

Els microscopis i la teoria cel·lular

Esquema

1. La teoria cel·lular
2. Els microscopis i l'estudi de la cèl·lula
3. L'organització procariota i eucariota

Santiago Ramón y Cajal
(1852-1934).

El descobriment de les cèl·lules, la indagació de les seves parts fonamentals, i més endavant el convenciment de la importància de les cèl·lules en la composició i el funcionament dels éssers vius, són part d'un procés de segles que va culminar en el segle XIX. Més endavant, ja ben entrat el segle XX, noves tecnologies van fer possible l'accés als detalls de la ultraestructura cel·lular (o estructura més íntima). Aquesta llarga història és paral·lela a la història dels microscopis.

1. La teoria cel·lular

Vaig agafar un tros de suro, [...] amb un ganivet en vaig llescar una làmina ben prima [...] i vaig poder veure perfectament que estava perforat i proveït de porus, com una bresca d'abelles, [...] que inclouen i constitueixen les cèl·lules.

ROBERT HOOKE, *Micrographia* (1665)

La cèl·lula és la unitat estructural i funcional dels éssers vius. Aquesta és la senzilla formulació de la **teoria cel·lular**, que des que va ser enunciada, en el transcurs del segle XIX, constitueix una de les teories bàsiques de la biologia.

La primera formulació precisa de la teoria cel·lular la van fer simultàniament els alemanys Matthias Jakob Schleiden, en el camp de la botànica, i Theodor Schwann, en el camp de la zoologia (1839). No obstant això, tots dos, van sostenir idees errònies sobre l'origen de les cèl·lules.

De fet, va caldre l'aportació d'un tercer naturalista alemany, el metge Rudolf Virchow, per desenvolupar i completar la teoria cel·lular de Schleiden i Schwann. Virchow va sintetitzar la seva teoria l'any 1858, amb el famós aforisme «*omnia cellula ex cellula*», és a dir, «tota cèl·lula s'origina a partir d'una altra de preexistent».

D O C U M E N T S

El microscopi. Dades cronològiques

Cap al 50 dC

L'escriptor i polític Luci A. Sèneca, de Còrdova, utilitza per llegir uns globus convexos plens d'aigua. Aquesta pràctica es continua fent servir fins a l'Edat Mitjana, època en què s'utilitza per miniar.

Cap al 1000

Ibn al-Haytam realitza els primers estudis de l'òptica de l'ull humà i de les lents.

Cap al 1285

Es fan les primeres ulleres per a presbites i hipermetrops.

Cap al 1575

Es fan les primeres ulleres per a miops.

Cap al 1590

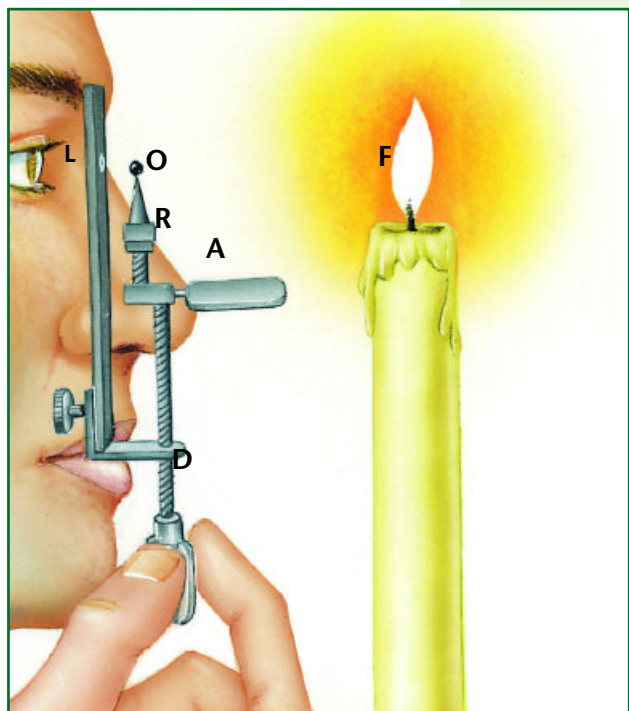
Data probable de la construcció del primer microscopi compost (o microscopi amb dos sistemes de lents: ocular i objectiu), amb un poder de magnificació real d'uns 10 augments. És difícil de dir qui va ser el primer fabricant d'aquests objectes, ja que molts precursors en prepararen el camí. La ullera de llarga vista construïda per Galileu, per exemple, podia haver donat pas a un microscopi.



Microscopi utilitzat per Robert Hooke. Al fons, el seu llibre *Micrographia*, obert per la làmina que il·lustra l'estructura del suro.



Un dels microscopis utilitzats per Anton van Leeuwenhoek.



Esquema del funcionament del microscopi d'Anton van Leeuwenhoek.

- L: lent
- O: objecte
- R: cargol de rotació
- A: cargol d'aproximació
- D: cargol de desplaçament
- F: font de llum

1665

L'anglès Robert Hooke (1635-1703) observa una fina làmina de suro amb un microscopi compost de pocs augments. Hi pot veure allò que en realitat són els buits i les parets de cèl·lules mortes del teixit del suro. Impressionat per la semblança que l'estructura té amb les cel·les d'una bresca del rusc de les abelles, diu que és formada per cèl·lules, nom que ha fet història.

1677-1683

L'holandès Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) descobreix i descriu la vida microscòpica (els protozoous i els espermatozoides), i fins i tot entreveu els bacteris. Els seus microscopis (de fet són lupes, ja que tenen una sola lent molt petita muntada sobre un suport), li donen un augment màxim d'uns 300x. Amb aquest nivell d'augments, les distorsions produïdes per les lents no tractades són ja molt grans i a vegades el porten a errors. Abans que Leeuwenhoek, l'italià Marcello Malpighi (1628-1694), que havia descobert la circulació capil·lar, i l'holandès Jan Swammerdam (1637-1680) havien fet també algunes observacions de vàlua.

1828

El botànic escocès Robert Brown descobreix el nucli cel·lular.

1838

L'alemany Matthias J. Schleiden (1804-1881) proclama la teoria cel·lular en les plantes.

1839

L'alemany Theodor J. Schwann (1810-1882) amplia la teoria cel·lular al món dels animals. Aquesta teoria, que presenta alguns punts inexactes sobre la divisió cel·lular, serà ampliada posteriorment per altres naturalistes: Nägeli, Kölliker, Siebold, etc.

1860

Apareixen els microscopis binoculars. Dos anys abans, l'alemany Rudolf Virchow (1821-1902) proclamà el famós aforisme «omnia cellula ex cellula», amb el qual confirmava un punt de la teoria cel·lular que quedava pendent: que cada cèl·lula prové, per reproducció, d'una cèl·lula preexistent.

1878

El físic alemany Ernst Abbe perfecciona els anomenats objectius d'immersió i els condensadors més avançats. Amb aquests sistemes de lents, que se situen entre el focus de llum i l'objecte, i permeten una il·luminació molt més intensa, la capacitat de magnificació del microscopi òptic arriba gairebé al seu sostre, cap als 2000x.

1879

Walther Flemming observa la divisió de la cèl·lula i els processos que hi tenen lloc. Comprova la constància numèrica dels cromosomes i introdueix el mot mitosi per designar aquesta divisió cel·lular.

1887-1890

Theodor Boveri i Oscar Hertwig observen i descriuen la meiosi en cèl·lules animals.

1888

Eduard Strasburger fa el mateix en cèl·lules vegetals.

1899

Santiago Ramón y Cajal postula la teoria de la neurona, que significa l'extensió de la teoria cel·lular al teixit nerviós, l'últim reducte que quedava per confirmar.

1902

Walter Stanborough Sutton i Theodor Boveri formulen la teoria cromosòmica de l'herència, segons la qual la base física de l'herència rau en els cromosomes del nucli cel·lular.

1932

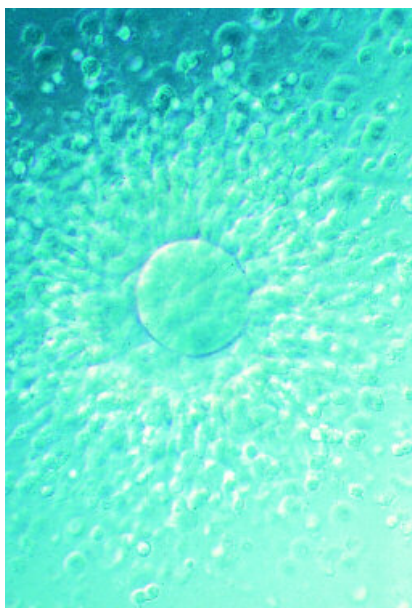
L'alemany Ernst Ruska construeix el primer microscopi electrònic, amb un poder de magnificació de 4000x. Aquest microscopi funciona amb feixos d'electrons en lloc de llum, i amb bobines electromagnètiques en lloc de lents. Cinc anys mes tard, el canadenc James Hillier i el seu deixeble Albert F. Prebus construeixen un nou prototipus de microscopi electrònic de 7000x.

1938

El nord-americà d'origen rus Vladimir Kosma Zworykin (que havia construït la primera càmera de televisió pocs anys abans) desenvolupa els prototipus de microscopis electrònics fins a aconseguir instruments que, combinats amb fotografia, donen una magnificació superior a 2 000 000x. Aquests microscopis han representat una autèntica revolució en el camp de la citologia, perquè han permès estudiar la ultraestructura cel·lular, és a dir, els detalls arquitectònics de cadascun dels òrgans cel·lulars.

Microscopi òptic.





Ovòcit vist a través del microscopi òptic.

En l'actualitat, podem formular la teoria cel·lular de la manera següent:

- La cèl·lula és la part viva més petita i amb l'organització més senzilla. Tots els organismes són constituïts per una o per moltes cèl·lules. La cèl·lula és la **unitat estructural** dels éssers vius.

- La cèl·lula és capaç de portar a terme totes les reaccions químiques necessàries per mantenir-se viva. El bon funcionament dels organismes depèn del funcionament adequat de totes les seves cèl·lules. La cèl·lula és la **unitat funcional o fisiològica** dels organismes.

- Tota cèl·lula deriva per divisió d'una cèl·lula anterior. En molts organismes, la reproducció queda confiada a una estirp especial de **cèl·lules**, anomenades **reproductores** (gàmets, espores...). Tots els organismes, des del més simple fins al més complex, s'originen a partir d'una cèl·lula. La cèl·lula és la **unitat reproductora** dels éssers vius.

