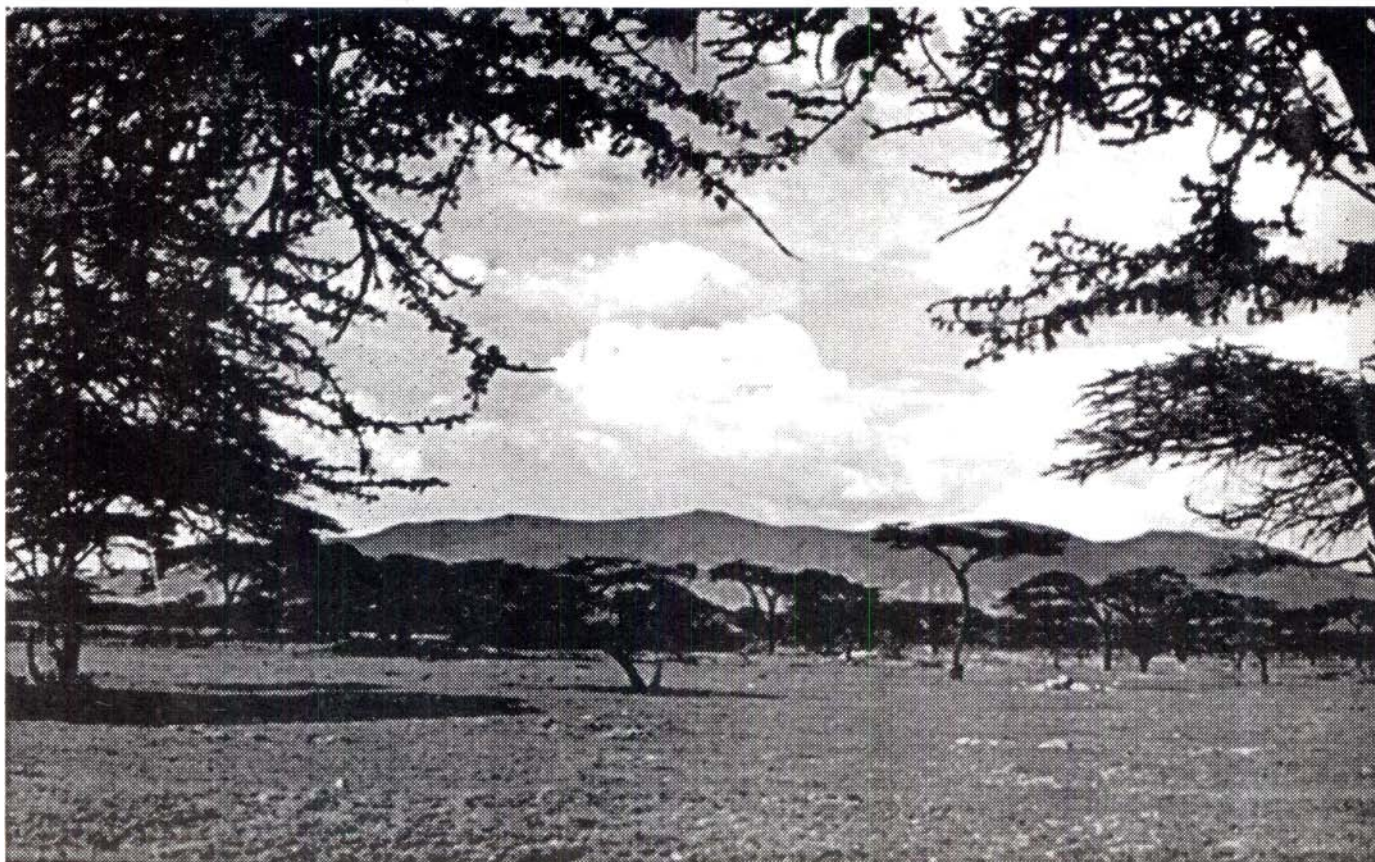
A l'epidermis de les plantes superiors trobem els estomes, petites obertures que afavoreixen l'intercanvi de gasos i l'eliminació del vapor d'aigua (transpiració). Els estomes són vies de comunicació amb les zones subepidèrmiques de les plantes. L'àrea porosa, quan els estomes són oberts, ocupa un u per cent de la superfície foliar, i no s'estén mai a les arrels. La funció clorofl·lica solament es produeix quan la planta rep la llum del sol o el seu reflex. Llavors emmagatzema l'aliment que contribuirà al seu desenvolupament posterior. Encara que les fulles són les que compleixen la funció clorofl·lica, la planta respira per totes les zones que es troben en contacte amb l'aire. Es pot apreciar com respira un cigró a punt de germinar quan es posa en un vas ple d'aigua.

