

# Biologia

1  
BATXILLERAT

Aquest llibre és una obra col·lectiva concebuda, dissenyada i creada al Departament d'Edicions de Grup Promotor / Santillana, sota la direcció de Teresa Grence Ruiz i Anna Sagristà Mas.

En l'elaboració ha participat:

Aurelio Castillo de la Torre

Antonio Jimeno Fernández

Ignacio Meléndez Hevia

Manuel Ballesteros Vázquez

Miguel Ángel Madrid Rangel

EDICIÓ

Ana Piqueres Fernández

Daniel Masciarelli García

Julia Manso Prieto

3.14 Servicios Editoriales

EDICIÓ EXECUTIVA

Begoña Barroso Nombela

DIRECCIÓ DEL PROJECTE

Antonio Brandi Fernández

Les activitats d'aquest llibre no s'han de fer mai al llibre mateix. Les taules, els esquemes i altres recursos que s'hi inclouen són models perquè l'alumnat els traslladi a la llibreta.



## Biologia

### Construeix el teu coneixement

#### Sabers bàsics

#### Tècniques

Persones rellevants de biologia  
El mètode científic  
Història d'un descobriment científic. Katalin Karikó i les vacunes d'ARN missatger

### 1 La composició dels éssers vius

12

1. La biologia i els éssers vius
2. Els nivells d'organització
3. La composició química de la matèria viva
4. Els bioelements
5. Els principis immediats o biomolècules
6. Les sals minerals
7. Les dissolucions i les dispersions col·loïdals
8. Principals tècniques utilitzades en bioquímica

La formulació orgànica

### 2 Els glúcids i els lípids

38

1. Monosacàrids
2. Disacàrids
3. Polisacàrids
4. Àcid gras
5. Greix
6. Lípid de membrana

### 3 Les proteïnes i els àcids nucleics

64

1. Composició de les proteïnes: els aminoàcids
2. L'estructura de les proteïnes
3. Les propietats de les proteïnes
4. La classificació de les proteïnes
5. Composició dels àcids nucleics
6. L'àcid desoxiribonucleic
7. L'àcid ribonucleic

La digestió de les proteïnes  
Els experiments de Hershey i Chase

### 4 La cèl·lula: unitat d'estructura i funció

90

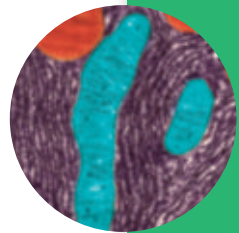
1. El descobriment de la cèl·lula
2. Forma i mida de les cèl·lules
3. L'estructura de les cèl·lules
4. Els mètodes d'estudi de les cèl·lules

Preparació de mostres per al microscopi òptic  
Preparació de mostres per al microscopi electrònic  
Interpretació de talls en microscòpia



**5** Membranes cel·lulars i orgànuls no delimitats per membranes

116



**6** Orgànuls cel·lulars delimitats per membranes

140



**7** L'arbre de la vida

162



**8** Nutrició en animals: digestió i respiració

182

## Construeix el teu coneixement

### Sabers bàsics

1. La membrana plasmàtica
2. Les membranes de secreció
3. El citoplasma
4. El centrosoma
5. Els cilis i els flagels
6. Els ribosomes

### Tècniques

El transport passiu a través de la membrana

1. El reticle endoplasmàtic
2. L'aparell de Golgi
3. Els lisosomes
4. Els vacúols
5. Els peroxisomes i els glixosomes
6. Els mitocondris
7. Els cloroplasts
8. El nucli cel·lular

Identificar orgànuls cel·lulars a partir de micrografies

1. Dominis Archea i Bacteria
2. Domini Eukarya. Regne Protoctista
3. Domini Eukarya. Regne Plantae
4. Domini Eukarya. Regne Fungi
5. Domini Eukarya. Regne Animalia
6. Identificació de microorganismes

Fer una tinció de Gram  
Observar i identificar microorganismes

1. Els processos digestius
2. L'aparell digestiu dels invertebrats
3. L'aparell digestiu dels vertebrats
4. La respiració i la nutrició
5. L'aparell respiratori dels invertebrats
6. L'aparell respiratori dels vertebrats

Comprovar l'activitat digestiva

Unitat	Construeix el teu coneixement	
	Sabers bàsics	Tècniques
 <p><b>9</b> Nutrició en animals: circulació i excreció</p> <p>202</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. L'aparell circulatori</li> <li>2. L'aparell circulatori en invertebrats</li> <li>3. L'aparell circulatori en vertebrats</li> <li>4. El sistema limfàtic</li> <li>5. L'excreció</li> </ol>	<p>Identificar els tipus de cèl·lules a la sang</p> <p>Disseccionar un cor de xai</p>
 <p><b>10</b> Relació en animals: receptors i efectors</p> <p>220</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Els estímuls i les respostes</li> <li>2. La recepció dels estímuls en els invertebrats</li> <li>3. La recepció dels estímuls en els vertebrats</li> <li>4. La resposta motora</li> <li>5. La resposta secretora</li> </ol>	<p>Investigar sobre la visió estereoscòpica</p> <p>Relacionar el moviment articular amb els tipus de palanques</p>
 <p><b>11</b> La coordinació nerviosa i hormonal en animals</p> <p>238</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La coordinació nerviosa</li> <li>2. El sistema nerviós en els invertebrats</li> <li>3. El sistema nerviós en els vertebrats</li> <li>4. El funcionament del sistema nerviós en els vertebrats</li> <li>5. La coordinació hormonal</li> <li>6. La coordinació hormonal en els invertebrats</li> <li>7. La coordinació hormonal en els vertebrats</li> </ol>	<p>Investigar sobre els reflexos</p>
 <p><b>12</b> Reproducció en animals</p> <p>258</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La reproducció i els seus tipus</li> <li>2. Els gàmetes</li> <li>3. L'aparell reproductor</li> <li>4. La fecundació</li> <li>5. El desenvolupament embrionari i postembrionari</li> <li>6. La reproducció en animals invertebrats</li> <li>7. La reproducció en animals vertebrats</li> </ol>	

Unitat	Construeix el teu coneixement	
	Sabers bàsics	Tècniques
 <p>13 La nutrició de les plantes</p> <p>278</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La nutrició de les plantes</li> <li>2. La incorporació dels nutrients</li> <li>3. El transport de la saba bruta</li> <li>4. L'intercanvi de gasos i la transpiració</li> <li>5. La fotosíntesi</li> <li>6. El transport de la saba elaborada</li> <li>7. La síntesi i l'emmagatzematge de substàncies</li> <li>8. Les substàncies de rebuig</li> </ol>	<p>Dissenyar i desenvolupar una experiència sobre la fotosíntesi</p>
 <p>14 La relació de les plantes i la regulació del seu creixement</p> <p>300</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Els factors de regulació</li> <li>2. Els tipus de fitohormones</li> <li>3. El moviment de les plantes</li> <li>4. Fotoperíode i termoperíode</li> <li>5. Els mecanismes de defensa de les plantes</li> </ol>	<p>Dissenyar una experiència per identificar els efectes de les hormones vegetals</p>
 <p>15 La reproducció de les plantes</p> <p>314</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Els tipus de reproducció en plantes</li> <li>2. La reproducció dels briòfits</li> <li>3. La reproducció dels pteridòfits</li> <li>4. Els espermatòfits. La reproducció en les giospermes</li> <li>5. La reproducció en les angiospermes</li> <li>6. La millora dels cultius</li> </ol>	
 <p>Annex</p> <p>330</p>	<p>Histologia</p>	





# Biologia

## Ciència que s'encarrega de l'estudi de la vida

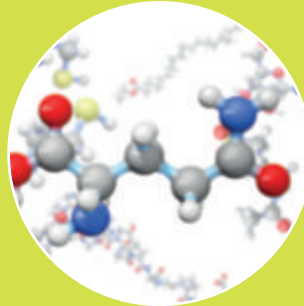
La biologia estudia els éssers vius en totes les formes i els nivells, des de l'origen i l'evolució fins a les propietats. El camp d'estudi de la biologia inclou tots els grups d'éssers vius, tant l'estructura com la funció i les relacions dels uns amb els altres. Per això, a la biologia hi ha diferents àrees de coneixement.



**Antropologia.** Estudia els aspectes biològics i socials de l'ésser humà.



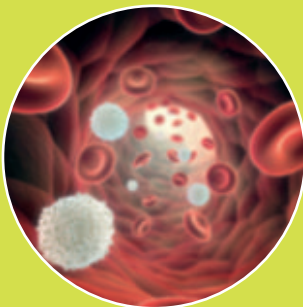
**Biofísica.** Estudia els fenòmens vitals segons els principis i mètodes de la física.



**Bioquímica.** Estudia els éssers vius a escala molecular i les reaccions químiques que s'esdevenen al seu interior.



**Botànica.** Estudia les plantes. També inclou l'estudi dels fongs i les algues.



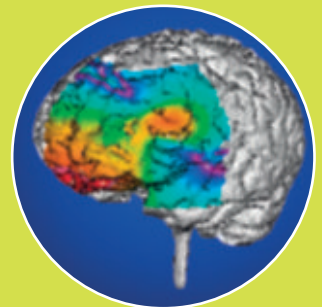
**Citologia i histologia.** Estudien les estructures i funcions de les cèl·lules i els teixits, respectivament.



**Embriologia.** Estudia la formació i el desenvolupament dels embrions en animals i plantes.



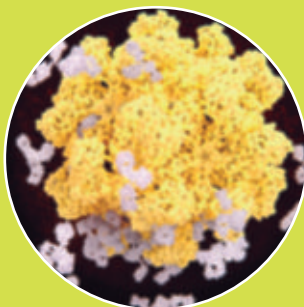
**Etologia.** Estudia el comportament dels animals en el seu medi natural.



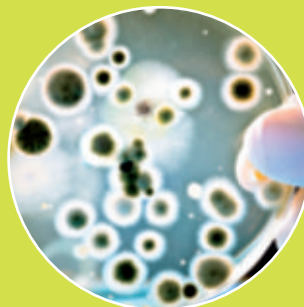
**Fisiologia.** Estudia el funcionament dels òrgans i aparells dels éssers vius i la seva coordinació.



**Genètica.** Estudia l'herència dels caràcters biològics i del material hereditari, l'ADN.



**Immunologia.** Estudia el funcionament del sistema immunitari i les seves diverses patologies.



**Microbiologia.** Estudia els microorganismes i el seu aprofitament industrial.



**Zoologia.** Estudia els animals. Es divideix en àrees com l'ornitologia, l'entomologia, etc.

## Persones rellevants de biologia

Et presentem una selecció de persones que han aconseguit descobriments i avenços importants relacionats amb els continguts d'aquest curs. A les unitats d'aquest llibre en trobareu algunes més. En coneixes algun exemple? Escribeu-ne la biografia.



**Lynn Margulis** (1938-2011)

### Biòloga

Va començar els estudis de Biologia a Chicago. Els va completar amb un màster en Zoologia i Genètica, especialitat en què es va doctorar el 1965.

Se'n va anar a Boston per treballar com a professora de Biologia a la universitat, i allà va començar a estudiar els bacteris. Les seves recerques la van portar a elaborar una teoria segons la qual les cèl·lules eucariotes van evolucionar a partir de diverses cèl·lules procariotes mitjançant associacions permanents. També va proposar, juntament amb Robert Whittaker, una nova classificació dels éssers vius en cinc regnes (monera, protista, plantes, animals i fongs), en comptes dels tres clàssics (mineral, vegetal i animal).



**Andrew Benson** (1917-2015)

### Biòleg

Es va graduar a la Universitat de Berkeley, a Califòrnia, i es va doctorar a l'Institut de Tecnologia a Caltech, investigant la química del metabolisme de les plantes.

La seva contribució més important va ser la investigació que va dur a terme entre el 1946 i el 1953, juntament amb Melvin Calvin i James Bassham, sobre la fotosíntesi. Gràcies als experiments dissenyats per Benson, van poder descobrir el complex sistema de reaccions químiques que permeten que les plantes produeixin el seu aliment a partir de la llum solar. Per aquest estudi tan important, Melvin Calvin va obtenir el Premi Nobel de Química el 1961 i, encara que la contribució d'Andrew Benson va ser fonamental, el seu treball no va ser reconegut de la mateixa manera.



**Konrad Lorenz** (1903-1989)

### Zoòleg i etòleg

La seva passió pels animals el va portar a tenir-ne una gran quantitat a casa, on es va iniciar en l'observació del seu comportament. Després d'estudiar Medicina, es va doctorar en Zoologia el 1933.

Juntament amb el seu amic Nikolaas Tinbergen va estudiar les diferències de comportament entre animals salvatges i domèstics, centrant-se especialment en les conductes instintives que mostraven els nadons, el que es coneix com a *empremta*. El seu treball prolífic el va consagrar com el pare de l'etologia; va ser reconegut el 1973 amb el Premi Nobel de Fisiologia i Medicina, compartit amb dos investigadors més, per fer del comportament animal un tema de recerca biològica.