- És freqüent que en els organismes pluricel·lulars les cèl·lules presentin les funcions repartides, de tal manera que hi ha cèl·lules especialitzades en una funció determinada i altres cèl·lules que s'especialitzen en altres funcions. Quan això succeeix, l'organisme és integrat per diversos **teixits cel·lulars** o estirps de cèl·lules que realitzen funcions concretes.

La cèl·lula porta a terme les funcions bàsiques de la matèria vivent i és el sistema organitzat més simple portador de les funcions vitals. La cèl·lula viva és un sistema format per molècules orgàniques i inorgàniques que funciona a temperatura constant (isotèrmic), obté l'energia i les matèries primeres de l'entorn i s'autoordena, s'autoregula i s'autoperpetua.

2. Els microscopis i l'estudi de la cèl·lula

El microscopi clàssic és un instrument òptic que funciona amb lents d'augment. Els microscopis actuals es basen en la combinació de dues lents (en realitat, dos sistemes de lents), l'**objectiu** i l'**ocular**, que augmenten la imatge que els arriba després que la llum hagi travessat la preparació, que ha de ser, per tant, molt fina i sovint tenyida per augmentar-ne el contrast. Un tercer sistema de lents, el **condensador**, concentra el feix de llum que arriba a la preparació i millora notablement el rendiment del microscopi.

De totes maneres, el microscopi òptic no pot mostrar elements més petits de 0,2 μm . De fet, si bé el seu límit teòric és proper als 2 000 augments, en la pràctica no és senzill passar de 1 500x. El límit ve determinat per la longitud d'ona de la llum emprada i per l'índex de refrac-

ció del medi. Es pot millorar una mica la visió de la preparació si s'utilitza llum ultraviolada o objectius d'immersió, que treballen en un medi líquid.

2.1. Els microscopis electrònics

Si bé la majoria dels òrgànuls cel·lulars van ser descoberts amb el microscopi òptic, coneixem la **ultraestructura** d'aquests òrgànuls gràcies a la utilització, a partir de la dècada de 1930, del **microscopi electrònic**, que fa servir feixos d'electrons en comptes de llum i bobines electromagnètiques en lloc de lents. Les imatges obtingudes amb aquests instruments poden proporcionar cents de milers d'augmentos.

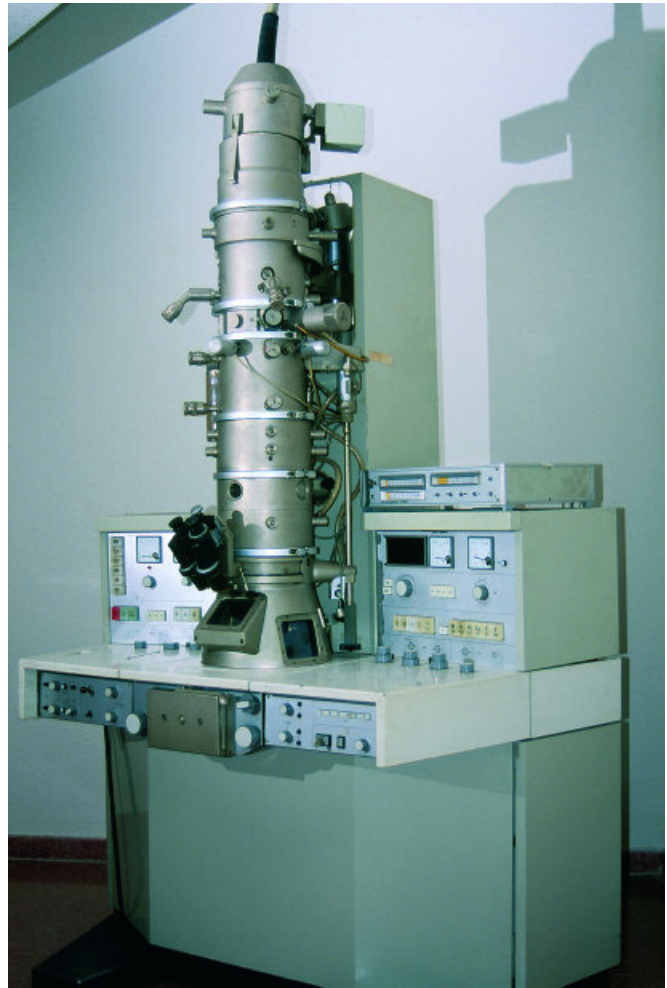
Hi ha dues classes de microscopis electrònics: el microscopi electrònic de transmissió i el de rastreig.

El funcionament del **microscopi electrònic de transmissió** es basa en el fet que els electrons que travessen una mostra, quan col·lisionen amb els àtoms d'aquesta són dispersats (canvien de direcció de propagació) i, finalment, poden ser interceptats sobre un suport (negatiu fotogràfic, tub de raigs catòdics...) que en proporciona imatges visibles.

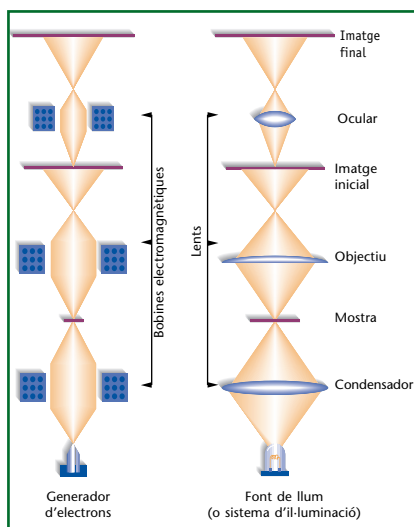
Cada punt de la mostra, que ha de ser extremament prima, té una capacitat determinada de dispersió dels electrons: és més o menys «dens» als electrons. Aquesta capacitat, adequadament tractada per addició, per exemple, de substàncies opaques als electrons que hi actuen com un «colorant», millora el contrast de les imatges.

En el **microscopi electrònic de rastreig**, les imatges es formen a partir dels electrons secundaris que emet la superfície d'una mostra quan és escombrada per un feix d'electrons intens. Aquest microscopi, que no sol passar dels 20 000 augmentos i sovint treballa pels volts del miler d'augmentos, és especialment adequat per observar estructures tridimensionals, ja que proporciona relleus d'una precisió extraordinària.

L'estudi de la cèl·lula ha progressat no tan sols gràcies als microscopis, sinó també a la conjunció i al desenvolupament de nombroses tècniques que han fet possible millorar les **preparacions microscòpiques**. Entre aquestes tècniques, cal esmentar la **microtomia**, aplicada a l'obtenció de talls prims per mitjà d'aparells especials o micròtoms; la **citoquímica**, que ha desenvolupat tècniques bioquímiques de tinció d'estructures cel·lulars específiques; la **centrifugació**, i la **radiobiologia**.

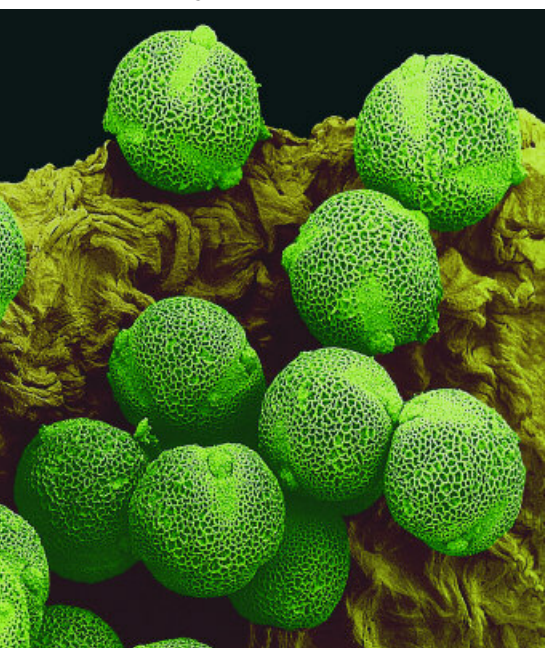


Microscopi electrònic.



Esquema del funcionament del microscopi electrònic (esquerra) i del microscopi òptic (dreta).

Grans de pol·len de cogombre (en fals color) vistos al microscopi electrònic de rastreig (350x).



D O C U M E N T S

Microscopi òptic o fotònic

El microscopi òptic o fotònic té les característiques següents:

- Possibilita observacions d'entre uns 25 i uns 1 500 augments.
- Té un poder de resolució d'unes $0,2 \mu\text{m}$.
- Les preparacions tenen un gruix mitjà de 5 a $15 \mu\text{m}$ i s'obtenen amb micròtoms.
- Les preparacions són il·luminades amb longituds d'ona d'entre $0,4$ i $0,8 \mu\text{m}$.
- Té lents de vidre.
- Les imatges es recullen directament a l'ull.
- S'hi poden observar cèl·lules senceres, amb els seus colors naturals o tenyides amb colorants diversos. No s'hi pot observar la ultraestructura cel·lular.

Microscopi electrònic de transmissió

El microscopi electrònic de transmissió té les característiques següents:

- Els augments més freqüents oscil·len entre $1\,500$ i $200\,000\times$, però es pot treballar a menys augments i fins a $500\,000\times$.
- Té un poder de resolució d'entre $0,3$ i $0,5 \text{ nm}$.
- Les preparacions tenen un gruix d'entre $0,09$ i $0,05 \text{ nm}$ i s'obtenen amb ultramicròtoms.
- Les preparacions són il·luminades per feixos d'electrons amb una longitud d'ona de l'ordre de $0,5 \text{ nm}$ i a $65\,000$ volts.
- Les seves lents són camps magnètics.
- Les imatges es recullen en tubs de raigs catòdics (monitors de televisió) o plaques fotogràfiques.