VIATGE AL MÓN DELS CLOROPLASTS

Robert Hooke, en l'obra *Micrographia* (1665), es va referir per primer



Cloroplast, l'orgànul citoplasmàtic propi de les cèl·lules vegetals que conté clorofil·la i on es duu a terme la fotosíntesi. A baix, sabana africana. La sabana és una de les grans comunitats vegetals de la terra.



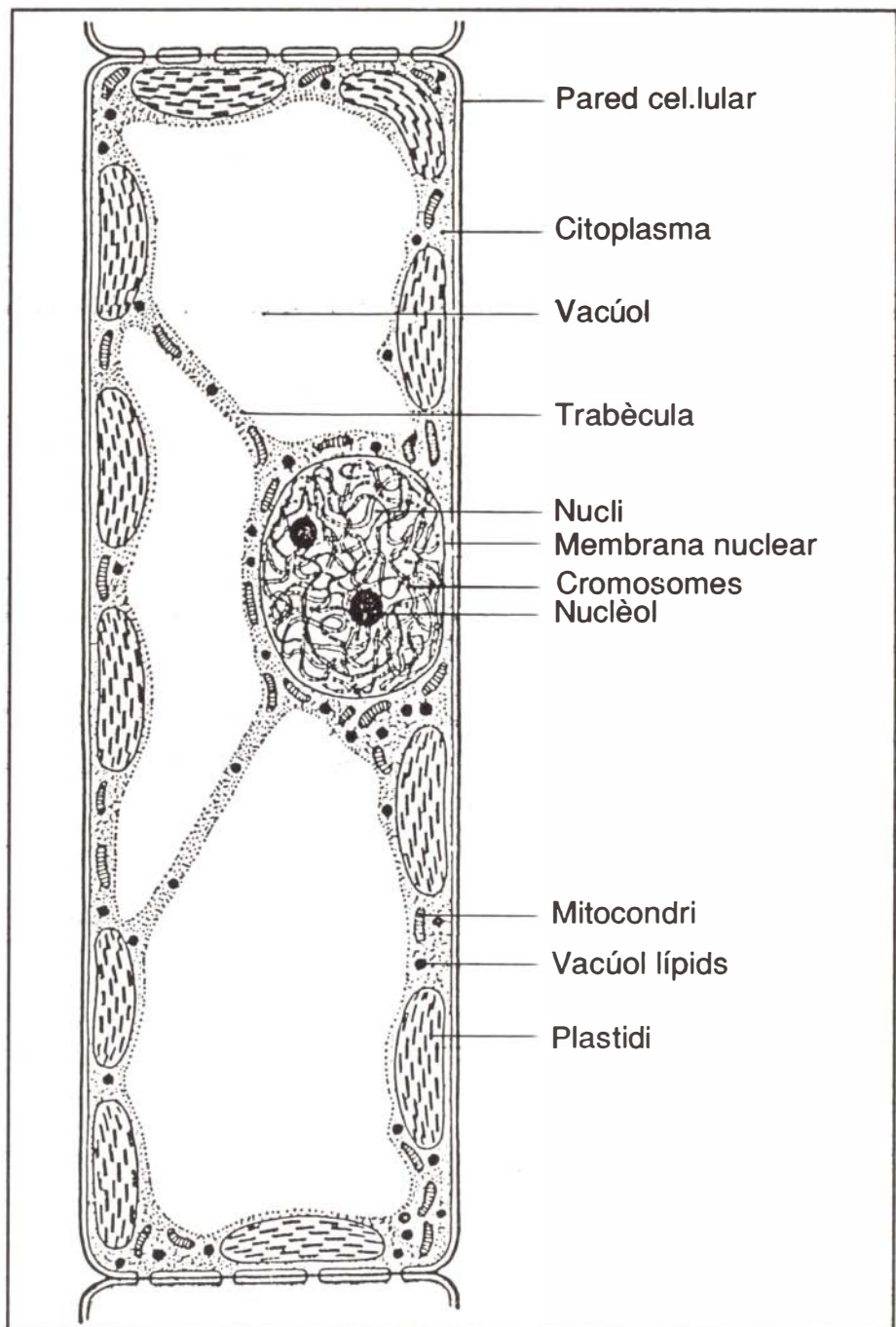
cop a les "cel·les" o "caixonets" que formen els teixits vegetals. La denominació de Hooke, en el cas del terme cèl·lula, va imposar-se. Avui es pot descobrir fins i tot en el nom "citologia", la part de la botànica que estudia les cèl·lules vegetals. En 1838, Matthias Schkeudeb (1804-1881), botànic alemany, va anunciar que la cèl·lula era la unitat bàsica dels organismes vegetals. El naturalista Theodor Schwann (1810-1882) va apuntar que les cèl·lules eren organismes i que els animals i les plantes eren el resultat de l'agregació d'aquests organismes.