**Brigitte Askonas** (1923-2013)

### Immunòloga

Va néixer a Àustria el 1923 i es va graduar a la Universitat de McGill, a Mont-real (Canadà), on va arribar amb la seva família després d'haver-se exiliat.

Es va doctorar a la Universitat de Cambridge i poc temps després va començar la recerca sobre el sistema immunològic al National Institute for Medical Research (NIMR), a Londres. La seva contribució principal en aquest camp va ser l'estudi dels diferents tipus de cèl·lules implicades en la resposta immunitària, com la dels macròfags, i el seu paper en la presentació d'antígens, l'activitat dels limfòcits B en la producció d'anticossos i especialment la funció de les cèl·lules T.

## El mètode científic

És el conjunt d'accions i processos que apliquen les persones que investiguen de manera ordenada i sistemàtica per trobar resposta als problemes que planteja la natura.

Tot i que hi ha moltes maneres de treballar en recerca i, per tant, no es pot parlar d'un únic mètode, per poder fer una determinada investigació científica amb rigor cal establir una línia comuna de procediment que sigui acceptada per tota la comunitat científica.

El mètode científic comprèn cinc fases o etapes ben determinades.



### FASES

#### 1. Planificar el treball

Mitjançant l'observació es defineix el problema que es vol explicar i es recullen i classifiquen les dades que aporta un fenomen determinat.

Es pot fer de manera directa o indirecta, usant instruments.

A través de l'observació s'arriba al plantejament de preguntes o interrogants que cal respondre.



#### 2. Formular una hipòtesi

S'elaboren possibles explicacions sobre el problema i s'admeten provisionalment fins que se'n comprova la validesa.



#### 3. Desenvolupar experiments

Es fan experiments relacionats amb el fenomen estudiat. Són observacions controlades que es poden reproduir en qualsevol moment i lloc. En la majoria dels casos intenten verificar si els resultats concorden amb la hipòtesi que s'ha plantejat. A través de l'experimentació es generen dades i resultats amb què s'avaluen les hipòtesis.

### EXEMPLE

Les persones sempre s'han preguntat per l'origen de la vida. Observacions quotidianes, com l'aparició de larves en aliments que es trobaven en descomposició o mosques a la carn podrida, van fer creure que els éssers vius sorgien per generació espontània.



El primer científic que es va qüestionar aquesta teoria va ser **Francesco Redi** el 1668.

Redi pensava que les larves que apareixien a la carn podrida no sorgien per si soles, sinó que procedien dels ous que les mosques havien post sobre la carn.



Per comprovar la seva idea, va col·locar trossos de carn en pots i en va deixar uns d'oberts i uns altres de tancats hermèticament. Al cap de pocs dies va trobar larves als oberts, però no als tancats. Va repetir l'experiment amb pots tapats amb una gasa perquè hi entrés l'aire, i el resultat va ser el mateix.



Pot obert



Carn amb larves



Pot tancat



Carn sense larves



## La ciència i la tecnologia

En els darrers cent anys, el desenvolupament de la tecnologia, el treball col·laboratiu entre institucions i organitzacions multidisciplinàries i una inversió econòmica més gran han permès importants avenços en totes les àrees de la ciència.

Un dels camps més destacats en aquesta revolució tecnològica ha estat la informàtica, amb la fabricació d'ordinadors cada cop més potents, així com el desenvolupament d'Internet i els avenços en l'aplicació de la intel·ligència artificial.



### 4. Analitzar els resultats

S'estudien els resultats obtinguts i es comparen amb els que s'esperarien si la hipòtesi fos certa.

Se n'extreuen conclusions i, segons els resultats, la hipòtesi és acceptada o rebutjada.

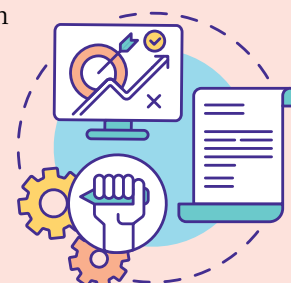
Si és rebutjada, es modifica o se'n planteja una altra de nova i es repeteixen les etapes anteriors.



### 5. Desenvolupar una llei científica

Si la hipòtesi ha estat verificada repetidament, s'enuncien teories o models de funcionament del fenomen en qüestió.

Els investigadors comuniquen els seus resultats a la resta de la comunitat científica mitjançant congressos, articles en revistes especialitzades, programes de divulgació científica, etc.

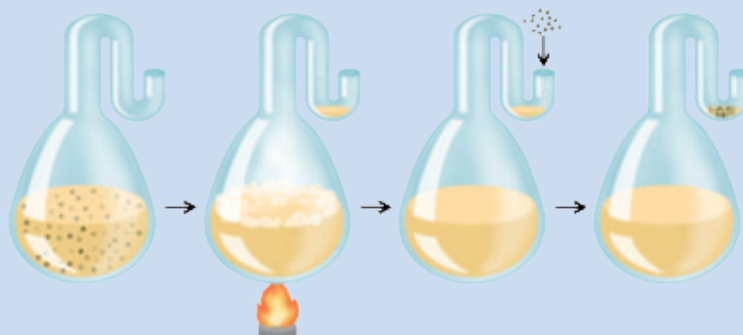
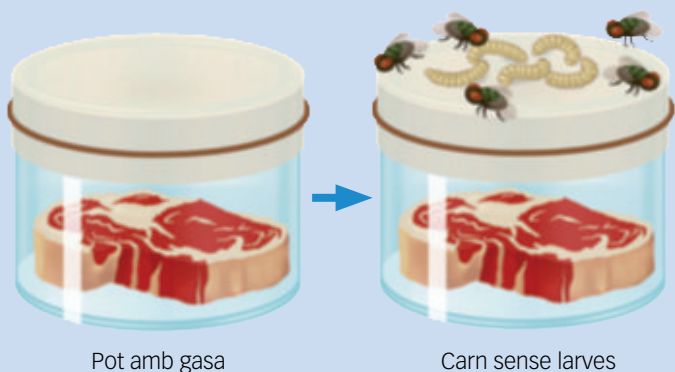


Redi va concloure que no hi apareixien larves perquè les mosques no podien entrar-hi i dipositar-hi els ous.

Així va demostrar que la seva hipòtesi era certa. Tot i això, l'experiment va ser molt criticat per la societat de l'època i no va servir per rebutjar totalment la generació espontània.

Al segle XVII encara continuava la polèmica.

Va ser **Louis Pasteur**, el 1860, qui amb els seus experiments va demostrar que són els microorganismes de l'aire els que descomponen la matèria orgànica, i va concloure i enunciar aquesta llei científica: tot ésser viu procedeix d'un altre ésser viu.



## Història d'un descobriment científic

### Katalin Karikó i les vacunes d'ARN missatger

Precursora de les dues primeres vacunes autoritzades contra el SARS-CoV-2 i fabricades amb la nova tecnologia d'ARN missatger, la seva trajectòria i el seu èxit són el fruit d'unes quantes dècades d'esforç i dedicació fins a aconseguir el reconeixement del seu treball.



Va fer el primer gran pas al Centre d'Investigacions Biològiques de la Universitat de Szeged (Hongria), on cursava el doctorat en Bioquímica: sintetitzar l'ARN missatger. Des del 1982 estudiava aquesta molècula.

1984

Va acceptar una invitació per ocupar una plaça postdoctoral a la Universitat del Temple, a Filadèlfia, per a la qual cosa es va traslladar als Estats Units amb la seva família. Allí va continuar les seves recerques, que consistien a utilitzar molècules d'ARN per guarir malalties. En aquells moments, Karikó se centrava a curar, no a immunitzar.

1985

Un grup d'investigadors dels Estats Units va fundar una empresa que va comprar els drets sobre les patents de Karikó i de Weissman: Moderna, acrònim d'«ARN (RNA en anglès) modificat».

Alhora, una empresa alemanya, BioNTech, fundada el 2008 per un matrimoni turc, el doctor Ugur Sahin i la doctora Özlem Türeci, va adquirir diverses patents sobre l'ARN modificat de Karikó i de Weissman per desenvolupar vacunes contra el càncer.

2010

Van caldre molts anys de treball constant, entrega, fortalesa i grans esforços perquè Karikó i Weissman aconseguissin liderar un important equip d'investigadors. Aquest any obtenen un ARN que no genera una resposta immunitària exagerada i facilita la producció de proteïnes en grans quantitats: l'anomenat ARN modificat.

2005

Karikó va ser acomiadada de la universitat i contractada a BioNTech, una companyia que no tenia ni pàgina web. Actualment ocupa el lloc de vicepresidenta sènior en aquesta empresa.

2013

Després d'una discussió amb el seu superior, se'n va anar a la Universitat de Pennsilvània. Tot i que les teràpies amb ARNm semblaven molt prometedores, l'entusiasme inicial es va anar diluint davant dels nombrosos fracassos. Un dels problemes principals era que els ARNm desencadenaven greus reaccions immunitàries quan s'introduïen a les cèl·lules. Durant anys ho va intentar sense cap èxit. Els anys noranta es van caracteritzar per un rebuig continu a la seva idea, massa innovadora per a aquella època.

1990

En recollir uns papers a la fotocopiadora, Karikó va conèixer Drew Weissman, gran expert en el VIH i alumne d'Anthony Fauci, que acabava d'arribar a la Universitat de Pennsilvània. Weissman va convidar Karikó a treballar al seu laboratori per intentar obtenir una vacuna contra el VIH amb la seva nova tecnologia.

1995

Després de diversos rebutjos de finançament, va ser degradada de categoria a la Universitat de Pennsilvània, on treballava. També li van diagnosticar un càncer. Va estar a punt d'abandonar, de buscar una altra cosa a fer en un altre lloc. Davant la necessitat de tenir una feina per renovar el visat als Estats Units, va acceptar aquesta plaça de categoria inferior i amb un sou més modest.

2000

2020

BioNTech i Moderna són conegudes arreu del món per la seva contribució al desenvolupament de vacunes contra la COVID-19 utilitzant la tecnologia d'ARN missatger que Karikó va insistir a desenvolupar malgrat les dificultats.

2015

Un cop a l'empresa, Karikó va continuar investigant per millorar la tècnica d'ARN missatger. Aquest any va comprovar que recobrint-les de nanopartícules lipídiques s'evita que es degradin massa de pressa i se'n facilita l'entrada a les cèl·lules.





## 8

## Nutrició en animals: digestió i respiració



Al regne Animals hi ha un ordre amb característiques excepcionals. Es tracta dels cetacis, uns mamífers marins amb una manera particular d'alimentar-se i una manera peculiar de respirar.

La balena blava és un cetaci filtrador que té unes llargues barbes còrnies que s'insereixen a manera de raspall a la part interna del maxil·lar. Per alimentar-se, la balena blava neda a poc a poc amb la boca oberta, i atrapa entre les barbes petits animals, principalment un crustaci anomenat *krill*. El gran estómac que té pot acumular quatre tones d'aquests animals al dia.

Per quedar-se submergits, els cetacis agafen una gran quantitat d'aire a cada inspiració i, a més, tenen l'organisme adaptat per funcionar amb poc oxigen. Sota l'aigua mantenen tancats els orificis del cap o espiracles, pels quals inspiren i expiren fora de l'aigua. Aquests animals han de mantenir la respiració mentre dormen, de manera que els hemisferis cerebrals s'alternen per descansar.



## RECORDO EL QUE SÉ

- Digues si és el mateix l'alimentació que la nutrició. Aleshores, com definiries el procés de nutrició?
- Per què en els ecosistemes els animals s'anomenen *consumidors*?
- Quins són els aparells i sistemes que s'encarreguen de les funcions de nutrició als animals?
- A què anomenem *respiració* en els animals? Quins sistemes de respiració coneixes?