D O C U M E N T S

Les unitats mètriques usades en citologia

Els prefixos que es fan servir en citologia per expressar longituds molt petites, d'acord amb el sistema internacional de mesures (SI), són els següents:

$$\text{mil·li (m)} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{micro } (\mu) = 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{nano (n)} = 10^{-9} \text{ m}$$

A banda del mil·límetre, que resulta massa gran ateses les dimensions de les cèl·lules, les unitats més utilitzades són, per tant, el micròmetre (μm) i el nanòmetre (nm). Els valors i les equivalències són:

$$\text{micròmetre } (\mu\text{m}) = 10^{-6} \text{ m} = 10^{-3} \text{ mm.}$$

$$\text{nanòmetre (nm)} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-3} \mu\text{m.}$$

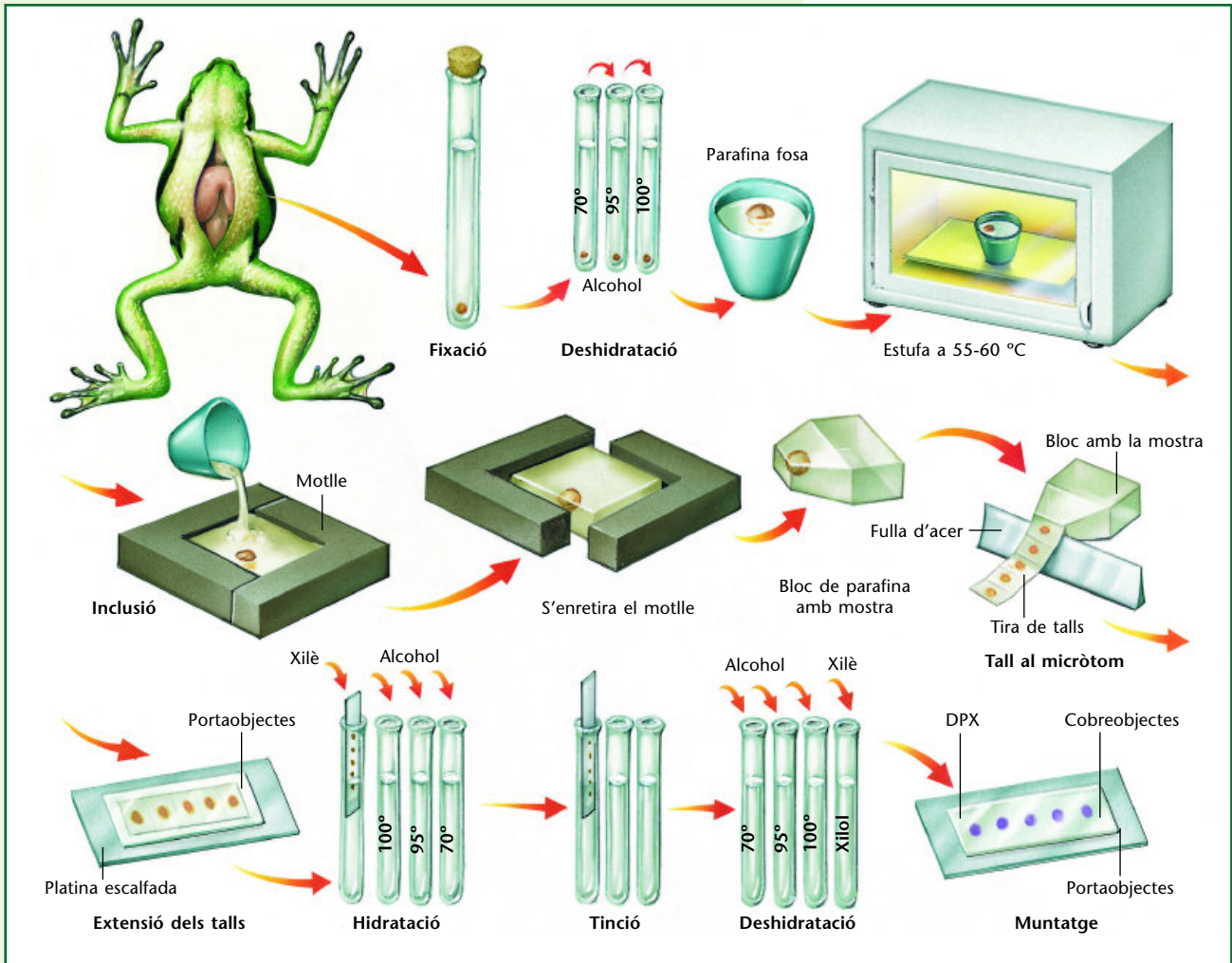
A vegades, s'usen també els termes micra i micró com a sinònims de micròmetre.

Dècades enrere, s'havia fet servir una altra unitat, avui en desús, l'angstrom (\AA), equivalent a 10^{-10} metres.

L'obtenció de preparacions microscòpiques

- 1) *Obtenció de mostres fresques d'òrgans o de teixits.*
- 2) *Fixació de la mostra. Es deixa la mostra submergida en un fixador (alcohol, formol, etcètera) entre 12 i 24 hores (segons el tipus i la grandària).*
- 3) *Deshidratació. Després del rentatge, la mostra se submergeix successivament en alcohol etílic de diferents graduacions.*
- 4) *Inclusió en parafina.*
- 5) *Tallat de les mostres amb el micròtom. S'obtenen talls d'entre 5 i 15 µm de gruix.*
- 6) *Extensió dels talls.*
- 7) *Eliminació de la parafina i hidratació.*
- 8) *Tinció dels talls desparafinats amb diferents colorants, segons el material a observar i allò que es pretén veure.*
- 9) *Rentatge i deshidratació.*
- 10) *Muntatge. Els talls, tenyits i rentats, es posen a la part central d'un portaobjectes (net i desgreixat) i damunt es col·loquen els cobreobjectes. Per fixar la preparació, es fa servir algun adhesiu, com ara el DPX.*

Mètode d'obtenció de preparacions microscòpiques.



A C T I V I T A T S

1.1. La imatge que es veu a través d'un microscopi és invertida i augmentada. La longitud aparent d'un objecte és igual a la longitud real multiplicada per l'augment del microscopi. Així, per exemple, un objecte de 20 μm de longitud vist amb un microscopi amb ocular de 10x i objectiu de 40x presenta una longitud aparent de 8 000 μm . La longitud real, l'aparent i l'augment del microscopi mantenen sempre aquesta relació:

$$\text{longitud aparent} = \text{longitud real} \times \text{augment}$$

Si un microscopi augmenta 500 vegades, quina longitud aparent, expressada en mil·límetres, tindrà un objecte, la longitud real del qual és de 20 micròmetres?

1.2. Un micròmetre equival a...

- a) ... 10^3 nm;
- b) ... 10^2 nm;
- c) ... 10^{-2} nm;
- d) ... 10^{-3} nm;
- e) ... 10^{-3} m.

1.3. Al microscopi, els òvuls i els espermatozoides es veuen aproximadament com en la il·lustració que tens a sota. Fixa't que cada cèl·lula presenta un augment diferent. Digues quina és la mida real, en micròmetres, de cada cèl·lula.



1.4. Formula la teoria cel·lular segons s'entén actualment i explica quines diferències presenta amb la teoria cel·lular que van formular Schwann i Schleiden.

1.5. Per què els virus no es consideren cèl·lules?

1.6. De quina manera es formen les imatges en un microscopi electrònic? Digues quins són els dos tipus bàsics de microscopi electrònic, quina és la principal diferència de funcionament entre un tipus i l'altre, i per a què s'utilitza cada un.

1.7. L'òptic i naturalista holandès Anton van Leeuwenhoek va escriure, l'any 1674: «He pres una mica de sang de la mà i he observat que consisteix en petits glòbuls arrodonits que neden en un líquid clar.»

Com ho va poder descobrir? Com funcionaven els microscopis que feia servir? Què és el que va veure exactament? A què es referia? ¿Es podien veure les cèl·lules de la sang amb l'augment dels seus microscopis? ¿Leeuwenhoek utilitzava el concepte i el terme *cèl·lula*?

1.8. L'alga unicel·lular *Chlamydomonas* té uns 15 micròmetres de longitud i neda a una velocitat de 120 micròmetres per segon. A quina velocitat comparativa hauria de nedar un peix de 20 cm de longitud per aconseguir el mateix desplaçament relatiu?

1.9. Assimila les formes d'un parameci i d'un bacteri a la d'un cilindre cinc vegades més llarg que ample, i suposa que un parameci de 100 micròmetres de longitud ingereix cada dia 5 000 bacteris de dos micròmetres de longitud. Calcula quin tant per cent de volum corporal del parameci representa la seva ingesta diària de bacteris.

1.10. Els glòbuls vermells dels mamífers són cèl·lules anucleades que es formen contínuament per substituir els que són destruïts en el fetge i en la melsa. Els glòbuls vermells de la sang humana tenen una vida mitjana de cent vint dies i es troben en una quantitat que oscil·la al voltant dels cinc milions per mil·límetre cúbic de sang. Quants glòbuls vermells per segon es formen en un adult amb cinc litres de sang?

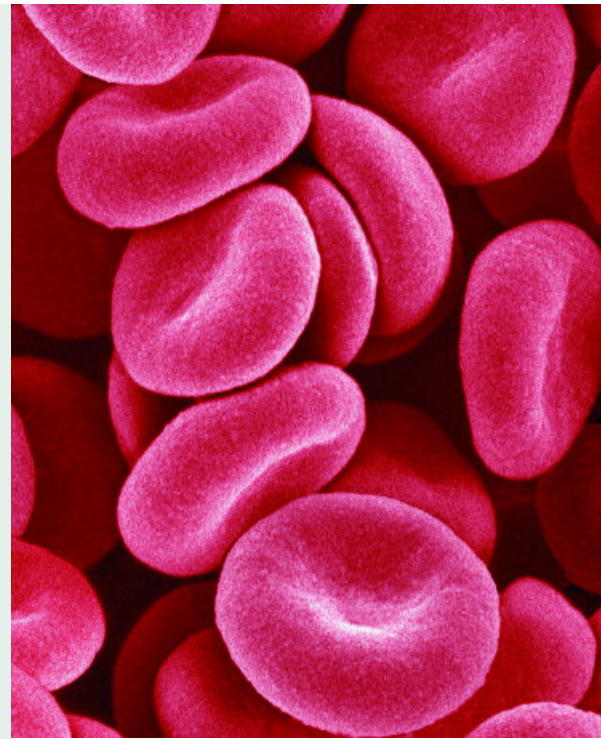
1.11. Un parameci que disposi de prou aliment, en un laboratori es divideix en dos cada 45 hores. Tenint en compte que un parameci té una massa aproximada d' 1×10^{-6} mg, digues quina serà la massa d'un cultiu de paramecis al cap d'un dia, d'una setmana, de dues setmanes i d'un mes de cultiu. Compara les xifres resultants amb algunes magnituds conegudes.

1.12. Relaciona cada conjunt de paraules del primer grup amb el conjunt del segon grup.

Primer grup: teoria cel·lular, Theodor Boveri, primer microscopi electrònic, va descobrir el nucli cel·lular, Santiago Ramón y Cajal.