Se sap que les cèl·lules poden variar molt de forma i de mida. Les cèl·lules es poden considerar una mena d'àtoms del món vivent, encara que cada cèl·lula estigui formada per milers de milions d'àtoms. Les cèl·lules vegetals mesuren de deu a cent microns.

No s'ha d'oblidar que tots els organismes, formats per milers i milers de cèl·lules, deriven d'una cèl·lula reproductora originària. És per això que Rodolf Virchow (1821-1902) va proclamar que tota cèl·lula deriva d'una altra cèl·lula (*Omnis cellula ex cellula*).

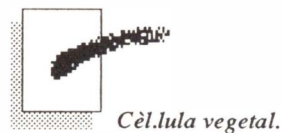
La cèl·lula és el mecanisme indispensable per al nodriment i el desenvolupament de la planta o de l'animal. En les cèl·lules es pot trobar el potencial per reproduir les estructures que determinen unes funcions específiques.

La cèl·lula d'una fulla verda és tot un món. Si descobrim la membrana cel·lular que l'envolta, hi trobarem el protoplasma i altres elements que intervenen en diferents funcions. Són els orgànuls cel·lulars. D'entre ells, cal esmentar el nucli, també envoltat per una membrana, que conté el líquid nucleic on es troben un o més cossos: els nuclèols. El nucli és el centre que regula totes les altres funcions cel·lulars. En el citoplasma de les cèl·lules verdes de les plantes superiors, es pot observar, amb l'ajuda d'un microscopi, una munió d'òrgans lenticulars verds que emeten fluorescència vermella quan són sotmesos als raigs ultraviolats. Són els grans de clorofil·la o cloroplasts. Aquests orgànuls, que porten els pigments apropiats, són els que assimilen l'anhidric carbònic de l'aire. En les cèl·lules exposades a la llum, es poden veure certes quantitats de midó primari com a resul-

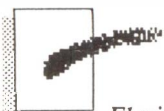


tat d'aquesta assimilació: és el primer producte visible de la fotosíntesi. Els cloroplasts, mitjançant la fotosíntesi, transformen l'energia radiant en energia química: en primer lloc, formen fosfat com a dipòsit d'energia i, després, produeixen substàncies estructurals i de reserva.

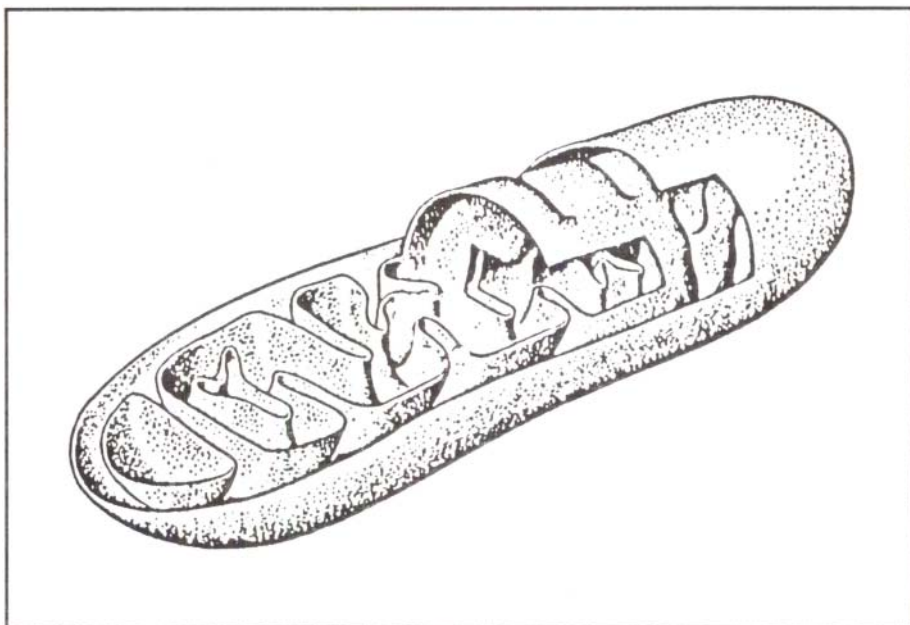
Els cloroplasts s'inclouen en el grup dels plastidis, que també es troben en cèl·lules que no són verdes. Els plastidis, orgànuls típicament vegetals, apareixen com a factors de reacció. Una membrana els separa del citoplasma



Cèl·lula vegetal.