## EN AQUESTA UNITAT...



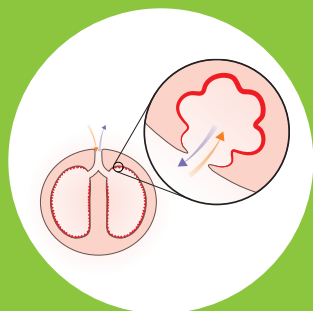
1 Els processos digestius



2 L'aparell digestiu dels invertebrats



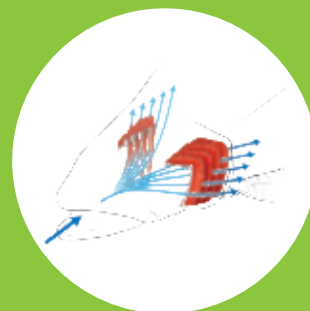
3 L'aparell digestiu dels vertebrats



4 La respiració i la nutrició



5 L'aparell respiratori dels invertebrats



6 L'aparell respiratori dels vertebrats



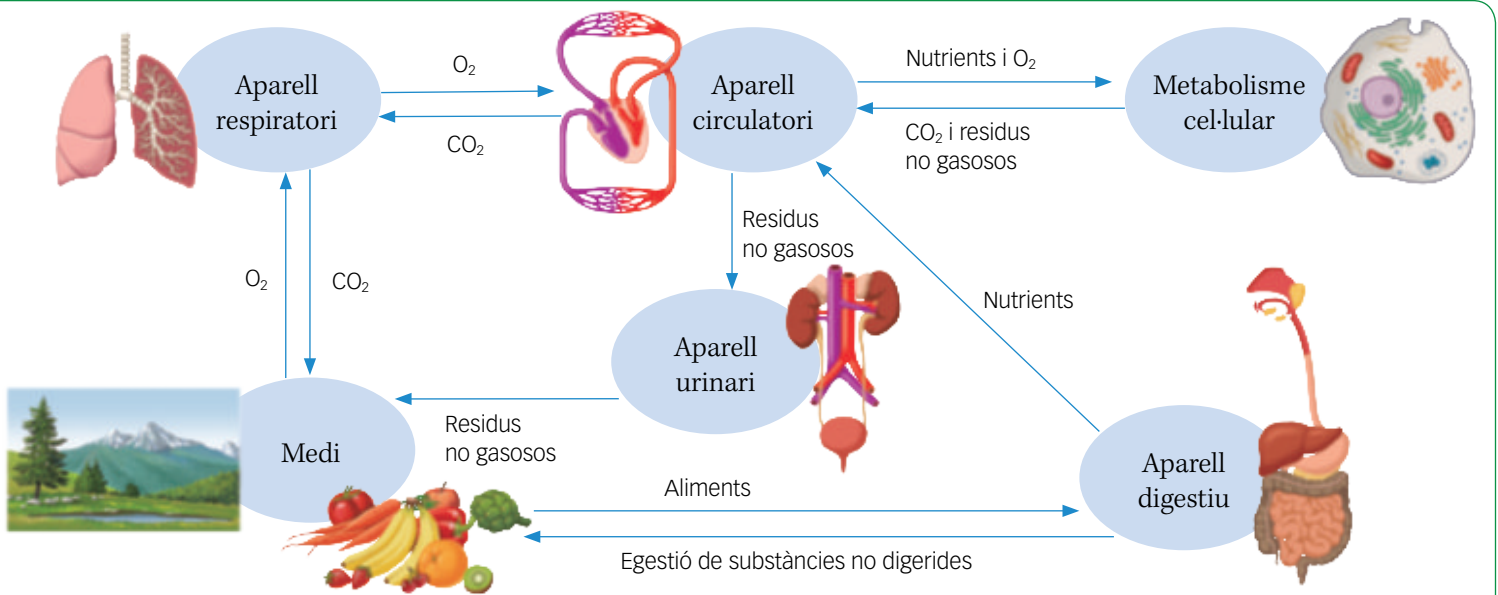
# 1. Els processos digestius

La nutrició dels animals, és a dir, el conjunt de processos relacionats amb la captació de substàncies de l'exterior i la transformació i utilització posteriors, és de tipus heteròtrofa.

- En animals senzills, com porífers i cnidaris, la nutrició no requereix estructures especialitzades, ja que pràcticament totes les cèl·lules que constitueixen l'animal tenen contacte amb el medi que els envolta.
- En els animals complexos es duen a terme diversos processos relacionats amb la nutrició: digestió, respiració, transport, metabolisme i excreció. Per fer-ho, aquests animals disposen d'aparells i sistemes especialitzats.

## ACTIVITATS

- 1 Alguns animals, com les mosques i les aranyes, aboquen suc digestiu sobre les preses. De quin tipus de digestió es tracta?
- 2 Explica per què la digestió mecànica facilita una digestió química posterior.



## Els processos digestius

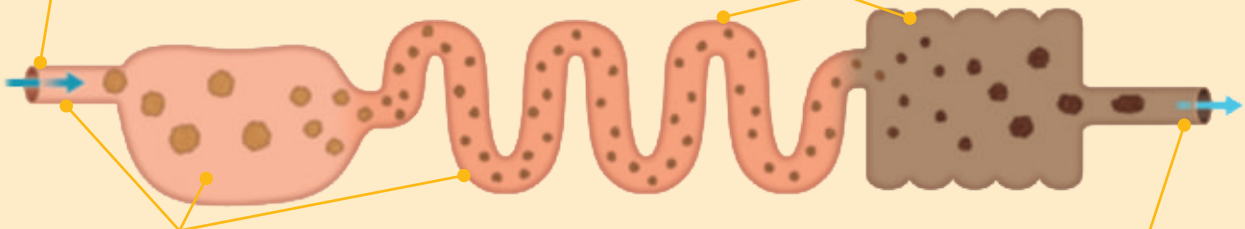
En l'aparell digestiu es desenvolupen els processos que preparen els nutrients per incorporar-los al sistema circulatori, que els distribuirà a les cèl·lules.

1. **Captura i ingestió.** Incorporació a l'organisme de l'aliment que hi ha al medi.

3. **Absorció.** És el pas dels productes de la digestió cap al medi intern.

2. **Digestió.** És la degradació dels aliments en molècules senzilles perquè puguin ser absorbides i passar a l'aparell circulatori. Se'n distingeixen dos tipus: **mecànica** (masticació i trituració) i **química** (enzims digestius), que pot ser intracel·lular, extracel·lular o mixta.

4. **Egestió.** És l'eliminació dels productes no assimilats després de la digestió. També s'anomena **defecació**.



L'evolució a formes de més nivell estructural implica un augment de la complexitat, tant anatòmica com funcional, de l'aparell digestiu.

- El pas d'una digestió intracel·lular a una d'extracel·lular, amb mecanismes intermedis de digestió mixta.
- L'aparició, juntament amb la digestió extracel·lular, d'estructures amb funció trituradora que fan una digestió mecànica prèvia a la digestió química.
- La formació de **glàndules digestives**, com l'hepatopàncrees, que elaboren sucus amb **enzims hidrolítics\*** per a la digestió química.
- La formació de dues obertures en el tub digestiu: la **boca**, d'entrada d'aliments, i l'**anus**, de sortida dels residus no digerits ni absorbits.
- La regionalització del tub digestiu en òrgans especialitzats amb funcions concretes, com ara la ingestió, la masticació, la digestió química i l'absorció.

\***Enzims hidrolítics:** enzims que trenquen enllaços moleculars amb l'ajuda de l'aigua.

### ACTIVITATS

- 3 Per què diem que no es pot parlar d'un veritable aparell digestiu en porífers i cnidaris?
- 4 Explica la diferència entre la digestió intra i extracel·lular.

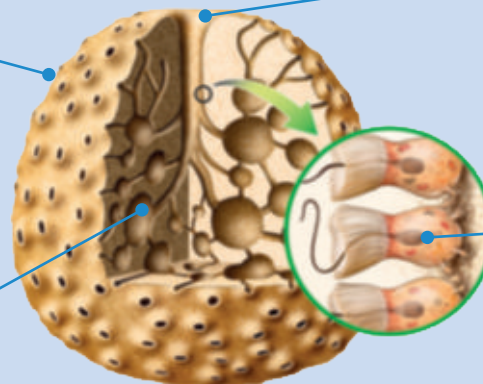
### Òrgans i processos digestius en porífers i cnidaris

En els porífers i cnidaris en realitat no es pot parlar d'un aparell digestiu pròpiament dit, sinó de sistemes de captació d'aliment i incorporació directa.

#### Porífers

**Porus inhalants.** L'aigua amb partícules d'aliment entra a l'animal a través d'aquests orificis de l'epidermis.

**Canals.** Els porus inhalants comuniquen amb la cavitat general o **atri** a través d'aquests conductes.



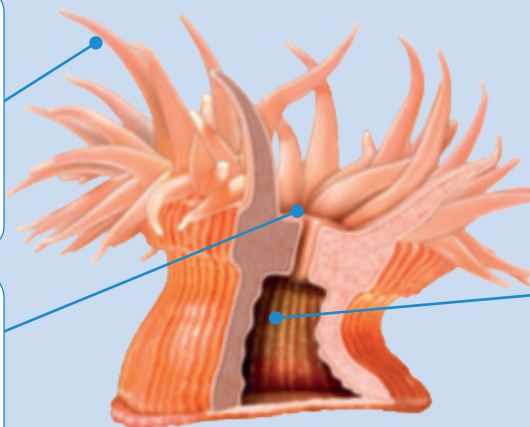
**Òscul.** L'aigua surt de l'animal a través d'aquesta cavitat més gran.

**Atri.** Aquesta cavitat està recoberta per unes cèl·lules anomenades **coanòcits**, que amb el flagel generen corrents d'aigua per atraure les partícules d'aliment i fagocitar-les. La digestió és intracel·lular.

#### Cnidaris

**Tentacles.** Aquestes estructures contenen cèl·lules urticants, anomenades **cnidoblasts**, que ajuden a capturar animals, ja que els pòlips són carnívors.

**Obertura.** Els tentacles envolten aquesta única obertura, que fa de boca i d'anús.



**Cavitat gastrovascular.** L'obertura comunica amb aquesta cavitat on dos tipus de cèl·lules s'ocupen de la digestió, unes de l'extracel·lular (secreten enzims que digereixen parcialment l'aliment) i altres de la intracel·lular (fagociten l'aliment digerit parcialment). Per tant, la digestió és mixta.

## 2. L'aparell digestiu dels invertebrats

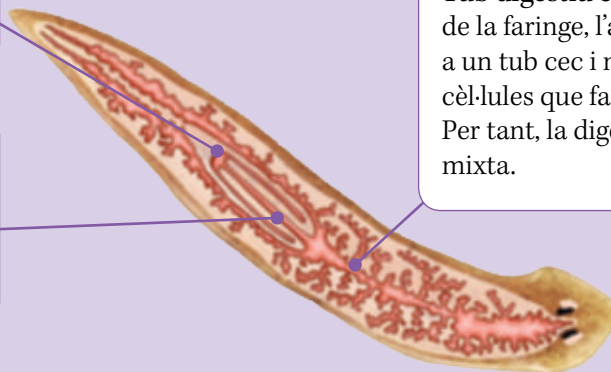
En els altres grups d'invertebrats sí que apareix un veritable tub digestiu.

### Òrgans i processos digestius en platihelms

**Boca.** Obertura localitzada a la zona ventral i central, per la qual també expulsen els residus no digerits.

**Faringe.** La boca comunica amb el tub digestiu a través d'aquesta estructura muscular, que secreta els seus propis enzims i que actuen sobre l'aliment abans d'ingerir-lo.

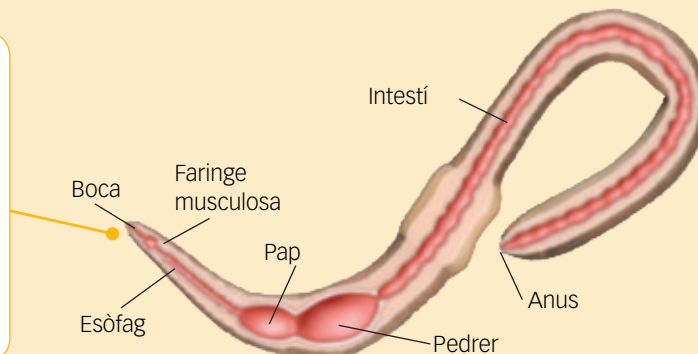
**Tub digestiu cec.** A través de la faringe, l'aliment arriba a un tub cec i molt ramificat, revestit per cèl·lules que fan una digestió intracel·lular. Per tant, la digestió dels platihelms és mixta.



### Òrgans i processos digestius en anèl·lids

**Tub digestiu regionalitzat.** L'aliment passa per un tub dividit en diferents parts, on es digereix i s'absorbeix. La digestió, per tant, és extracel·lular.

En el cuc de terra aquestes parts són: boca, faringe muscular, esòfag, pap, pedrer, intestí i anus. En alguns anèl·lids la faringe té funció de succió.



### Òrgans i processos digestius en mol·luscs

**Boca.** La **ràdula**, un òrgan raspador, hi facilita l'entrada de l'aliment. Els cefalòpodes (pops i sípies) tenen, a més, **mandíbules còrnies** per triturar l'aliment.

Els bivalves o lamel·libranquis no tenen ràdula; són animals filtradors que, mitjançant uns cilis situats a la vora de les brànquies, provoquen corrents d'aigua amb partícules alimentàries cap a la boca.