Segon grup: Robert Brown, teoria de la neurona, Rudolf Virchow, observació de la meiosi al microscopi, Ernst Ruska.

1.13. El microscopi dóna imatges d'una grandària superior a la real. La grandària aparent no és fàcil de precisar, si no és mitjançant l'ús



Glòbuls vermells (2 000x).

d'una escala graduada especial; tanmateix, és prou intuïtiva. Tenint en compte això, respon a les preguntes següents:

a) Un microbi determinat, vist al microscopi, té una longitud aparent d'1 cm. La longitud real d'aquesta espècie de microbis és d'1 μm . Quin és, doncs, l'augment del microscopi?

b) Treballem amb un microscopi que té un objectiu de 40 augments (40x), però en el qual no hi ha cap indicació respecte a l'augment de l'ocular. Amb aquest microscopi mirem una espora de 50 μm de diàmetre, de manera que sembla que tingui 2 cm de diàmetre. Quin és l'augment de l'ocular?

c) En una observació microscòpica de microbis es fa servir un ocular de 15 augments (15x) i un objectiu de 40 augments (40x). Quin és l'augment real d'aquest microscopi?

d) Amb aquest microscopi s'observa un microbi amb un diàmetre aparent d'1 mm. Quin és el seu diàmetre real?

e) Quina longitud aparent, expressada en micròmetres, tindrà una cèl·lula de 20 μm de longitud observada amb aquest microscopi?

Expressa la longitud anterior en mil·límetres, en centímetres i en metres.

1.14. A continuació, tens el recordatori d'algunes normes bàsiques d'ús del microscopi. Llegeix-les i completa els espais buits amb els termes següents: *més*, *menys*, *micromètric*, *macromètric*, *objectiu*, *ocular*, *il·luminació*, *preparació*, *lents*.

1) Per enfocar una ... començarem sempre amb l'objectiu de ... augment. Mirant pel costat –no pas directament a través de l'ocular– aproparem el tub òptic fins gairebé tocar la preparació i aleshores començarem a enfocar, separant a poc a poc l'objectiu de la preparació –amb el cargol ... – mentre mirem per l' Si ho fem a l'inrevés –baixant el tub òptic mentre mirem per l'ocular–, podem trencar l' ... , la part més delicada i valuosa del microscopi.

2) Un cop enfocada la ... farem l'ajustament amb el cargol

3) Abans de posar un objectiu de ... augment, centrarem –en el camp de visió– l'objecte o la part que ens interessa veure amb més detall.

4) Per a una bona ... cal situar-se d'esquena a les finestres o a altres focus importants de llum per evitar reflexos. Si es pot triar, és millor la llum natural.

5) El microscopi és un instrument de precisió. Convé tenir la precaució de no sotmetre'l a cops ni moviments bruscos i evitar qualsevol acció que pugui ratllar les Cal tractar-lo amb cura i guardar-lo sempre amb la funda i dins l'estoig per preservar-lo de la pols i la humitat.



Paramecis vistos al microscopi electrònic de rastreig. S'observen clarament la «boca», o citostoma, i les bandes d'abundants cilis (300x).

3. L'organització procariota i eucariota

La cèl·lula és la unitat fonamental de la matèria vivent. La branca de la biologia que s'ocupa de l'estudi de la cèl·lula és la **citologia**. Tradicionalment, la principal divisió del món viu s'ha establert entre els vegetals i els animals. No obstant això, quan s'estudien els organismes pel que fa al caràcter cel·lular, la principal divisió s'estableix entre els organismes **procariotes**, constituïts per cèl·lules sense nucli, i els **eucariotes**, formats per cèl·lules amb nucli ben diferenciat.

La generalització de l'ús del microscopi electrònic ha fet possible conèixer amb molt detall la **ultraestructura cel·lular** i establir les principals diferències entre l'organització cel·lular procariota i l'eucariota, diferències que es detallen en el document de la pàgina següent. No hi ha dubte que la cèl·lula procariota té una estructura més simple que l'eucariota. Ara bé, malgrat la simplicitat estructural, presenta una fisiologia molt variada i es pot afirmar que la cèl·lula procariota va «inventar» gairebé tots els processos metabòlics que utilitzen la gran diversitat de formes actualment vivents.

Les cèl·lules procariotes són molt més antigues que les eucariotes: s'accepta que van aparèixer uns dos mil milions d'anys abans i van dominar la biosfera durant un període de temps llarguíssim. L'aparició i el desenvolupament de les eucariotes no va comportar-ne l'eliminació.

Els organismes procariotes continuen desenvolupant funcions essencials en la biosfera, com ara la fixació del N_2 , i ocupen nínxols ecològics, sovint extrems, dels quals no han pogut ser desplaçats pels eucariotes, generalment més eficients. En les darreres dècades, s'ha formulat la suggeridora teoria de l'**endosimbiosi** o de les **comunitats microbianes coevolucionades**. Aquesta teoria és difícil de comprovar, atesa la seva dimensió temporal, però és una fecunda hipòtesi de treball, la qual suposa que la cèl·lula eucariota és el resultat de l'evolució de la simbiosi de primitives formes «bacterianes» (mitocondris, cloroplastos, flagels, cilis...).

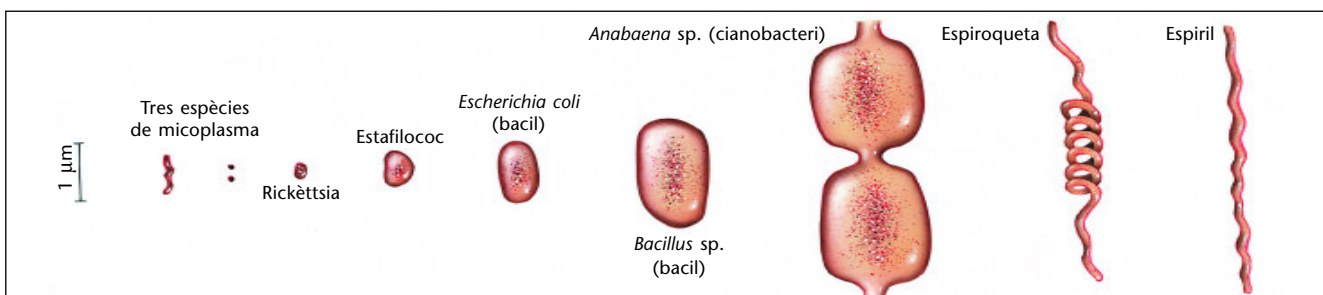
Pel que fa als **virus**, cal considerar-los a part. No compleixen els principis de la teoria cel·lular, ja que no tenen metabolisme propi i per reproduir-se han de parasitar cèl·lules vives. En tot cas es poden definir, tot i la seva limitada autonomia, com a **organismes acel·lulars**.

Els arqueobacteris

Arqueobacteris

L'any 1977 l'equip del microbiòleg Carl Woese en estudiar i comparar l'ARN ribosòmic de diferents grups de bacteris va descobrir que els anomenats **bacteris metanogènics** tenien seqüències de nucleòtids clarament diferents de la resta de procariotes. Van proposar que als dos gran dominis de la biosfera, els procariotes i els eucariotes, calia afegir un nou domini per incloure els esmentats bacteris. El nom proposat per aquest nou domini va ser **arqueobacteris**, per indicar que eren organismes molt antics.

Posteriorment s'ha comprovat que les diferències bioquímiques i estructurals entre els bacteris metanogènics i la resta de bacteris és molt important. S'han descrit prop de tres centenars d'arqueobacteris i s'ha comprovat que la majoria hi viuen en ambients extrems: a temperatures elevades (generalment més de 80° C), sense oxigen i en aigües hipersalines o àcides.



L'enclosimbiosi

L'enclosimbiosi és la condició d'un organisme que viu dintre d'un altre en associació simbiòtica, bé a l'interior de les cèl·lules (endocitobiosi, com la dels bacteris que van acabar transformant-se en mitocondris i cloroplastos), bé en els espais intercel·lulars (com les associacions entre fongs i arrels de certs arbres).

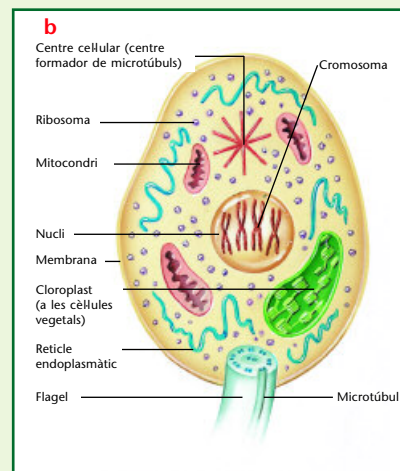
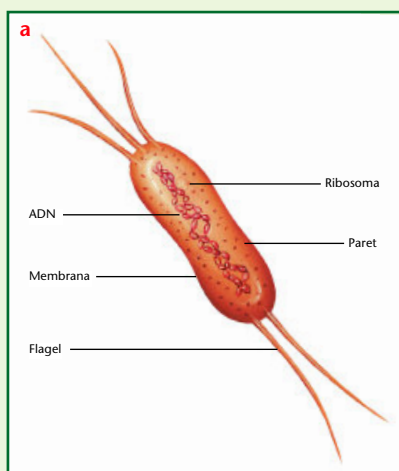
DOCUMENTS

La cèl·lula procariota

- El material genètic està en contacte directe amb el citoplasma. No té un nucli diferenciat i presenta una gran molècula d'ADN no associada a histones. A més, hi pot haver petits fragments d'ADN: els plasmidis.
- És de mida petita, al voltant de pocs micròmetres, i d'estructura senzilla.
- La divisió cel·lular és per escissió binària o escissiparitat. No té centre cel·lular.
- La respiració és anaeròbia (estricta o facultativa) o aeròbia. No presenta mitocondris. Les cadenes respiratòries es troben associades a la membrana cel·lular.
- No té motilitat intracel·lular.
- Té orgànuls citoplasmàtics poc abundants i envoltats per una membrana. Els carboxisomes i els clorosomes són exemples d'aquests orgànuls citoplasmàtics.
- Els ribosomes són més senzills que en la cèl·lula eucariota i tenen un coeficient de sedimentació de 70 svedbergs.