El mitocondri o mitocòndria és la central energètica de la cèl.lula. Consta de doble membrana, una d'externa i una d'interior que forma plects i rugositats, on es troben els enzims que intervenen en la producció de l'ATP, el trifosfat d'adenosina o adenosina trifosfat.



fonamental. N'hi ha de diferents menes: els cromatòfors fotosintèticament actius (cloroplasts verds, feoplasts, de color terrós, i rodoplasts, de color vermellós). Els cloroplasts verds són els factors de la fotosíntesi, com ja hem dit. També hi ha cromatòfors fotosintèticament inactius (cromoplasts vermells i grocs) i leucoplasts, incolors i també fotosintèticament inactius.

En totes les cèl.lules vegetals hi ha una gran quantitat de mitocondris que poden revestir formes diferents. Aquests òrgànuls contenen enzims que tenen un paper molt important en el procés de fosforilació oxidativa. A diferència dels plastidis, caracteritzats per les funcions metabòliques de síntesi, els mitocondris, més petits, asseguren l'alliberament d'energia en el si de la cèl.lula mitjançant la descomposició de substàncies carbonades. Els mitocondris són els principals proveïdors de l'ATP (adenosina trifosfat o trifosfat d'adenosina), la substància emmagatzemadora i transportadora d'energia més important de la cèl.lula viva. Com indica el seu nom, aquesta molècula presenta tres grups de fosfat (àtoms de fòsfor i oxigen) que pengen del grup central d'àtoms talment com la cua dels estels que fan volar els nens. L'energia química procedent de l'activitat biològica del cromoplast "lliga" els grups de fosfat de la molècula d'ATP. La síntesi de la molècula d'ATP dóna energia a tots els processos vitals imaginables. S'ha dit

que la molècula d'ATP és com un ressort comprimit que desplega una gran quantitat d'energia quan salta. Aquesta energia produeix glucosa, transformació de l'energia solar captada, i deixa un residu, l'oxigen, que, com sabem, té un paper principalíssim en la vida animal.

No es poden oblidar els enzims, biocatalitzadors de natura proteica, que intervenen en els processos del metabolisme. Imaginem l'acció dels enzims com la d'una manxa que fa revifar les brases del foc.

La fotosíntesi és una activitat de gran rendiment, perquè el 75% de l'energia lumínica rebuda per la planta es trans-

forma en energia química, empaquetada en forma de glucosa.

Tant els processos vitals dels animals com els de les plantes requereixen l'ATP. És una mena de "combustible universal" per mantenir l'existència dels organismes. Ara bé, els animals no el poden sintetitzar a partir de la llum solar.

REPASSANT EL PLÀNOL CEL·LULAR

La cèl.lula és un món diminut, potser emergit d'una massa protoplàstica que ha anat desenvolupant diferenciacions. Podríem parlar d'un oceà plasmàtic, limitat per la paret cel·lular. En aquest medi han adquirit entitat una sèrie de formacions ben definides, separades les unes de les altres per petites membranes. En el si de la cèl.lula, es poden descobrir els "grans òrgànuls", cosa que no passa de ser una llicència d'expressió, perquè són petitíssims. Ens referim al nucli cel·lular, als plastidis (entre ells, els cloroplasts, agents de la fotosíntesi) i als mitocondris.

Es diu que el protoplasma, quan es deixen de banda el nucli, els plastidis i els mitocondris, rep el nom de citoplasma. Amb el microscopi òptic, ja es poden distingir en el citoplasma uns vacúols líquids, els esferosomes, una mena de gotetes d'un micró de diàmetre, i els cossos de Golgi, formats pels dic-

■ **La síntesi de la molècula d'ATP dóna energia a tots els processos vitals imaginables.**

tiosomes que efectuen la síntesi de polisacàrids. El microscopi electrònic ha permès detectar amb tots els detalls una estructura fina, laminar, molt activa, que rep el nom de reticle endoplasmàtic, format per uns tubs interconnectats amb funcions de transport intercel·lular de proteïnes.

En el citoplasma de les cèl·lules vegetals adultes s'observen unes cavitats anomenades vacúols que contenen suc cel·lular. El que passa és que el citoplasma no sembla desenvolupar-se en la mateixa proporció que la resta de la cèl·lula i arriba a adquirir unes dimensions mil cops més grans que les que presentava originàriament. Els vacúols arriben a fusionar-se entre ells i són una mena de dipòsits de suc cel·lular de reserva que poden arribar a ocupar una bona part de la cèl·lula vegetal.