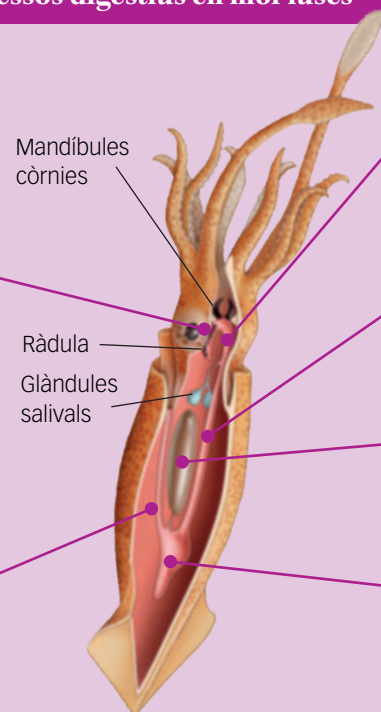
**Intestí.** L'estómac comunica amb aquesta part final del tub digestiu, que acaba a l'anus.

**Faringe.** Hi desemboquen les glàndules salivals.

**Esòfag.** Els cilis afavoreixen que l'aliment avanci fins a l'estómac.

**Hepatopàncrees.** Glàndula annexa que aboca enzims digestius a l'estómac.

**Estómac.** Òrgan voluminós que està connectat amb l'hepatopàncrees.



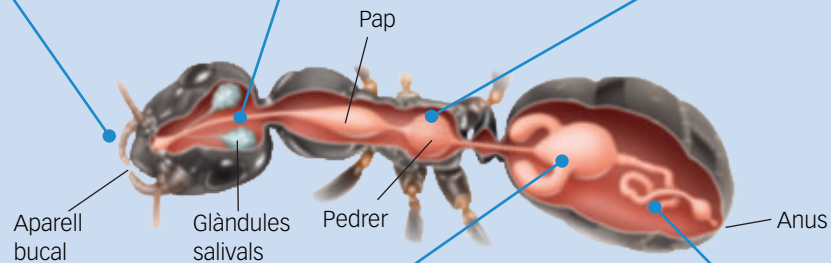
## Òrgans i processos digestius en artròpodes

**Boca.** Obertura proveïda d'**apèndixs bucals** per capturar i ingerir l'aliment. Compta amb unes glàndules salivals associades, excepte en alguns insectes, proveïts d'unues glàndules labials que no secreten saliva.

Els insectes presenten com a apèndixs diferents aparells bucals adaptats al tipus d'alimentació.

**Faringe.** Comunica la boca amb l'esòfag. En els insectes es troba a l'interior de la cavitat bucal. En els aràcnids, és muscular.

**Esòfag.** En miriàpodes i en la majoria dels insectes presenta dues dilatacions: **pap** (com a magatzem) i **pedrer** (per triturar).



**Estómac.** En insectes i aràcnids presenta uns sacs cecs amb funcions digestives i d'absorció. En crustacis està dividit en dues estructures: **sac cardíac** (amb funció mastegadora) i **sac pilòric** (amb funcions digestives), en què s'obre un hepatopàncrees voluminos.

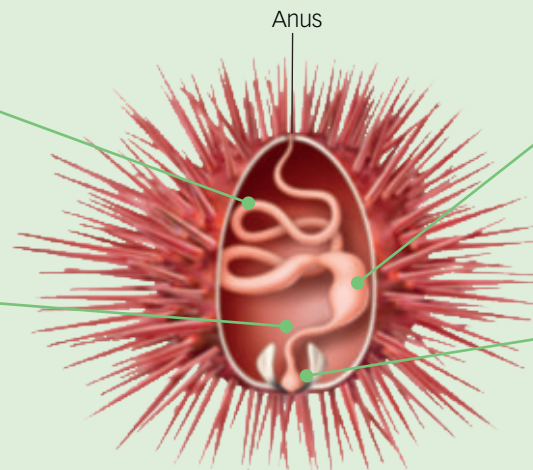
**Intestí.** Part final del tub digestiu en la qual diferents glàndules aboquen el contingut enzimàtic. Acaba a l'anús.

## Òrgans i processos digestius en equinodermes

**Intestí.** Aquesta part final del tub digestiu acaba a l'anús, en posició dorsal.

**Estómac.** En les estrelles de mar, aquesta cavitat penetra als braços i forma els cecs pilòrics.

**Esòfag.** Boca i estómac es comuniquen per aquest tub curt.



**Boca.** Aquesta obertura està en posició ventral. En els eriçons hi ha un complex aparell mastegador anomenat **llanterna d'Aristòtil**.

### ACTIVITATS

5 La filtració és un mecanisme d'ingestió utilitzat principalment per animals aquàtics de vida sèssil (immòbils) o que es mouen molt a poc a poc. Tenen estructures especials (cils, apèndixs, xarxes, barbes...) amb les quals filtren aigua i retenen l'aliment. Digues quins invertebrats fan aquest tipus de captura.

6 La regionalització i especialització del tub digestiu en els animals invertebrats està relacionada amb una més gran complexitat funcional.

És correcta aquesta oració? Raona la resposta i descriu-ne alguns exemples.



### 3. L'aparell digestiu dels vertebrats

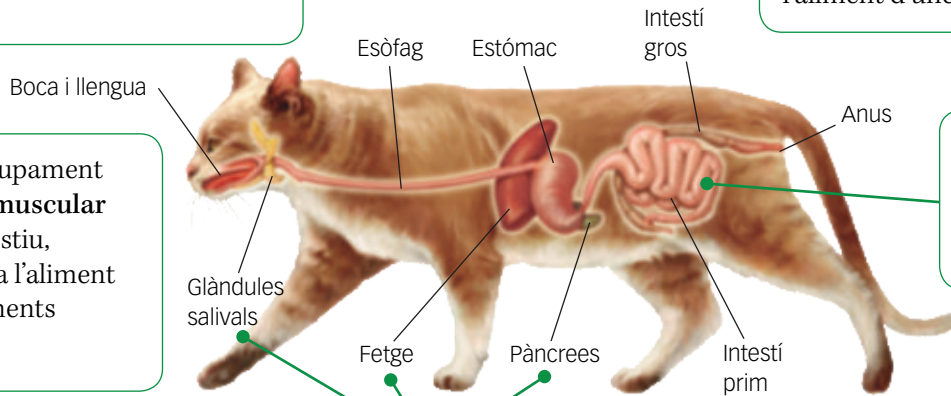
En els vertebrats, l'evolució de l'aparell digestiu presenta una complexitat superior i l'existència d'òrgans més especialitzats.

L'aparició del **control hormonal** de la digestió.

L'aparició d'anells musculars, anomenats **esfínters**, que controlen el pas de l'aliment d'unes zones a les altres.

El desenvolupament de la **capa muscular** del tub digestiu, que impulsa l'aliment amb moviments peristàltics.

L'**elongació** i el **plegament** del tub digestiu, que incrementen la superfície d'absorció.



La presència de **glàndules digestives** especialitzades en diferents parts del tub, que secreten enzims per fer la digestió química.

#### ACTIVITATS

- 7 Estableix les diferències entre la digestió mecànica i la digestió química que es produeixen a la boca.

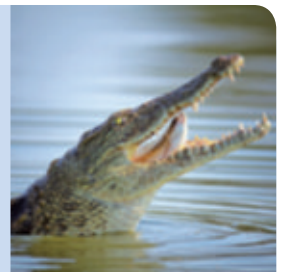
#### 3.1. Els òrgans i processos digestius a la boca

Segons la classe de vertebrat, a la boca hi podem trobar diferents elements amb funcions de captació, ingestió i digestió.

**Llavis.** És una estructura que limita la boca de molts mamífers a la part exterior i que s'especialitza en la succió.



**Dentadura.** Diferent a cada grup, impedeix que les preses capturades s'escapin i s'ocupa de la digestió mecànica en els mamífers. Les aus i els quelonis no tenen dents.



**Bec.** És una estructura de naturalesa còrnia, característica de les aus i els rèptils quelonis, que intervé en la captació d'aliment. La forma i la mida depenen del tipus d'alimentació.



**Llengua.** És una estructura de naturalesa variada i amb funcions diverses. En els peixos té una base òssia i denticles cartilaginosa. Els amfibis i rèptils presenten una llengua muscular que serveix per capturar preses. En la major part de les aus és una estructura còrnia. En els mamífers és muscular, distribueix l'aliment durant la digestió a la boca i empeny el bol alimentari cap a la faringe per fer-ne la deglució.

**Glàndules salivals.** En tenen tots els vertebrats menys els peixos. La secreció, la **saliva**, és responsable de la digestió química: l'amilasa salival trenca els enllaços glucosídics del midó i produeix maltosa; la mucina de la saliva hidrata i lubrica l'aliment mastegat, i això produeix el bol alimentari i en facilita la deglució.







## Comprova l'activitat digestiva

### Objectius

- Comprovar l'acció de l'amilasa salival.
- Reconèixer la presència de maltosa després de la digestió del midó per l'amilasa.

### Desenvolupament

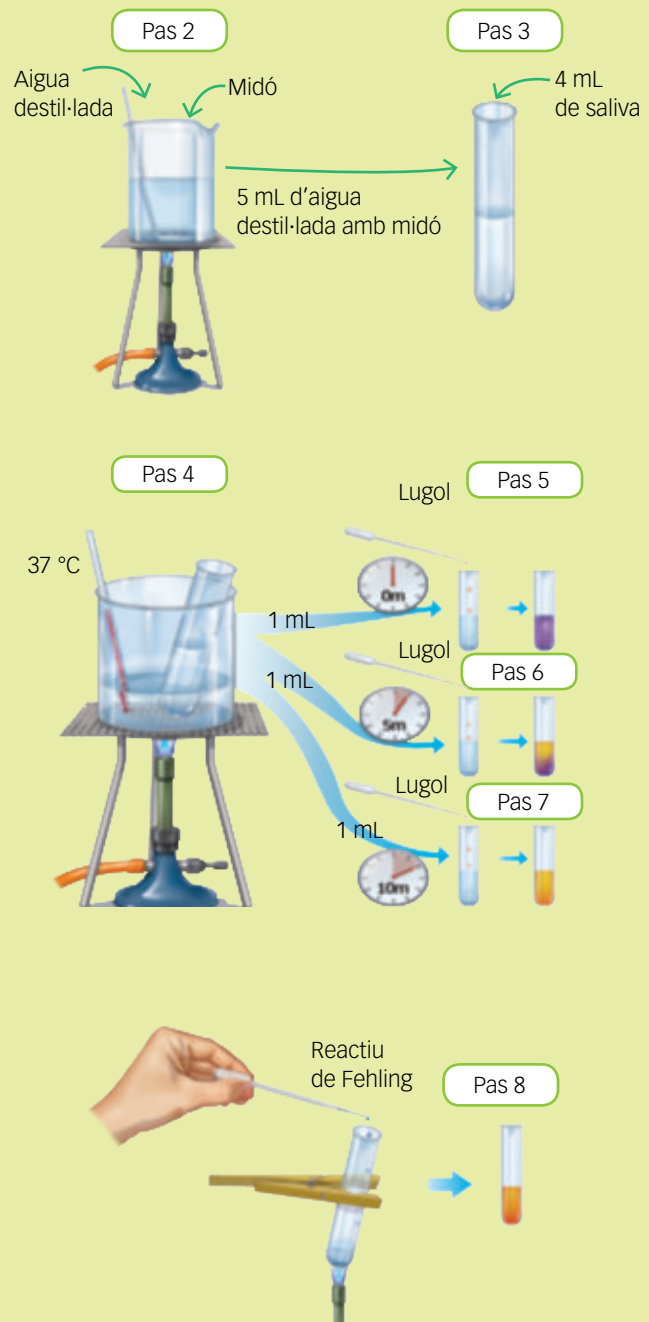
1. Necessitem almenys 4 mL de saliva. Per fer-ho, n'activem la secreció olorant una llimona i mantenint la boca cap avall per recollir la saliva en un vas graduat.
2. En un vas de precipitats de 100 mL escalfem 40 mL d'aigua destil·lada i hi afegim lentament 2 g de midó, remenant amb la vareta fins que la barreja sigui homogènia.
3. Barregem 4 mL de saliva amb 5 mL d'aigua destil·lada i midó en un tub d'assaig, i ho sacsegem bé.
4. Introduïm el tub en un altre vas de precipitats amb aigua al bany maria a uns 37 °C i mantenim la temperatura constant.
5. Agafem 1 mL del contingut del tub de la mescla midó-saliva i el posem en un altre tub d'assaig amb unes gotes de lugol. Comprovem la intensitat del color morat.
6. Deixem passar 5 minuts i tornem a agafar 1 mL del tub de la barreja midó-saliva i ho passem a un altre tub d'assaig per afegir-hi lugol i comprovar si ha variat el color respecte de la primera mostra.
7. Transcorreguts 10 minuts, repetim l'operació en un tercer tub d'assaig.
8. Al líquid sobrant hi afegim reactiu de Fehling, ho escalfem a la flama lleugerament i n'observem els resultats.