La cèl·lula eucariota

- El material genètic està embolcallat per una membrana que el separa del citoplasma. Té un nucli constituït per l'ADN, organitzat en un nombre plural de cromosomes i associat a histones.
- És més gran i més complexa que la cèl·lula procariota.
- La divisió cel·lular es produeix per mitosi típica. Presenta sovint centre cel·lular.
- La respiració és aeròbia (pot mostrar adaptacions secundàries a la vida anaeròbia). Presenta mitocondris que contenen els enzims de les cadenes respiratòries.
- Té una important motilitat intracel·lular.
- Té nombrosos orgànuls citoplasmàtics (complex de Golgi, reticle endoplasmàtic, lisosomes, vacúols...) envoltats per una membrana de tipus unitari.
- Els ribosomes són més complexos que en la cèl·lula procariota i tenen un coeficient de sedimentació de 80 svedbergs.



Esquemes d'una cèl·lula procariota (a) i d'una cèl·lula eucariota (b) a escales diferents.

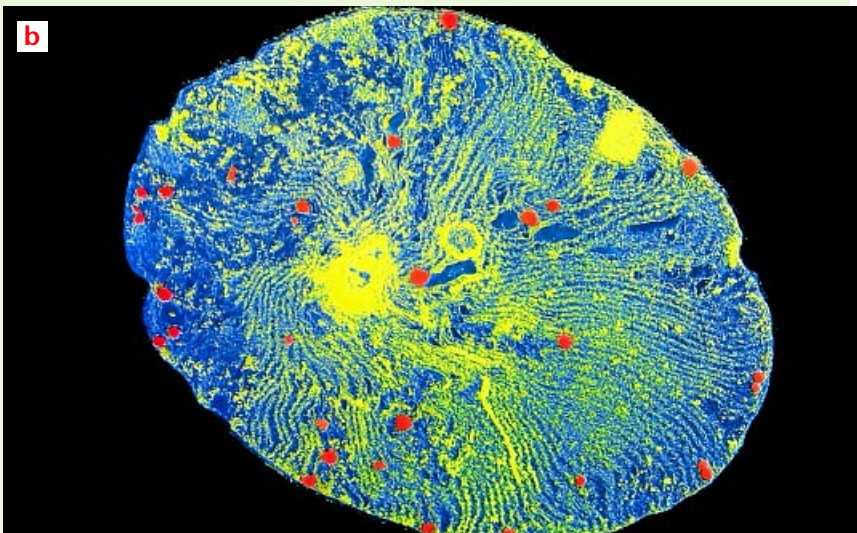
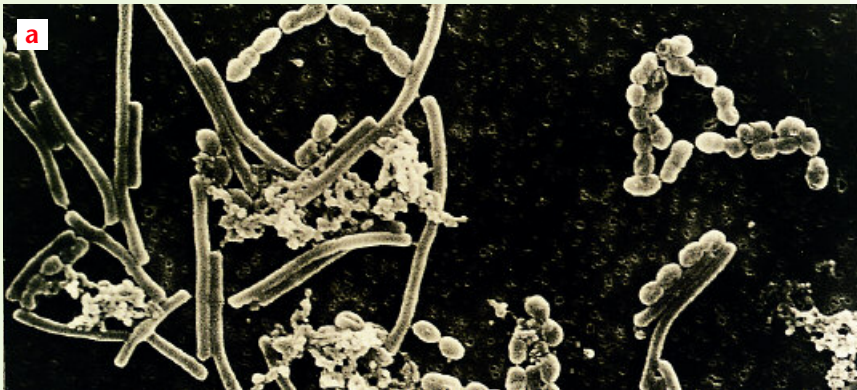
Els organismes procariotes

- Són unicel·lulars.
- Presenten fenòmens de sexualitat amb intercanvi de material genètic (conjugació, transducció, transformació) i de reproducció asexual.
- Poden ser autòtrofs (fotoautòtrofs i quimioautòtrofs) o heteròtrofs. No presenten cloroplastos. La fotosíntesi pot ser anaeròbia (sense fotòlisi de l'aigua i producció d'oxigen) o aeròbia.
- Inclouen els bacteris i les cianofícies, que formen el regne de les moneres.

Els organismes eucariotes

- N'hi ha d'unicel·lulars i n'hi ha de pluricel·lulars.
- Els pluricel·lulars es reproduïxen sexualment amb formació de gàmetes, fecundació i formació d'un zigot diploide.
- Poden ser autòtrofs (fotoautòtrofs) i heteròtrofs. Els primers presenten cloroplastos amb els pigments i els enzims de la fotosíntesi, que sempre és aeròbia.
- Es divideixen en quatre regnes: protocistos, fongs, vegetals i animals.
- En els pluricel·lulars, les cèl·lules apareixen diferenciades en teixits que formen òrgans, aparells i sistemes.

- a) Lactobacils.
- b) Cianofícia.
- c) Fong.
- d) Moixó.



1.15. Llegeix el text següent de Theodor Schwann i contesta a les preguntes que hi ha a continuació:

**LES PRIMERES EXPOSICIONS
DE LA TEORIA CEL·LULAR**

*Si bé les plantes presenten una gran varietat de formes externes és notable la senzillesa de la seva estructura interna. L'extraordinària diversitat de les seves formes resulta exclusivament de les diferents maneres d'unir-se les estructures elementals simples, és a dir, les **cèl·lules**, les quals tot i que presenten variades modificacions són, fonamentalment, les mateixes. La classe sencera de les plantes cel·luloses està únicament constituïda per cèl·lules, i moltes per agrupació de cèl·lules homogènies o, fins i tot, per una única cèl·lula. De la mateixa manera, les plantes vasculoses en les seves primeres fases, estan integrades per simples cèl·lules. El gra de pol·len, el qual, segons el descobriment de Schleiden, és la base de la nova planta, és una cèl·lula en les seves parts essencials.*

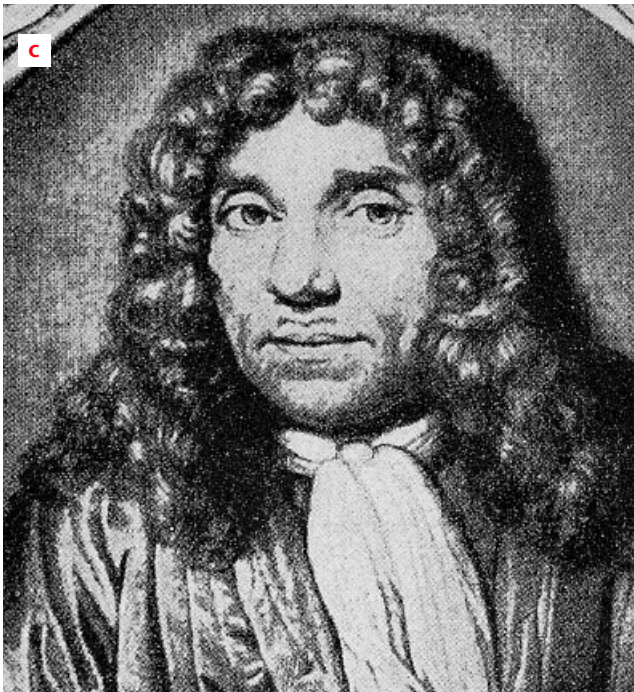
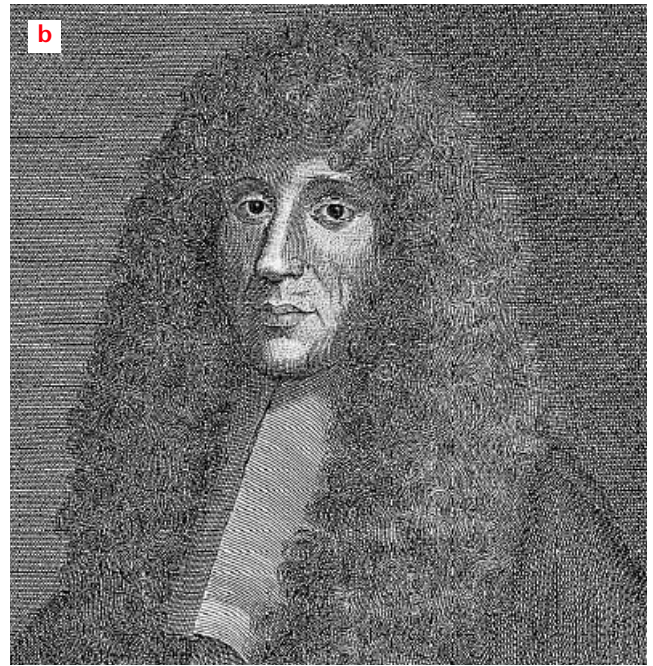
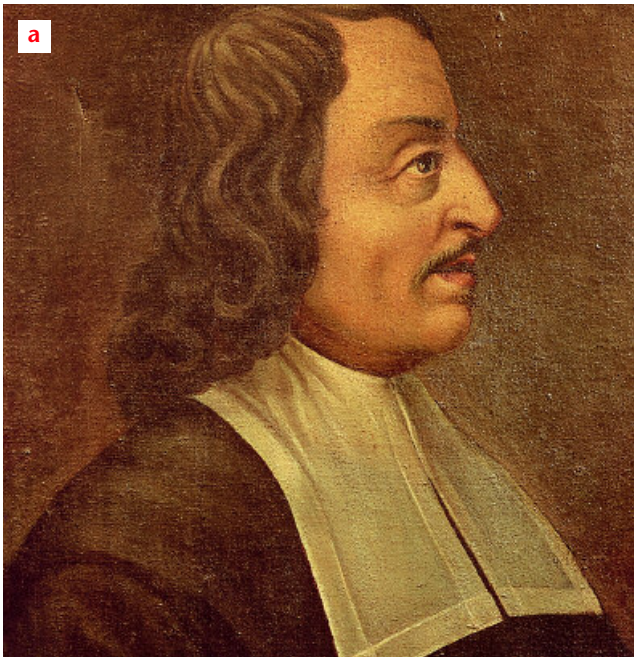
En les plantes vasculoses perfectament desenvolupades, l'estructura és més complexa. Des de fa algun temps hom distingeix en elles el teixit cel·lular, el teixit fibrós i els vasos o tubs espirals. Les investigacions sobre l'estructura i, especialment, sobre el desenvolupament d'aquests teixits han demostrat, tanmateix,

que aquestes fibres i tubs espirals no són altra cosa que cèl·lules allargades (...). Les plantes vasculoses, per tant, estan constituïdes igualment per cèl·lules, algunes de les quals atenyen un grau molt alt de desenvolupament (...).