En el recorregut pel nostre plànol, podem marcar aquestes etapes en la diferenciació cel·lular:

1. Citoplasma
2. Grans orgànuls (amb ADN, autors productors)
 - 2.1 Nucli
 - 2.2 Plastidis
 - 2.3 Mitocondris

El citoplasma cel·lular té una composició heterogènia i presenta, a més d'aigua, lípids i carbohidrats, una part dels enzims que intervenen en el metabolisme cel·lular i una sèrie de proteïnes organitzades, que formen un reticle dotat de certs moviments, que reaccionen a certs estímuls del cos cel·lular.

Ja hem parlat dels plastidis i dels mitocondris, que són uns altres "grans orgànuls cel·lulars".

El nucli és una part essencial de la cèl·lula, perquè conté la informació genètica que dirigeix el desenvolupament i el funcionament cel·lular. Els components principals del nucli cel·lular són els cromosomes, portadors de la informació hereditària. Compleixen diferents funcions: emmagatzemament d'informació en el "banc de dades" de l'ADN; autoreplicació del contingut cromosòmic quan es divideixen, transcripció de l'ADN en ARN i redistribució de la informació a través del procés hereditari.

La mitosi o divisió del nucli consisteix en la reduplicació idèntica dels

cromosomes que, en el moment inicial d'aquest procés, s'estiren longitudinalment, se separen i configuren una distribució regular de les meitats de cada cromosoma entre dos "nuclis fills" i, finalment, formen les cèl·lules filles. Aquest procés es produeix tant en els animals com en les plantes. Considerant que els nuclis cel·lulars s'originen únicament a partir d'altres nuclis, s'ha establert el principi *Omnis nucleus ex nucleo*, inspirat en la formulació de Virchow.

Tant el nucli, com els plastidis i els

■ *Omnis ex cellula:*
Les cèl·lules vegetals asseguren l'existència de tots els altres éssers que han de viure de les plantes.

mitocondris tenen la propietat d'escindir-se i retransmetre informació genètica (ADN nuclear, ADN plastidial, ADN mitocondrial). De tota manera, s'han de tenir en compte els altres productes derivats del protoplast o part activa del conjunt de la cèl·lula, com són el vacuoma o conjunt dels vacúols, la paret cel·lular, els productes de reserva i els residus del metabolisme. La cèl·lula vegetal típica presenta una membrana per al citoplasma. En moltes plantes és de cel·lulosa i en els fongs sol ser de quitina. La lignificació es produeix mitjançant un procés especial en l'interior de l'estructura de les membranes. La lignina, polímer aromàtic format per molècules ramificades, des d'un punt de vista quantitatiu, és una de les substàncies més importants de la naturalesa

juntament amb la cel·lulosa. La paret cel·lular protegeix el protoplast i dona solidesa a la cèl·lula, que, quan ja s'ha desenvolupat, comença a fer-se més gruixuda per l'aposió de noves substàncies.

Els productes de reserva de les cèl·lules són els polisacàrids (per exemple el midó), certes proteïnes (aleurons) i els lípids. Pel que fa als residus del metabolisme, es pot parlar dels cristalls d'oxalat càlcic i l'àcid silícic amorf.

Omnis ex cellula pot ser la fórmula per subratllar la importància que la cèl·lula té en l'economia de la biomassa. La fotosíntesi es produeix com una funció de les cèl·lules vegetals, que asseguren l'existència de tots els altres éssers que han de viure de les plantes.

Es podria comparar la cèl·lula amb una ciutat en miniatura, envoltada de muralles. A l'interior, hi hauria grans dipòsits de materials de reserva, un gran banc d'informació central que tindria a càrrec seu el control i la reproducció cel·lular, i uns mecanismes de captació i de distribució d'energia. Dins d'aquesta ciutat, la funció de fotosíntesi ultrapassaria els àmbits del nivell estrictament cel·lular i configuraria un gran cicle d'on emanaria la vida i que faria possible que aquesta es desenvolupés. ■

Maria Teresa Peralta i Huguet
és Llicenciada en Farmàcia i redactora d'obres de divulgació botànica.

BIBLIOGRAFIA

L'anuari *Progress in Botany* (Berlin, Heidelberg, Nova York) aporta informació sobre els últims avenços en els diferents camps del món botànic.

Bruce et al.: *Biología molecular de la célula*. Omega, Barcelona, 1986.

Whittingham, Ch.: *El mecanismo de la fotosíntesis*. Blume, Madrid, 1976.

Hall, D.O. et al.: *Fotosíntesis*. Omega, Barcelona, 1977.

Strasburger et al.: *Botánica*. Marín, Barcelona, 1986.