### ACTIVITATS

- 8 Fes una taula que reculli els resultats dels passos 5, 6, 7 i 8.
- 9 Busca informació i explica amb quina substància reacciona el lugol. Com interpretes els resultats en afegir-lo a les mostres dels passos 5, 6 i 7?
- 10 Busca informació i explica amb quina substància reacciona el reactiu de Fehling. Què és el que investigues quan utilitzes aquest reactiu?
- 11 Explica quina és l'acció de l'amilasa salival sobre el midó. Actua també sobre altres glúcids més senzills?
- 12 Si fem una activitat en què afegim lugol a un bol de pa mastegat durant 5 minuts i a un altre triturat amb aigua durant el mateix temps, n'obtidrem resultats semblants?

### MATERIAL

- Aigua destil·lada
- Midó
- Gradeta
- Tubs d'assaig
- Vareta per remenar
- Pipeta de 3 mL
- Termòmetre
- Encenedor de gas
- Trípod i reixeta
- Vas graduat
- Vasos de precipitats de 100 mL
- Lugol
- Reactiu de Fehling



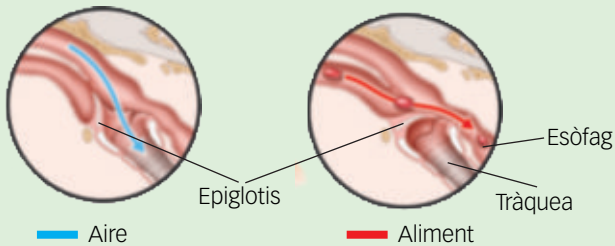
### 3. L'aparell digestiu dels vertebrats

#### 3.2. Els processos digestius en el primer tram del tub digestiu

El primer tram està format per la faringe, l'esòfag i l'estómac.

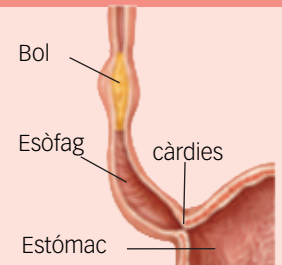
##### A la faringe

A la faringe, les parets musculars empenyen el bol alimentari fins a l'esòfag. És una estructura que comparteixen l'aparell digestiu i el respiratori. Els mamífers tenen un replegament de cartílag anomenat **epiglòtis** que evita que el bol alimentari passi a la laringe i la tràquea, ja que en el moment de la **deglució** tanca l'obertura que hi comunica i permet l'accés a l'esòfag.

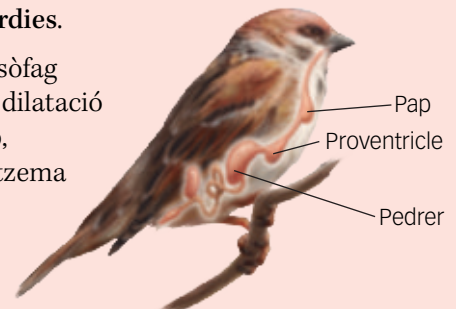


##### A l'esòfag

A l'esòfag és on es trasllada l'aliment des de la faringe fins a l'estómac mitjançant els moviments peristàltics de les parets musculars. Es comunica amb l'estómac a través d'un esfínter anomenat **càrdies**.



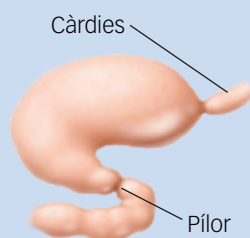
En les aus, l'esòfag presenta una dilatació lateral, el **pap**, que emmagatzema l'aliment.



##### A l'estómac

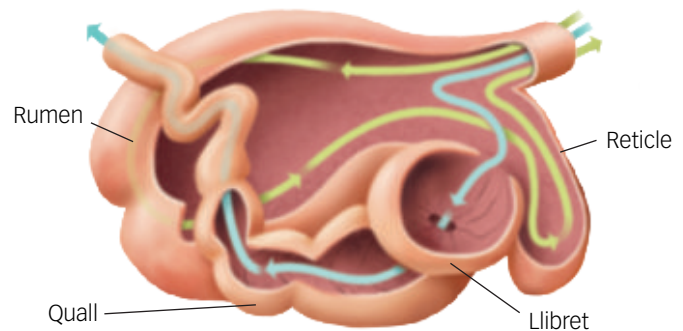
Quan arriba a l'estómac, el bol alimentari s'emmagatzema un cert temps i, a continuació, experimenta una digestió química. Per fer-ho, a la mucosa de la paret de l'estómac hi ha disperses les **glàndules gàstriques**. Aquestes glàndules tenen dos tipus de cèl·lules secretores: les **cèl·lules parietals**, que produeixen àcid clorhídric, i les anomenades **cèl·lules principals**, que sintetitzen l'enzim **pepsina**, encarregat de fragmentar proteïnes. L'àcid clorhídric i la pepsina formen els **sucs gàstrics**, que es barregen amb el bol alimentari mitjançant els moviments peristàltics dels músculs de l'estómac. El resultat és una massa anomenada **quim**. A més, a tota la superfície de la mucosa hi ha cèl·lules caliciformes (en forma de copa) que secreten **mucina**, una substància que lubrica i protegeix les parets del medi àcid en què es troben.

A la sortida de l'estómac hi ha el **pílor**, un esfínter que deixa passar a poc a poc el quim cap a l'intestí prim.



##### Tipus d'estòmacs

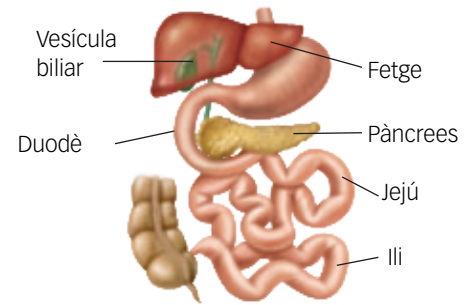
- **Monogàstrics** (una cavitat). En peixos, amfibis, rèptils i mamífers no remugants, com l'ésser humà.
- **Digàstrics** (dues cavitats). Només en les aus i està format pel **proventricle**, part glandular, i el **pedrer**, part muscular on es trituren els aliments.
- **Poligàstrics** (quatre cavitats). En mamífers remugants. El menjar arriba al **rumen**, on es digereix la cel·lulosa gràcies a la cel·lulasa de bacteris simbiotes. Després passa al **reticle**, que envia petites quantitats de menjar cap a la boca, on es tritura i mastega de nou. El menjar, molt triturat i digerit parcialment, arriba al **llibret** on es produeix una gran absorció d'aigua. Per acabar, passa al **quall**, on se secreta suc gàstric.



### 3.3. Els processos digestius a l'intestí prim

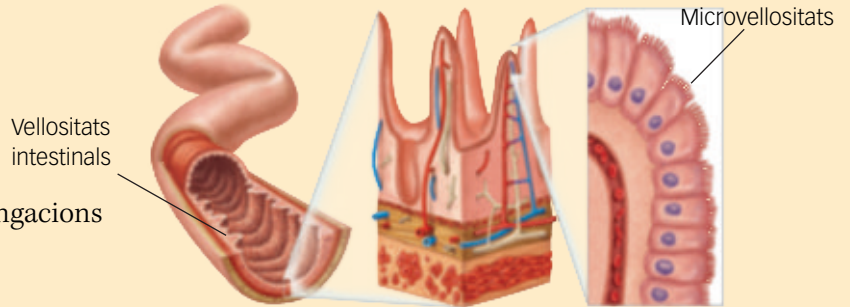
El quim passa a poc a poc a través del pílor cap al **duodè**, on es completa la digestió química gràcies al **suc intestinal**, a la **bilis** generada al fetge i emmagatzemada a la **vesícula biliar**, i al **suc pancreàtic**.

La massa que s'obté, el **quil**, està formada pels nutrients que resulten de la digestió, aigua, sals minerals dissoltes i restes no digerides.



#### L'absorció de nutrients

La mucosa de tot l'intestí prim (duodè, jejú i ili) té una sèrie d'adaptacions que afavoreixen l'absorció dels nutrients. La mucosa de les aus i els mamífers, per exemple, conté milions de prolongacions en forma de dit, anomenades **vellositats intestinals**, així com prolongacions derivades de la membrana de les cèl·lules epitelials de la mucosa, anomenades **microvellositats**.



#### Mecanismes bàsics d'absorció

Aminoàcids, dipèptids i glúcids senzills: l'absorció té lloc per **transport actiu**, mitjançant proteïnes transportadores i amb despesa energètica.

Glúcids senzills: es duu a terme per **difusió facilitada** i també requereix proteïnes transportadores.

Vitamines hidrosolubles (C i complex B), excepte la B12: es fa per **difusió simple**, a favor del gradient de concentració.

Hi ha altres mecanismes d'absorció, com el de la vitamina B12, que és absorbida a la part final de l'ili. Els àcids grassos, la glicerina, el colesterol i les vitamines liposolubles (A, D, E i K) entren a les cèl·lules de la mucosa per difusió passiva, on s'uneixen a proteïnes i formen **quilomicrons**. Aquests passen als capil·lars limfàtics en forma de vesícules fins a arribar a la sang a través dels vasos limfàtics.

### 3.4. Els processos digestius a l'intestí gros

El que queda del quil, un líquid aquós amb material residual, passa a l'intestí gros per finalitzar l'absorció d'aigua, sodi i sals minerals.

Al llarg de l'intestí gros (cec, còlon i recte), els residus de la digestió avancen gràcies als moviments peristàltics i es fan més consistents, ja que s'arriba a absorbir un 70% de l'aigua perquè l'intestí gros té una gran superfície d'absorció gràcies als plects transversals de la seva mucosa interna. A la **cloaca\***, present en aus, amfibis i rèptils, també es produeix una gran absorció d'aigua.

Les restes alimentàries transformades en **excrements** s'expulsen mitjançant l'**egestió** o **defecació** a través de l'anus. A l'intestí gros hi ha un gran nombre de bacteris simbiotes que s'alimenten de les restes no digerides. Aquesta flora bacteriana duu a terme fermentacions per les quals generen aminoàcids i vitamines (en els mamífers, la vitamina K i algunes altres del complex B). Aquestes molècules passen al torrent sanguini. En el trajecte final, el metabolisme dels bacteris simbiotes, com *Escherichia coli*, és responsable de l'olor característica de la femta.

\***Cloaca**: eixamplament del tram final de l'intestí gros d'aus, rèptils i amfibis, en què també acaben els conductes del sistema urinari i reproductor.

#### ACTIVITATS

- 13 Quina és la funció de la bilis en el procés de digestió?
- 14 Explica les diferències que hi ha entre els diversos mecanismes d'absorció.
- 15 Digues com es pot afavorir l'absorció de nutrients a l'intestí mitjançant les vellositats i microvellositats intestinals.

## 4. La respiració i la nutrició

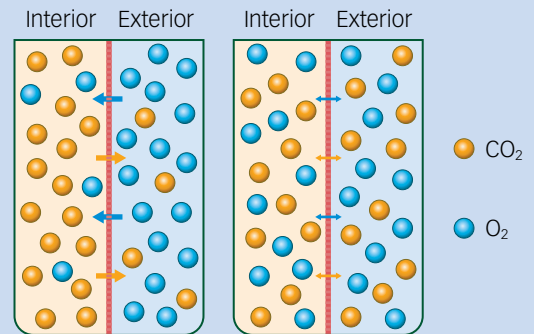
Com a part de la funció de nutrició, els animals duen a terme el procés de la respiració. Es coneix com a **respiració externa** l'intercanvi de gasos entre l'organisme i el medi ambient circumdant, en què es capta l'oxigen necessari i s'elimina el diòxid de carboni produït a les reaccions d'oxidació de la **respiració cel·lular**.

### L'intercanvi de gasos

L'intercanvi de gasos es duu a terme mitjançant **difusió passiva**, és a dir, sense despesa energètica i sense la participació de proteïnes transportadores.

La concentració d'oxigen, ja sigui a l'atmosfera o a l'aigua, és més gran al medi extern que a l'interior dels animals, al contrari del que passa amb el diòxid de carboni. A causa d'això, el  $O_2$  es difon cap a l'interior i el  $CO_2$ , cap a l'exterior.

En tots dos casos, el pas es produeix a favor de **gradient de concentració**.