Els animals que presenten una varietat de formes externes molt més gran que la del regne vegetal, tenen també uns teixits d'estructura més complexa, principalment en les classes més elevades (...). Molt gran és la diferència entre un múscul i un nervi, entre aquest i el teixit cel·lular (que no té res a veure amb el vegetal del mateix nom), entre l'elàstic i el corni, etc. Malgrat això, en estudiar el desenvolupament d'aquests teixits es manifesta que totes les seves múltiples formes s'originen igualment només de cèl·lules, completament anàlogues a les vegetals i coincidents amb elles en alguns dels seus fenòmens vitals. El propòsit del present treball és provar aquest fet amb tota una sèrie d'observacions.

THEODOR SCHWANN, Investigacions microscòpiques

- Com resumiries el contingut del text?
- Qui era Theodor Schwann? Per què el text que has llegit és important en la història de la biologia?
- Què és la teoria cel·lular? Com la resumiries?
- Per què la teoria cel·lular no va ser formulada fins al segle XIX?



a) Retrat de Marcello Malpighi.

b) Retrat de Francesco Redi.

c) Retrat d'Anton van Leeuwenhoek.

1. Robert Hooke (1635-1703), Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), Jan Swammerdam (1637-1680), Marcello Malpighi (1628-1694), Nehemiah Grew (1641-1712), Francesco Redi (1626-1698) i Crisòstom Martínez (1638-1694), entre d'altres, van ser importants microscopistes que, en el transcurs del segle XVII, van descobrir aspectes importants del món microscòpic. Llegeix el text següent, completa la teva informació i contesta a les preguntes que hi ha en la pàgina següent:

LEEUVENHOEK I ELS MICROSCOPIS DEL SEGLE XVIII

De tots els microscopistes clàssics, el que més impressionà els seus contemporanis fou Anton van Leeuwenhoek. Nascut a Delft, hi aconseguí un càrrec oficial, de poca importància, que li permetia dedicar el seu temps a la microscòpia. Ignorava completament la resta del món. Leeuwenhoek construï sempre els seus microscopis, les lents i els accessoris. Tanmateix, els millors microscopis no els volgué ensenyar mai, fins al punt que en una de les seves comunicacions feia notar que en reservava alguns exclusivament per als seus estudis i que «mai ningú, que no fos ell, no hi havia mirat».

El que caracteritza Leeuwenhoek d'entre els microscopistes clàssics és el fet d'haver treballat exclusivament amb lents simples. En aquella època, els microscopis compostos presentaven el que avui s'anomena «aberració cromàtica»; en canvi, una lent simple no acusa aquest inconvenient, tot i que, d'altra banda, si l'augment és molt gran, l'àrea del camp nítid es redueix molt. El principi general de construcció dels microscopis de Leeuwenhoek és totalment simple; la forma d'usar-los, tanmateix, ben complicada.

Leeuwenhoek no treballà mai llargues temporades sobre un mateix tema, sinó que es permetia deambular

amb el seu microscopi pels diferents aspectes de la natura, retrobant, a cada pas, noves meravelles [...]: amplià el coneixement de la circulació capil·lar [...] i dels glòbuls sanguinis [...], donà excel·lents referències de l'estructura microscòpica dels músculs, del cristal·lí de l'ull, de les dents, de la pell [...]; és molt notable, també, el seu treball sobre els ulls compostos dels insectes [...], on demostrava que aquestes lents formen nombroses imatges invertides [...]. Entre les millors observacions de Leeuwenhoek cal esmentar les que es refereixen al desenvolupament de la formiga, a la naturalesa de la cotxinilla (un insecte), a l'aparell filador de les aranyes i al desenvolupament de les cloïsses; però tal vegada la seva conquesta màxima fou la d'haver albirat l'existència dels bacteris (1683).

Si s'examinen els escrits dels microscopistes clàssics, la primera impressió que se'n treu és que el seu treball no té un sistema determinat o una finalitat concreta [...].

La infinita complexitat dels éssers vius que el seu treball revelava fou filosòficament tan pertorbadora com l'ordenada majestuositat del món astronòmic que Galileu i Kepler havien desvetllat [...], si bé les seves conseqüències tardaren molt més temps a penetrar en la ment dels homes.

Hom no pot deixar de quedar impressionat per l'aïllament d'aquests homes. Com és freqüent, tots ells eren de caràcter excèntric. Constituïen un grup quasi totalment separat dels altres investigadors. Gairebé no tenien deixebles ni, tampoc, imitadors [...]. Romangueren sense continuadors efectius fins al segle XIX.

CH. SINGER, Història de la biologia

a) Redacta una biografia breu (lloc de naixement, època, activitats i principals descobriments) de cada personatge esmentat.

b) Fes una exposició raonada dels principals avantatges i inconvenients inherents als microscopis usats per Leeuwenhoek, tant des d'un punt de vista objectiu com en relació amb el moment en què els va usar i els instruments més emprats en aquella època.

c) Explica per què aquells microscopistes no eren especialistes, tal com entenem ara l'especialització dels científics. ¿És mera casualitat que no ho fossin o és un fet produït per les circumstàncies d'aquell moment científic? Raona la resposta.

d) Què perseguïen aquells microscopistes? Quina finalitat buscaven?

e) Quines eren les condicions de treball i les circumstàncies personals i psicològiques dels microscopistes del segle XVII?

f) Comenta aquesta frase del text: «La infinita complexitat dels éssers vius que el seu treball revelava fou filosòficament tan pertorbadora com l'ordenada majestuositat del món astronòmic que Galileu i Kepler havien desvetllat [...], si bé les seves conseqüències tardaren molt més temps a penetrar en la ment dels homes.»

2. Llegeix el text següent de Robert Hooke i contesta a les preguntes que hi ha en la pàgina següent. (Si mai vols repetir l'experiència, no ho facis tal com diu Hooke, perquè et podries fer un bon tall; fes servir un micròtom de mà.)

LA PRIMERA DESCRIPCIÓ DE LES CÈL·LULES

Vaig prendre un tros de suro i amb un ganivet afilat com si fos una navalla en vaig tallar un fragment mirant de deixar ben llisa la seva superfície.

Aleshores, la vaig examinar amb diligència amb un microscopi i vaig poder percebre-hi petits porus, però sense poder distingir-los clarament.

[...] Amb el mateix ganivet vaig fer d'aquella peça de superfície llisa una llesca ben prima, la vaig posar sobre un suport negre, ja que per si mateixa era blanca, i la vaig il·luminar mitjançant una grossa lent planoconvexa.

Aleshores vaig poder veure perfectament que la làmina estava tota perforada i provista de porus, iguals que els d'una bresca d'abelles, si bé en aquest cas els porus no eren regulars i diferien d'una autèntica bresca en alguns punts:

En primer lloc, tenen molt poca substància sòlida en comparació de la cavitat buida continguda entre els intersticis (parets, com jo els denomino) o particions entre els porus, els quals intersticis són prims en relació amb els porus en si mateixos, talment com delicades pel·lícules de cera d'una bresca [...] que inclouen i constitueixen les cèl·lules hexagonals.

En segon lloc, aquests porus, o cèl·lules, no són gaire profunds, però es troben en gran nombre, com a petites capsetes, separades entre si per fins diafragmes [...].

ROBERT HOOKE, Micrographia

- a) Quin és l'origen de la paraula *cèl·lula*?
- b) Amb què comparava, Hooke, el que veia?
- c) Què veia realment Hooke?
- d) Va veure les membranes de les cèl·lules?
- e) Va veure la membrana plasmàtica?
- f) Va veure la paret de cel·lulosa?

3. Suposa que per poder fer l'observació de cèl·lules vegetals disposes del material següent: microscopi, portaobjectes i cobreobjectes, agulles emmanegades, tisores, pinces, cristal·litzador, paper de filtre, aigua destil·lada, blau de metilè (o un altre colorant) i cebes.

Tenint en compte aquesta premissa, contesta a les preguntes següents:

- a) Explica els passos i el mètode que seguiries per fer una preparació.
- b) Tens un microscopi amb un ocular de 12,5x i un objectiu de 10x. Si la longitud aparent d'una cèl·lula de ceba vista amb aquest microscopi és de 25 mm, quina és la longitud real de la cèl·lula?
- c) Descric què veuries al microscopi.

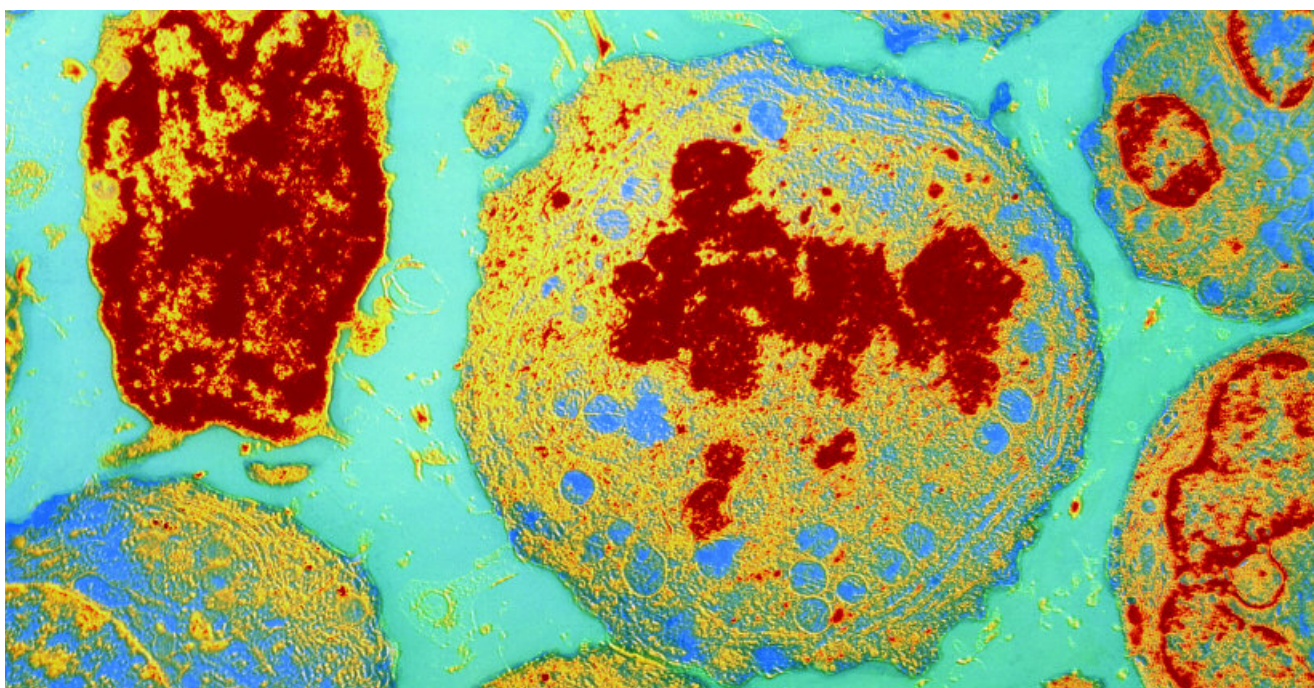
4. Digues si cada afirmació és aplicable a les cèl·lules procariotes, a les eucariotes, a totes dues o a cap:

- a) Tenen un nucli constituït per ADN.
- b) Són les més antigues.