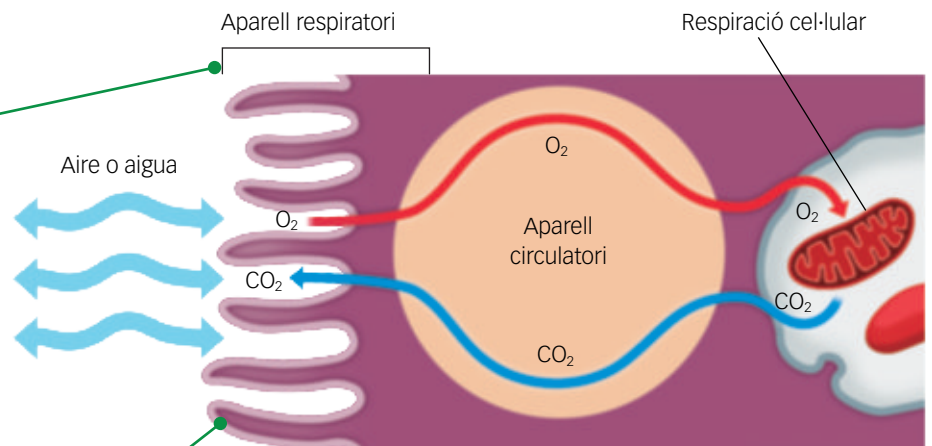
### 4.1. Les superfícies respiratòries i l'aparell respiratori

En els organismes unicel·lulars i en els pluricel·lulars menys complexos, com els porífers i els cnidaris, l'intercanvi dels gasos es duu a terme directament a través de la membrana de les cèl·lules. No obstant això, en els animals més grans, aquest intercanvi es fa mitjançant **superfícies respiratòries** integrades en un **aparell respiratori**.

#### ACTIVITATS

- 16 **INTERPRETO LA IMATGE.** Explica el mecanisme de pas de l'oxigen i del diòxid de carboni a través d'una membrana. Quan s'aturarà l'intercanvi de gasos?

Un aparell respiratori està format per estructures especialitzades que incrementen la superfície respiratòria i que poden estar connectades, al seu torn, amb un sistema circulatori que distribueix a totes les cèl·lules de l'organisme el  $O_2$  absorbit i transporta el  $CO_2$  des dels teixits fins a les superfícies d'intercanvi per eliminar-lo.



Les superfícies respiratòries estan formades per una capa de cèl·lules epitelials en contacte amb el medi extern i mitjançant les quals es fa l'intercanvi de gasos. Tenen les característiques següents:

- Són extenses i molt vascularitzades perquè l'entrada de  $O_2$  als capil·lars i la sortida de  $CO_2$  siguin eficients.
- Són força fines per facilitar el pas dels gasos a través seu.
- Es mantenen humides perquè els gasos travessen les membranes plasmàtiques, ja que per difondre els gasos han d'estar dissolts en aigua.

#### ACTIVITATS

- 17 Per què els animals necessiten obtenir oxigen del medi on viuen? D'on prové el diòxid de carboni que eliminen?
- 18 Creus que l'eficàcia de l'intercanvi de gasos està relacionada amb l'activitat més o menys gran dels animals?



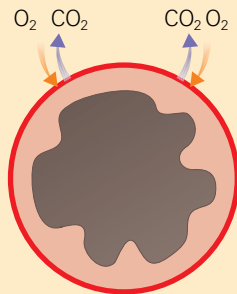
## 4.2. Les modalitats de respiració

La respiració en els animals es pot fer de diverses maneres:

### La respiració cutània

L'intercanvi de gasos es fa **a través de la pell** de l'animal. Com més fina, més humitejada per la secreció mucosa i més permeable als gasos sigui, més adequada és la pell per a aquest tipus de respiració.

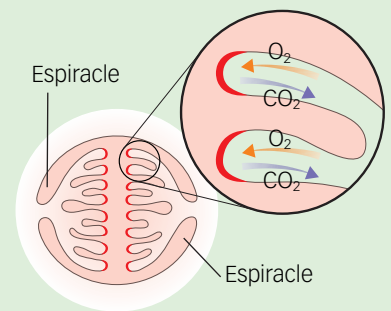
Els animals aquàtics o d'ambients humits, de mida petita, poc actius i amb les característiques cutànies adequades cobreixen les necessitats d'oxigen mitjançant la respiració cutània, perquè la relació entre la superfície del cos i la massa corporal és molt gran. En animals més grossos i actius, la respiració cutània pot complementar altres tipus de respiració.



### La respiració traqueal

L'aparell respiratori està format a partir d'invaginacions de la superfície quitinosa d'invertebrats terrestres anomenades **tràquees**, que es ramifiquen per l'interior de l'organisme estrenyent-se progressivament. Les tràquees més fines i sense quitina s'anomenen **traquèoles** i arriben a totes les cèl·lules, per la qual cosa es produeix un intercanvi de gasos directe i no és necessari cap sistema de transport de gasos.

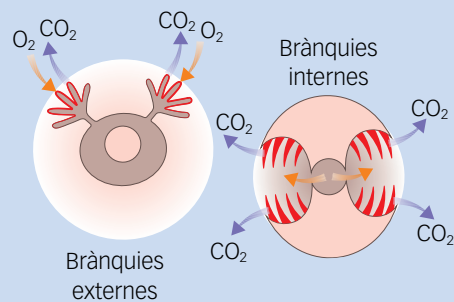
Els orificis de comunicació amb l'exterior, que s'anomenen **espiracles**, tenen mecanismes de tancament per evitar la dessecació.



### La respiració branquial

Té lloc a les **brànquies**, unes expansions molt vascularitzades de la superfície corporal d'animals i fases larvàries aquàtiques. Depenent d'on es localitzin, es distingeix entre **brànquies externes**, que sobresurten de la superfície de l'animal i no tenen protecció, per la qual cosa s'acostumen a malmetre amb facilitat, i **brànquies internes**, que queden protegides per estructures corporals.

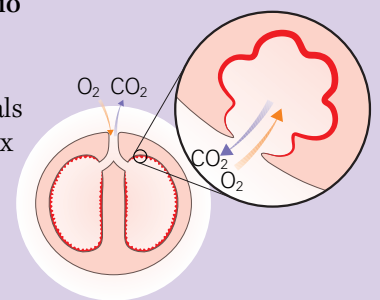
És característica d'animals aquàtics que viuen en un medi amb una concentració de  $O_2$  dissolt en aigua relativament baixa\*.



### La respiració pulmonar

Es desenvolupa en unes estructures vascularitzades amb superfícies respiratòries humitejades anomenades **pulmons**, que poden ser més o menys complexos. N'hi ha de dos tipus:

- Els **pulmons de difusió** són estructures sense mecanisme de ventilació, la comunicació de les quals amb l'exterior sempre està oberta.
- Els **pulmons de ventilació** són òrgans parells, amb mecanisme de ventilació i la comunicació dels quals amb l'exterior es produeix a través dels conductes de ventilació (bronquis i tràquees).



#### ACTIVITATS

- 19 Com mantenen els animals terrestres les seves superfícies respiratòries humides?
- 20 Explica raonadament per què els animals amb respiració traqueal no necessiten un sistema de transport de gasos.

\*L'aigua té menys  $O_2$  que l'aire. Un litre d'aire conté 210 mL de  $O_2$  (21%), mentre que 1 L d'aigua saturada a 5 °C en conté 9 mL (0,9%).



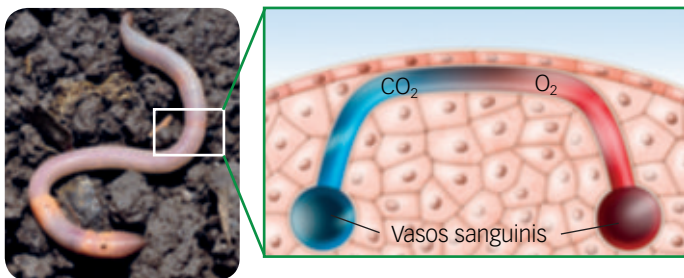
## 5. L'aparell respiratori dels invertebrats

Els invertebrats més primitius, com els porífers, els cnidaris, els platihel·mints i els nematodes, no tenen estructures especialitzades per a la respiració externa, i per això l'intercanvi gasós es produeix per difusió directa entre el medi aquàtic on viuen i les cèl·lules.

### 5.1. La respiració en anèl·lids

De tots els invertebrats vermiformes, només els anèl·lids tenen aparell respiratori.

Dins d'aquesta classe n'hi ha alguns que tenen respiració cutània, com els cucs.



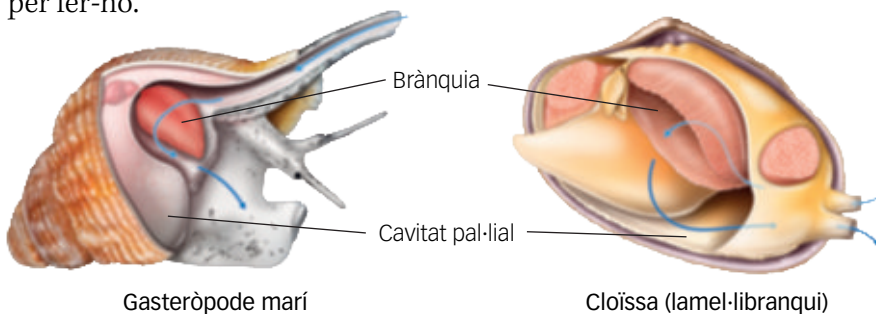
Altres presenten respiració branquial, com els anèl·lids poliquets marins, que incorporen unes brànquies externes a manera de plomalls.



### 5.2. La respiració en mol·luscs

La major part dels mol·luscs aquàtics presenten respiració branquial mitjançant brànquies internes, allotjades a la cavitat pal·lial\*.

Amb l'objectiu de facilitar el moviment continu d'aigua cap a les brànquies, els gasteròpodes marins i els lamel·libranquis han desenvolupat unes estructures ciliades, mentre que els cefalòpodes disposen del sifó per fer-ho.



Els gasteròpodes terrestres, com el caragol, tenen respiració pulmonar. En aquests animals, una zona de la cavitat pal·lial està molt vascularitzada i actua com un **pulmó de difusió**. A més, hi ha espècies amb respiració cutània, en què la cavitat pal·lial funciona com una superfície respiratòria.

#### ACTIVITATS

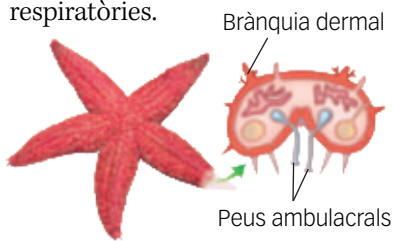
- 21 Quins mecanismes utilitzen els mol·luscs per renovar l'aigua durant la respiració?

\***Cavitat pal·lial:** cavitat buida on desembiquen el tub digestiu, l'excretor i el reproductor. S'hi allotgen els òrgans respiratoris.

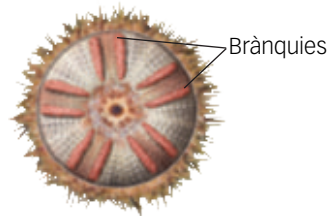
### 5.3. La respiració en equinoderms

Animals com l'estrella i l'erició de mar presenten **respiració cutània**, per a la qual utilitzen els podis de l'aparell ambulacral.

Les estrelles tenen, a més, estructures externes com si fossin brànquies que contenen papil·les respiratòries.



Alguns eriçons de mar tenen al voltant de la boca petites brànquies que també participen en el mecanisme d'excreció.



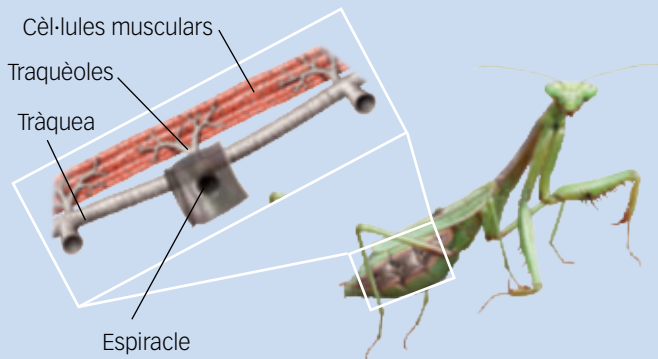
#### ACTIVITATS

- 22 Analitza el tipus de respiració d'insectes i aràcnids. Quines característiques els impedeixen viure en el medi aquàtic?

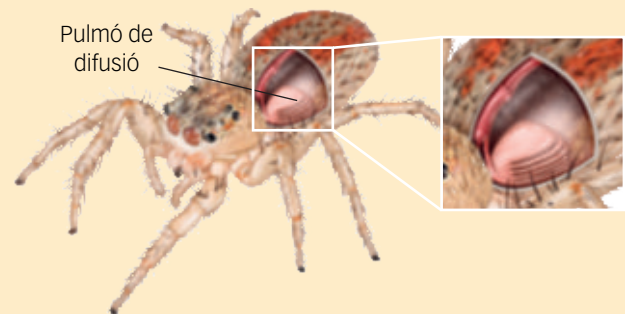
### 5.4. La respiració en artròpodes

Aquesta classe tan nombrosa inclou animals amb diferents aparells respiratoris.

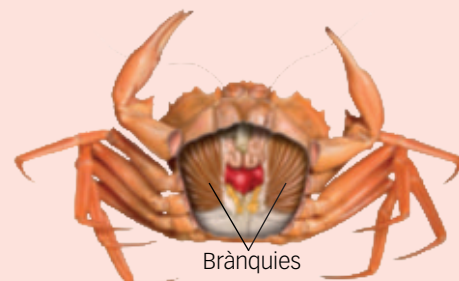
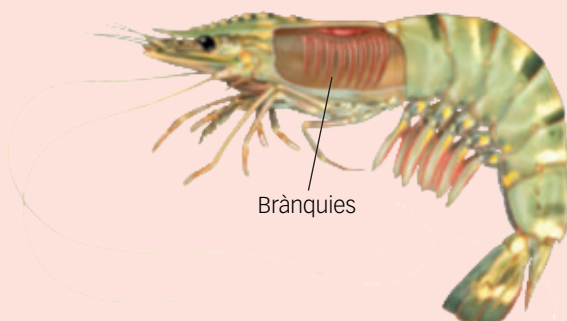
**Respiració traqueal.** La tenen insectes, miriàpodes i algunes aranyes. Alguns insectes disposen, a més, de **sacs aeris**, que són tràquees dilatades de parets fines i flexibles. Aquestes estructures incrementen el volum d'aire inspirat i expirat.



**Respiració pulmonar.** Molts aràcnids tenen respiració pulmonar mitjançant **pulmons de difusió**. Aquestes estructures es troben a la base de l'abdomen i s'obren a l'exterior a través de dues ranures. A l'interior hi ha unes lamel·les que augmenten la superfície de contacte.



**Respiració branquial.** Molts crustacis i larves d'insectes tenen **brànquies externes**. Aquestes brànquies són expansions laminars o filamentoses dels apèndixs toràcics.



En els crustacis decàpodes, aquestes expansions estan cobertes per la closca, la qual cosa dona lloc a unes **brànquies internes**. En aquests animals, els apèndixs abdominals creen corrents d'aigua que es dirigeixen cap a les brànquies per renovar el medi.

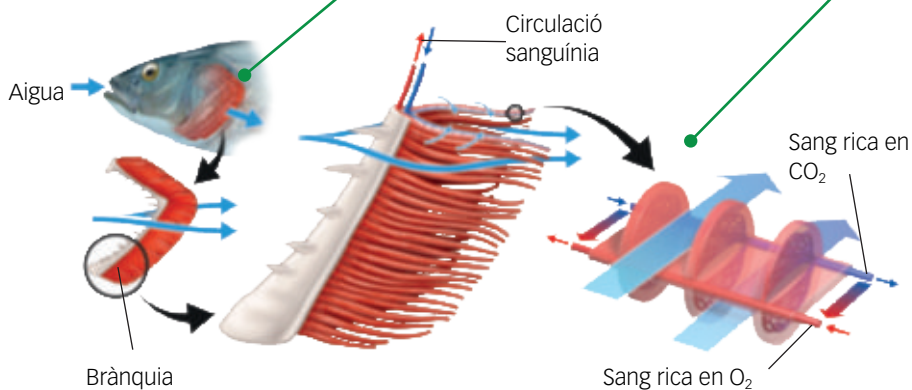
## 6. L'aparell respiratori dels vertebrats

### 6.1. La respiració en peixos

Aquests animals aquàtics presenten la respiració branquial més complexa.

Les brànquies internes estan situades en clivelles branquials, a banda i banda de la faringe, i es desenvolupen a partir d'expansions d'aquest òrgan. Són estructures filamentoses, primes, inserides en arcs branquials.

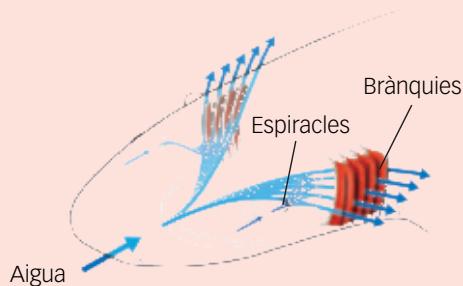
L'interior està molt vascularitzat i els vasos sanguinis estan disposats de manera que el pas d'aigua a través de les brànquies és oposat a la circulació sanguínia.



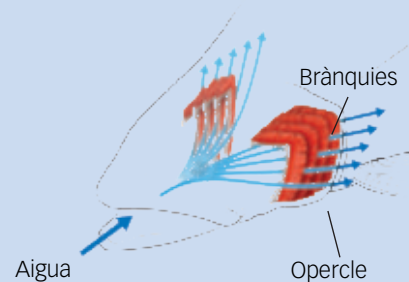
La sang més pobre en oxigen entra en contacte primer amb el corrent d'aigua rica en oxigen gràcies al fet que la circulació sanguínia té un sentit contrari al del corrent de l'aigua. Aquest **mecanisme de contracorrent** permet un intercanvi de gasos molt eficient amb l'aigua.

El procés pel qual té lloc el moviment d'aigua cap a les brànquies és diferent en els dos grans grups de peixos.

En **peixos cartilaginosa**s l'aigua entra per la boca i, per uns orificis anomenats **espiracles**, passa a la faringe i surt per les clivelles branquials.



En **peixos ossis** l'aigua entra per la boca a una cambra branquial i surt per sota de l'**opercle**, que protegeix les brànquies.



A més, algunes espècies de peixos poden complementar i també substituir la respiració branquial:

- Els peixos ossis són capaços de fer respiració cutània a la mucosa bucal, una part de l'intestí, la bufeta natatòria\* i l'epidermis de les aletes.
- Els dipnous o «peixos pulmonats» tenen pulmons molt senzills com a òrgans complementaris per respirar; en moments de sequera, substitueixen totalment les brànquies com a òrgans respiratoris.

**\*Bufeta natatòria:** òrgan present a la majoria de peixos ossis que els permet mantenir-se a diferents profunditats en funció del volum d'aire més o menys gran que hi hagi. Està molt capil·laritzada i pot actuar també com a pulmó perquè emmagatzema oxigen.

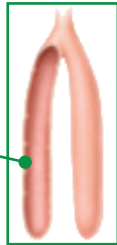
#### ACTIVITATS

- 23 Explica què és el mecanisme de contracorrent i quins avantatges té.

## 6.2. La respiració en amfibis

Les larves aquàtiques dels amfibis tenen respiració branquial mitjançant brànquies externes amb forma de filaments recoberts per un epitelí ciliat i envoltat parcialment d'un opercle carnos. Tot i això, els individus adults combinen la respiració pulmonar amb la respiració cutània.

Els amfibis presenten pulmons en forma de sac sense septes. El mecanisme de ventilació és primitiu, ja que forcen l'entrada d'aire als pulmons amb els músculs de la boca.



### ACTIVITATS

- 24 Explica les diferències entre la respiració per brànquies de les larves d'amfibis i la dels peixos.
- 25 Descriu els aspectes de la respiració que fan que els rèptils estiguin més adaptats al medi terrestre que a l'aquàtic.

La pell és fina, està molt vascularitzada i conté glàndules mucoses que la mantenen humida.

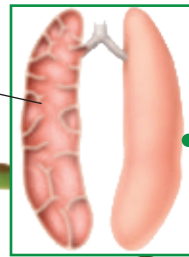
## 6.3. La respiració en rèptils

Aquests vertebrats tenen respiració pulmonar. Alguns rèptils presenten respiració cutània a través de la cloaca.

Per ventilar necessiten una cavitat toràcica més ampla.



Septes pulmonars

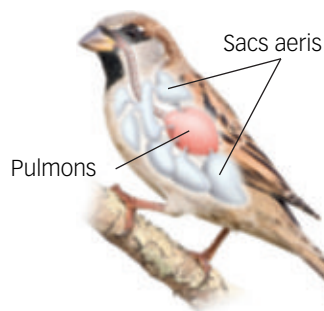


Els pulmons dels rèptils són més grans que els dels amfibis i tenen, a més, cavitats dividides en cambres per septes que incrementen la superfície d'intercanvi gasós.

## 6.4. La respiració en aus

Les aus presenten un tipus de respiració pulmonar complex.

Els pulmons comuniquen amb uns **sacs aeris**, evaginacions de la paret pulmonar que són parells i també s'estenen a l'interior dels ossos llargs.

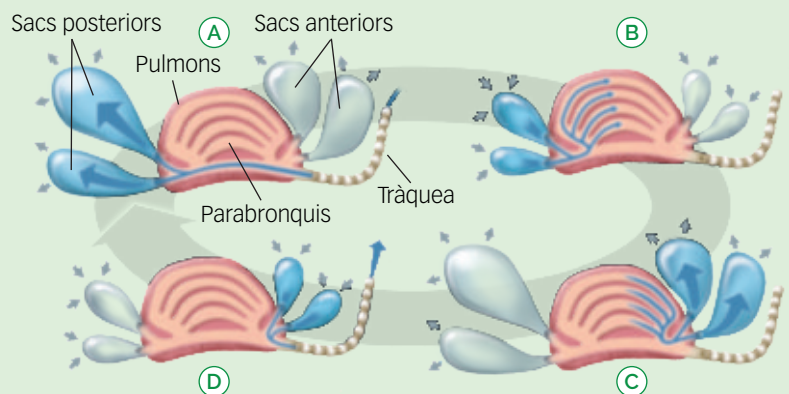


Les aus no tenen diafragma, de manera que la ventilació pulmonar es produeix gràcies als músculs respiratoris. En la inspiració s'expandeix la cavitat toracoabdominal i els sacs aeris retenen l'aire; en relaxar-se, l'aire s'expulsa.

Els bronquis acaben en uns túbuls fins anomenats **parabronquis**.

La respiració de les aus és la més eficient dels vertebrats terrestres, ja que el flux d'aire és unidireccional i això assegura que l'aire ric en  $O_2$  no es barregi amb l'aire carregat de  $CO_2$ .

L'aire inhalat passa als sacs aeris posteriors (A). En expirar, l'aire és expulsat cap als parabronquis pulmonars, on es produeix l'intercanvi de gasos (B). La inspiració fa passar l'aire als sacs aeris anteriors (C) i en l'expiració l'aire és exhalat cap a l'exterior (D).





## 6. L'aparell respiratori dels vertebrats

### 6.5. La respiració en mamífers

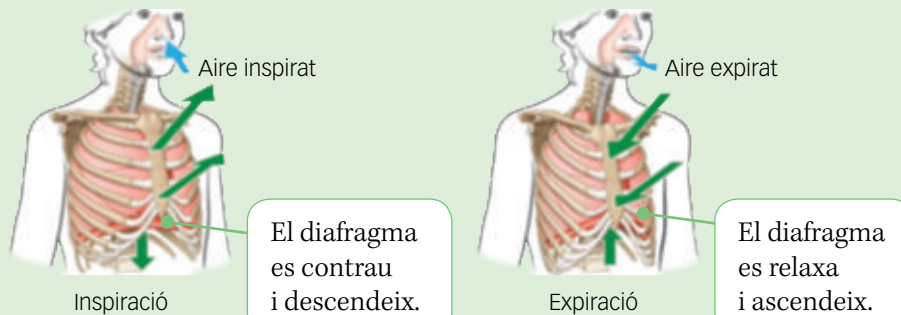
Els mamífers, l'ésser humà inclòs, tenen respiració pulmonar.

Els pulmons dels mamífers estan formats per un **arbre bronquial** i vesícules pulmonars dividides en milions d'**alvèols**.



Al voltant dels pulmons es troba la **pleura**, una doble capa serosa. Entre les dues capes hi ha un espai anomenat **cavitat pleural**, a l'interior del qual hi ha líquid amb funció lubricant.

Els pulmons s'allotgen a la **cavitat toràcica**, l'increment i la disminució de volum de la qual, per l'acció del diafragma i dels músculs intercostals i pectorals, redueix i augmenta respectivament la pressió als pulmons. Això permet l'entrada, **inspiració**, i sortida, **expiració**, de l'aire.

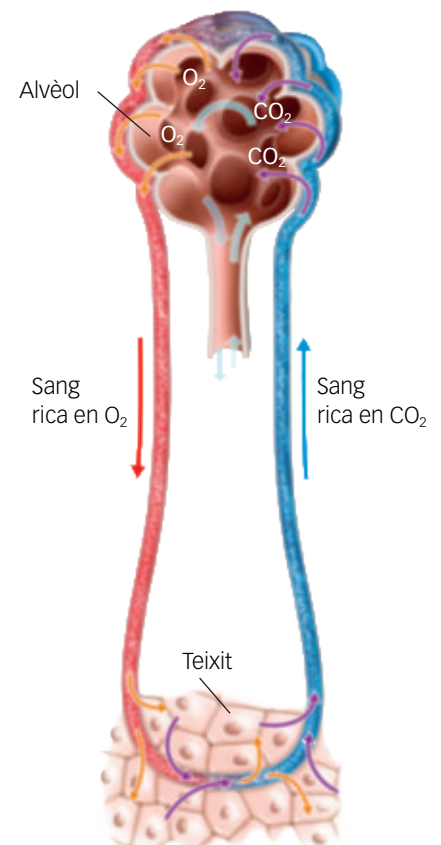


Entre l'aire inspirat dels alvèols i la sang que circula pels capil·lars que els envolten es produeix un intercanvi de gasos per difusió simple.