- c) Tenen plàsmids.
- d) No tenen ADN.
- e) Tenen mitocondris.
- f) Algunes pertanyen al regne animal, altres al vegetal i altres al dels fongs.
- g) Algunes són autòtrofes.
- h) Es classifiquen en el regne de les moneres.
- i) No tenen nucli diferenciat.
- j) Tenen membrana plasmàtica.
- k) Són més simples estructuralment, però tenen una fisiologia molt variada.

5. Digues, per a cada una de les frases de sota, si es refereix al microscopi òptic o a l'electrònic:

- a) Té un poder màxim de resolució comprès entre 0,3 i 0,5 nm.
- b) Es diu també microscopi fotònic.
- c) N'hi ha de transmissió i de rastreig.
- d) No permet observar la ultraestructura cel·lular.
- e) Té lents de vidre.
- f) Les imatges que dona tenen color.
- g) Les lents són camps magnètics.
- h) Les preparacions s'obtenen amb ultramicrotoms.
- i) No permet observar cèl·lules vives, excepte en els darrers models.
- j) En el segle XVII ja n'hi havia.



Fotografia (en fals color) feta al microscopi electrònic de cèl·lules d'un tumor. Els nuclis irregulars i grans són característics de les cèl·lules cancerígenes i indiquen una gran activitat de proliferació.

El microscopi

Objectiu

Conèixer les diferents parts del microscopi òptic, el seu funcionament i maneig.

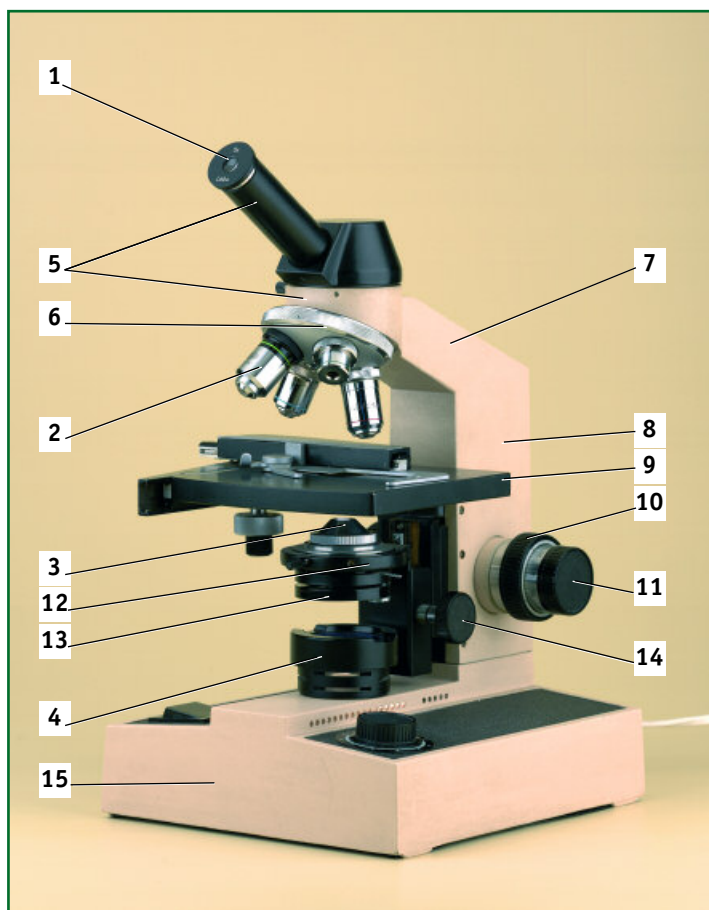
Material

Microscopi òptic.

Elements del microscopi.

Part òptica: 1, ocular; 2, objectius; 3, condensador; 4, font de llum.

Part mecànica: 5, tub òptic; 6, revòlver o portaobjectius; 7, braç; 8, columna; 9, platina; 10, cargol macromètric; 11, cargol micromètric; 12, diafragma; 13, portafiltres; 14, cargol de desplaçament del condensador; 15, peu.



El microscopi és un instrument que serveix per observar de prop objectes molt petits que no són visibles a ull nu.

El que es veu al microscopi òptic és la llum que travessa l'objecte que es vol observar, per a la qual cosa és necessari obtenir seccions o talls molt prims de l'objecte, tenyir-los i muntar-los en un portaobjectes, és a dir, obtenir una preparació.

Els components d'un microscopi es poden agrupar en **elements mecànics** i **elements òptics**.

Els **elements mecànics** són les parts que constitueixen l'estructura del microscopi i donen suport als elements òptics.

El **peu** és la peça en la qual descansa tota l'estructura del microscopi i que permet recolzar les mans quan es manipulen els cargols d'enfocament. Així mateix, porta el sistema d'il·luminació.

El **braç** és una peça metàl·lica, generalment inclinada, que uneix la columna amb la part del microscopi on es troben les lents.

La **platina** és una peça metàl·lica, unida a la columna, generalment quadrada, amb un forat a la part central per deixar passar la llum que procedeix del sistema d'il·luminació. Normalment porta unes pinces per fixar la preparació i, segons el tipus de microscopis, altres accessoris per facilitar l'observació de la preparació.

El **revòlver** o **portaobjectius** és una peça metàl·lica circular, giratòria, que porta enroscats els diferents objectius del microscopi (tres o quatre). Un lleuger moviment de la mà permet canviar l'objectiu per fer les observacions de les preparacions.

El **tub** és la peça metàl·lica, cilíndrica i buida, a l'extrem superior de la qual va introduït l'ocular.

Els **dispositius d'enfocament** són un o dos cargols adossats a la base del braç que permeten desplaçar la platina amunt o avall i situen la preparació més a prop o més lluny de l'objectiu. El cargol més gran, anomenat **cargol macromètric**, és de pas ràpid i es fa servir per realitzar un primer enfocament. El **cargol micromètric** és de pas lent i permet un ajustament precís de l'enfocament.

Els **elements òptics** fonamentals del microscopi són les lents: l'**ocular**, l'**objectiu** i el **condensador**.

L'**ocular** és la lent a la qual apropem l'ull per fer observacions microscòpiques. Es localitza a l'extrem superior del tub òptic, es pot treure amb facilitat i augmenta la imatge que dona l'objectiu. Normalment porta gravat el seu augment a la part superior (per exemple x8).

L'**objectiu** és la lent principal del microscopi i la que en determina la qualitat. La majoria dels microscopis disposen de diversos objectius que van enroscats al revòlver o portaobjectius. A la carcassa de cada objectiu hi ha gravada un xifra que n'indica l'augment (per exemple x40).

El **condensador**, situat sota la platina, és un sistema de lents que concentra el feix de rajos lluminosos procedents de la font d'il·luminació i dona una il·luminació uniforme a tot el camp visual. Normalment porta englobat un **diafragma** per regular l'entrada de la llum.

El **focus d'il·luminació** pot ser un mirall que reflecteix la llum exterior cap al condensador, però molts microscopis porten una font d'il·luminació elèctrica incorporada.

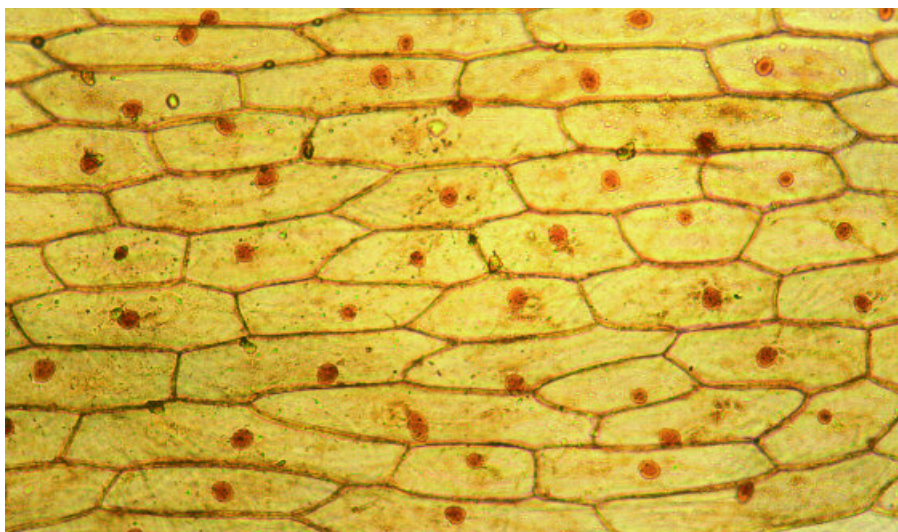
a) L'augment i el poder de resolució d'un microscopi

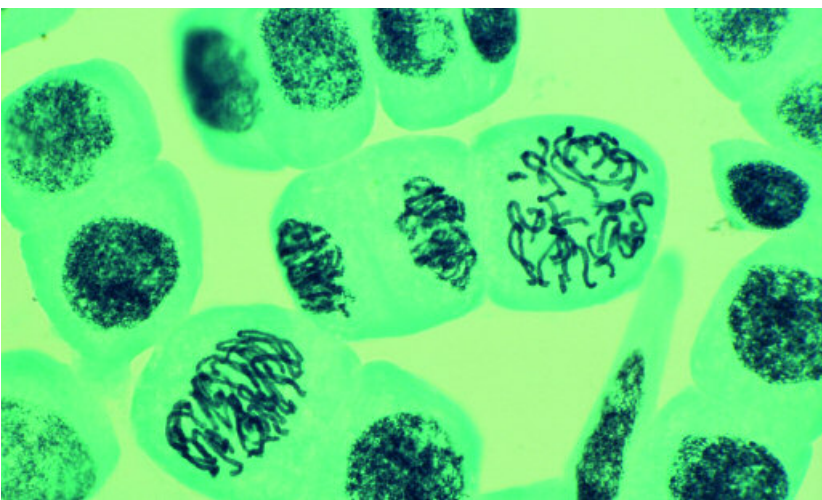
L'augment i el poder de resolució d'un microscopi són dues de les característiques més importants de la qualitat de la imatge i, per tant, de la qualitat d'un microscopi.

La major part dels microscopis disposen de més d'un ocular, cadascun d'ells amb un augment que ve indicat a la part superior, i de diversos objectius. El nombre total d'augmentos amb el qual es treballa s'obté multiplicant l'augment de l'ocular per l'augment de l'objectiu.

El poder de resolució (que a ull nu és de 0,1 mm) es defineix com la capacitat de veure separats dos punts molt propers, és a dir, la capacitat de veure'ls com a dos punts i no pas com a una taca única. Si apliquem aquest concepte al microscopi, podem dir que el seu poder de resolució (que té un

Microfotografia d'epiteli de ceba al microscopi òptic (100x).





Cèl·lules d'arrel de ceba en mitosi al microscopi òptic (200x).

valor màxim de 0,2 micròmetres) és la capacitat d'oferir-nos el detall i no solament l'augment.

En el microscopi, el poder de resolució depèn de la qualitat dels objectius i ve determinat per l'anomenada **obertura numèrica** (que és una mesura de les dimensions del con lumínic refractat per la preparació que pot admetre l'objectiu).

Els bons objectius porten sempre inscrites dues xifres: l'augment, amb valors de x4, x10, x40, etc., i l'obertura mecànica, amb valors gairebé sempre inferiors a la unitat (llevat d'objectius especials o objectius d'immersió), però més propers a aquest valor com més qualitat tenen. Els objec-

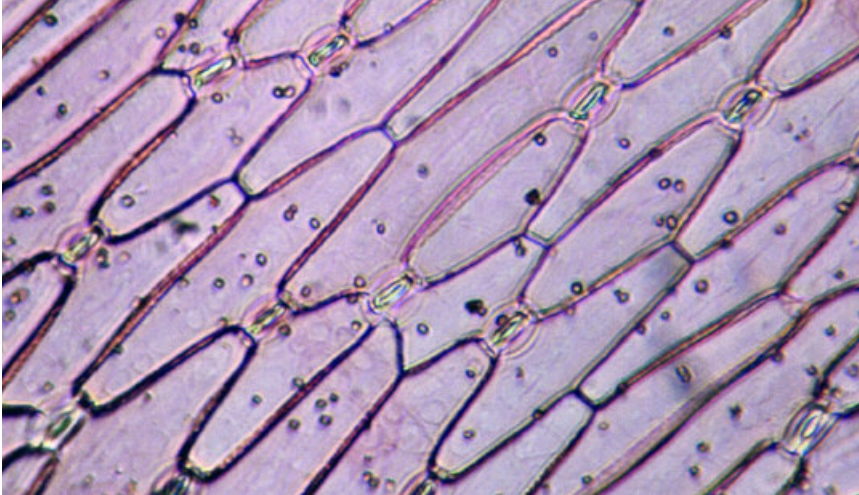
tius d'immersió permeten elevar l'obertura numèrica i, per tant, el poder de resolució, perquè són pensats per treballar en un medi diferent de l'aire. Això s'aconsegueix posant una goteta d'una substància oleaginosa entre la preparació i l'extrem de l'objectiu (per exemple, oli de cedre) i fent que es toquin.

b) El maneig del microscopi

Per manejar de manera correcta el microscopi et recomanem que realitzis el procés següent aquests passos:

- Recolza de manera correcta el microscopi damunt la taula d'observació.
- Obre el sistema d'il·luminació i comprova que sigui l'òptima.
- Col·loca la preparació al centre de la platina i fixa-la amb les pinces de fixació.
- Mou el revòlver i posa en posició d'observació l'objectiu de menor augment.
- Situa la platina a una bona distància de l'objectiu.
- Apropa l'objectiu a la preparació utilitzant el cargol macromètric, i vigila que no arribin a tocar-se.
- Mira per l'ocular i enfoca la preparació amb precisió, fins a tenir una visió nítida.
- Sense deixar d'observar per l'ocular, mou la preparació en diferents direccions.
- Un cop feta una primera observació de la preparació, que et donarà una idea general del seu contingut, centra la part que vols observar a més augments.
- Movent el revòlver, situa en posició d'observació un objectiu de més augment. Normalment caldrà fer un petit ajustament de l'enfocament amb el cargol micromètric.
- A mesura que utilitzis objectius de més augment, caldrà regular la il·luminació per mitjà del condensador i del diafragma.

- Una vegada finalitzada la sessió d'observació, fes les operacions següents: apaga el sistema d'il·luminació i desendolla'l; treu la preparació de la platina; posa-hi l'objectiu de menor augment; neteja la platina i les altres parts del microscopi.
- Desa el microscopi al seu lloc.



Epidermis amb estomes al microscopi òptic.

- 1.** De quines parts del microscopi depèn la correcta il·luminació de la preparació que vols observar?
- 2.** Quan desplaces el condensador, de quina manera varia la il·luminació?
- 3.** Com varia la il·luminació quan obres o tanques el diafragma?
- 4.** En una observació al microscopi, quin recorregut fa la llum des que surt del focus d'il·luminació fins que arriba al nostre ull?
- 5.** Quants grups de lents hi ha en el microscopi? Quin nom reben?
- 6.** Com calcules amb quin augment treballa un microscopi? Quines combinacions d'oculars i d'objectius es poden fer amb el microscopi que fas servir? Fes una taula que inclogui aquestes combinacions i l'augment final de cada combinació.

7. Preparació microscòpica amb un tros de paper.

Retalla un trosset de full de diari d'1cm², aproximadament, que estigui escrit. Enganxa'l sobre un portaobjectes amb una mica de cola i cobreix-lo amb un cobreobjectes, amb quatre puntetes de pega als marges per tal que no caigui. Tria un objectiu de poc augment i enfoca la preparació.

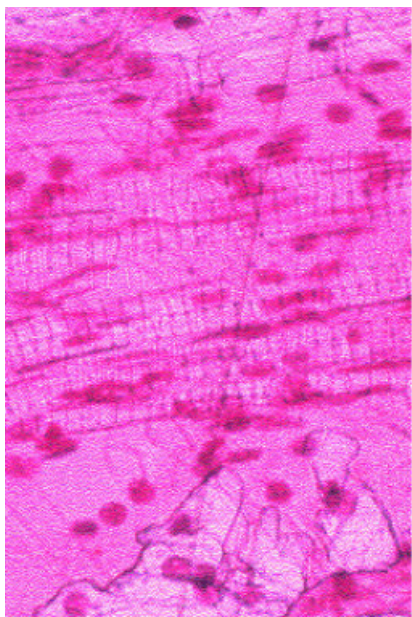
- a) Mou la preparació cap a la dreta. Què passa amb la imatge?
- b) Mou la preparació cap amunt. Què passa amb la imatge?
- c) Tria un objectiu de més augment. Què hi observes, ara?





Tradescància.

Vasos anellats i espiraliformes de tradescància vistos a través del microscopi òptic (100x).



d) Enfoca un tros de lletra. Les altres fibres del paper, queden enfocades? I si les enfoques, què passa amb les fibres entintades? A mesura que enfoques allò més profund, es desenfocuen les fibres més superficials?

e) En el camp de la fotografia s'usa el concepte de *profunditat de camp*, que designa «l'espai anterior i posterior respecte al punt d'enfocament en què els objectes queden correctament enfocats». En microscopia també s'usa, aquest concepte. ¿Creus que hi ha alguna relació entre augment i profunditat de camp? Comprova-ho.

8. La tradescància –també dita amor d'home, misèries o cua de mico–, molt comuna com a planta ornamental, és originària d'Amèrica, i ens servirà per observar un seguit de fenòmens. Si no tens tradescàncies, bona part d'aquestes observacions les pots fer amb alguna altra planta, per exemple, liris. Un cop fetes les preparacions que indiquem tot seguit, mira-les al microscopi, dibuixa el que hi observes, contesta a les preguntes i fes les activitats.

a) Observació dels estomes, que són foradets de l'epidermis per on entren i surten els gasos. Arrenca un trosset d'epidermis de fulla amb l'ungla, procurant de no arrossegar els teixits de sota. Munta'l entre el portaobjectes i el cobreobjectes amb una goteta d'aigua i mira'l al microscopi. Quina forma tenen les cèl·lules de l'epidermis? I les dels estomes? Les primeres, tenen cloroplastos? I les segones?

b) Observació del parènquima i dels cloroplastos. Si mirem de fer la preparació anterior, ens hi sortiran trossos de parènquima adherits, de color verd. Aquestes parts de la preparació són les que hem d'estudiar ara. El parènquima és el teixit que fa la fotosíntesi i té, per tant, cloroplastos. Com són? N'hi ha gaires?

c) Observació dels moviments del citoplasma (cal que la planta sigui florida). Agafa un estam, i millor encara un dels seus pèls blancs. Mira'l al microscopi a força augment, i amb calma. Hi veuràs bé els moviments interns del citoplasma. Tracta de definir-los.

Ara enretira el cobreobjectes, posa-hi una gota de blau de metilè i torna a observar el preparat. Quines diferències hi ha?

d) Observació de vasos anellats i espiraliformes (cèl·lules conductores). Fes un esqueix i deixa'l uns quants dies en aigua per tal que faci arrels. Pren una arrel que tingui poc més d'un centímetre i talla'n llenques amb una fulla d'afaitar. Escull-ne la més prima. Tenyeix-la uns deu minuts amb el colorant orceïna o un d'equivalent, segons el criteri del professor o de la professora. Posa-hi el cobreobjectes, tapa'l amb un paper de filtre doblegat i prem-lo amb el dit gros tant com puguis. Ara, la preparació ja està a punt per ser observada al microscopi.

Amb una mica de paciència hi veuràs, gairebé com si fossin una mena de cremalleres, unes cèl·lules molt allargades (que són els vasos conductors de la saba), les parets de cel·lulosa de les quals tenen uns reforços d'una substància molt dura, anomenada lignina, en forma d'anells o en espiral.