- L'aire alveolar inspirat té més quantitat d'oxigen que la sang dels capil·lars que prové dels teixits, ja que es consumeix en la respiració cel·lular. Per tant, hi ha un gradient de pressió positiu, i el  $O_2$  tendeix a entrar a l'interior del capil·lar alveolar i passar a la sang per unir-se a l'hemoglobina.
- El  $CO_2$  s'allibera a les cèl·lules com a producte de la respiració cel·lular i passa a la sang. L'aire inspirat dels alvèols té menys concentració de diòxid de carboni que la sang que arriba als alvèols, per la qual cosa es difon des de la sang cap a l'interior dels alvèols i en l'expiració surt.

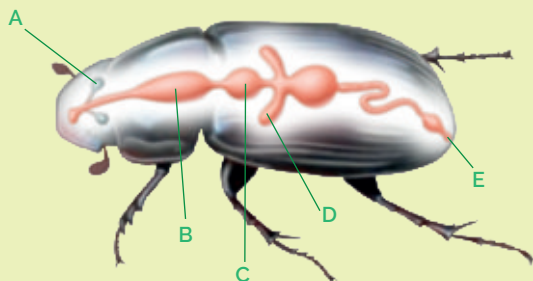
#### ACTIVITATS

- 26 En els vertebrats terrestres hi ha una tendència a l'increment de la superfície de contacte amb l'aire als pulmons, des dels amfibis fins als mamífers, en què s'assoleix un màxim, amb divisions en milions de petitíssimes cavitats anomenades *alvèols*.
- a) Quina relació hi ha entre l'alveolització i el grau d'activitat que desenvolupen els diferents vertebrats?
  - b) Explica els avantatges de disposar de milions d'alvèols, com en el cas de l'espècie humana, en lloc de només un parell de pulmons simples, com els amfibis.



REPASSO

- 27 Enumera i explica les diferents accions que fa l'aparell digestiu dels animals.
- 28 Assenyala la diferència entre la digestió extracel·lular i la intracel·lular. Indica quins animals tenen digestió extracel·lular, quins intracel·lular i en quins animals la digestió és mixta.
- 29 Explica els diversos mecanismes utilitzats pels diferents animals invertebrats i vertebrats per fer la digestió física dels aliments.
- 30 Escriu a la llibreta a quines parts de l'aparell digestiu d'un artròpode correspon cada lletra del dibuix.



- 31 Indica les diferències entre: aliment i nutrient, ingestió de l'aliment i deglució, digestió i absorció de nutrients, excreció i egestió.
- 32 Observa el dibuix següent de l'aparell digestiu d'un vertebrat. Escriu a la llibreta el nom dels òrgans que apareixen i descriu els processos que tenen lloc a cada un.



- 33 Explica els mecanismes d'absorció de nutrients en els vertebrats. Quina diferència hi ha entre l'absorció d'una molècula de greix i l'absorció d'una molècula de glucosa?
- 34 Indica la diferència entre el procés d'absorció a l'intestí prim i a l'intestí gros dels vertebrats.
- 35 Quina funció fan els bacteris simbiòtics de l'intestí gros dels mamífers? És la mateixa que la duta a terme pels bacteris de la panxa dels remugants?
- 36 Descriu el recorregut que fa l'aliment a l'aparell digestiu d'un animal remugant.

- 37 Fes una taula com la següent en què indiquis el tipus de respiració de les esponges, els peixos ossis, els rèptils, els insectes i els mol·luscs.

Grup animal	Tipus de respiració
...	...
...	...

- 38 Observa el dibuix següent i respon les preguntes:



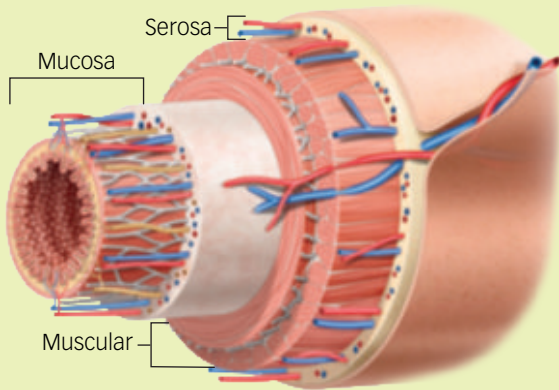
- a) Quin tipus d'estructura respiratòria està representada al dibuix? Com es diu cadascun dels elements?
- b) Com funciona aquest sistema respiratori?
- c) Què diferencia els animals amb aquest tipus de respiració de la resta dels animals?
- 39 Com es produeix la ventilació en les aus? Per què es diu que tenen el sistema més eficaç de tots els vertebrats?
- 40 Escriu a la llibreta alguns òrgans a través dels quals es faci respiració cutània. Per què per a la majoria dels grups d'animals la respiració cutània és insuficient?
- 41 Copia i completa la taula amb la funció de cada òrgan i el grup animal del qual són característics.

Òrgan	Funció	Grup animal
Porus inhalants	...	...
Hepatopàncrees	...	...
Tràquees	...	...
Ràdula	...	...
Parabronquis	...	...
Llanterna d'Aristòtil	...	...
Cavitat pal·lial	...	...
Pap	...	...

## ACTIVITATS FINALS

### APLICO

- 42 Estableix la relació que hi ha, en la nutrició animal, entre el procés digestiu i la respiració.
- 43 Amb els coneixements que has adquirit, explica com podries deduir el tipus d'alimentació d'un animal determinat si no saps què menja.
- 44 Les parets del tub digestiu en vertebrats estan formades per diverses capes de teixits. Observa el dibuix i, a continuació, respon les preguntes.



- a) En quina capa es troben els vasos sanguinis, els vasos limfàtics i els nervis?
- b) Quina creus que és la responsable dels moviments peristàltics?
- c) A quina es produeix l'absorció de nutrients?

- 45 Explica com renoven l'aigua a les brànquies els animals següents: peixos, mol·luscs lamel·libranquis, crustacis decàpodes i mol·luscs cefalòpodes.
- 46 La taula adjunta representa el percentatge i la pressió d'oxigen i de diòxid de carboni en diferents zones implicades en l'intercanvi de gasos. Segons aquestes dades, respon les preguntes següents:

Gas	Aire atmosfèric		Aire alveolar		Sang arterial	Sang venosa
	%	Pressió en mmHg	%	Pressió en mmHg	Pressió en mmHg	Pressió en mmHg
O <sub>2</sub>	21	159	14	101	100	40
CO <sub>2</sub>	0,04	0,3	5,6	39	40	46

- a) Explica el sentit del moviment de l'oxigen i del diòxid de carboni als alvèols pulmonars.
- b) Què passaria si la pressió de l'oxigen disminuís com passa quan guanyem altitud?
- 47 L'aire que respirem conté un 21% d'oxigen i l'aigua de mar un 0,64%. Si hi ha molta més quantitat d'oxigen a l'aire que a l'aigua de mar, per què quan traïem els peixos a la superfície es moren per asfíxia? Assenyala amb quins problemes es trobaria un animal terrestre que tingués brànquies en lloc de pulmons.

- 48 Llegeix la notícia següent i respon les preguntes:

### El mite que les vaques estan matant el planeta

[...] El metà és un gas amb efecte d'hivernacle que es genera en multitud de processos naturals i artificials. El més conegut possiblement és el que es produeix a l'interior de l'aparell digestiu dels rumugants (vaques, búfals, ovelles i cabres), quan els microbis que hi ha a l'interior fermenten l'aliment que consumeixen. Aquest procés, conegut com a *fermentació entèrica*, produeix el metà que les vaques eliminaran posteriorment. En contra de la creença popular, aquest gas no és expulsat mitjançant flatulències, sinó que passa al sistema respiratori i s'elimina per mitjà d'exhalacions.

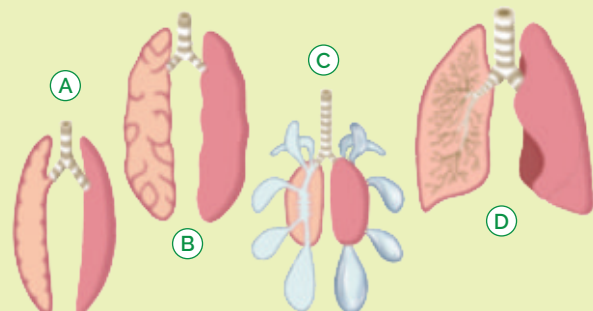
[...] Una vaca expulsa uns 200 grams de metà al dia i això equival a 5 quilograms en unitats de CO<sub>2</sub>. Això suposa que, segons dades de la FAO, cada any totes les vaques del planeta (uns 1.500 milions) alliberen a l'atmosfera 100 milions de tones de metà, que tenen el mateix efecte que 2.500 milions de tones de CO<sub>2</sub>.

[...] Aquesta quantitat astronòmica difícil d'imaginar resulta ridícula si la comparem amb els 50.000 milions de tones de gasos amb efecte d'hivernacle (en unitats de CO<sub>2</sub>) que s'alliberen cada any segons càlculs del Grup Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic.

*El País. Medi ambient. Verne 19-08-2019*

- a) Podries localitzar els òrgans de l'aparell digestiu on es produeix el metà en els rumugants?
- b) De quin percentatge de gasos amb efecte d'hivernacle en unitats de CO<sub>2</sub> són responsables les vaques?
- c) Si el sector agrícola contribueix amb un 25% al total d'emissions, creus que la prohibició del consum de carn de boví solucionaria parcialment el problema?

- 49 A partir de les diferències entre els diversos tipus de pulmons, d'amfibis a mamífers, explica el procés d'alveolització i la importància evolutiva que té.





- 50 Les tènies són un tipus de platihelminths que no tenen aparell digestiu i viuen com a paràsits a l'interior del tub digestiu d'alguns animals.



- a) Busca informació i explica raonadament com poden fer la nutrició si no tenen els òrgans necessaris.  
b) Com poden arribar a parasitar el tub digestiu d'una persona? Què podem fer per evitar-ho?
- 51 Descric alguna adaptació de l'aparell digestiu al tipus d'alimentació que es produeixi en vertebrats.
- 52 Per què creus que les aus tenen un estómac triturador?
- 53 Per què l'intestí gros dels remugants és més curt que el de la resta de mamífers?

- 54 La fibra sol ser majoritàriament cel·lulosa. Què passa quan l'ésser humà la fa servir com a aliment? Per què és tan recomanada a la dieta humana? Quina funció pot tenir?
- 55 Algunes persones experimenten intolerància a la lactosa, un trastorn digestiu que es manifesta després d'ingerir llet amb malestar a l'estómac i a l'intestí, acompanyat de còlics i diarrees. Quina creus que en pot ser la causa? Documenta't i busca altres anomalies que estiguin relacionades amb la nutrició i es donin en l'espècie humana.
- 56 Busca informació i prepara una taula sobre les diferents glàndules dels mamífers (salivals, pancreàtiques i de la mucosa estomacal i intestinal) en què indiquis els aspectes següents:
- a) Enzims que produeixen i substrat sobre el qual actuen.  
b) Productes que alliberen.  
c) Lloc on actuen.
- 57 La pressió parcial d'un gas en una barreja és la fracció de la pressió total que li correspon. La pressió parcial depèn de la concentració d'aquest gas.
- Si considerem l'aire com una barreja de  $O_2$  i  $CO_2$  i que en un litre d'aquest aire hi ha, per exemple, 210 mL de  $O_2$  i 0,3 mL de  $CO_2$ , quina pressió parcial correspondria a cada un dels gasos si la pressió de l'aire fos de 760 mm Hg?

## Especialistes en zoologia

### Què fan?

La zoologia és una àrea de la biologia centrada en l'estudi científic dels animals.

- Desenvolupen investigacions sobre la biologia, fisiologia, morfologia, distribució i ecologia de les diferents espècies animals.
- Observen i estudien el comportament dels animals.
- Ajuden a conservar poblacions de vida silvestre estudiant-ne les malalties, els hàbits alimentaris, les característiques reproductives, etc.
- Participen com a assessoria científica en l'elaboració de la legislació específica sobre fauna, tant silvestre com domèstica.

### Com ho fan?

- Treballen en organitzacions i empreses, de caràcter públic o privat, que tenen com a objectiu el coneixement de l'evolució i la diversitat taxonòmica dels diferents grups animals d'una zona.
- Poden dur a terme els estudis en un entorn natural o investigar animals en captivitat, en zoològics i aquaris.
- Alguns estudis no requereixen treballar directament amb animals, sinó que es duen a terme al laboratori, i fan servir tecnologia i procediments específics d'àrees com microbiologia, genètica, etc.

