

Departament de Biologia Animal

Assignatura: Zoologia 1er. curs

Curs: 1994-95

Professor/a: Marta Goula

Tema 5. Concepte de Protiste i de Protoctista.

Concepte de Protiste i de Protoctista

Protista: Organisme unicel.lular.

Protoctista: Organismes unicel.lulars, i multisel.lulars sense organització histològica. A vegades s'anomenen també acel.lulars (Hyman, 1940), però aleshores queden més difuminades les nombroses semblances estructurals amb les cèl.lules dels organismes eucariotes plurisel.lulars.

El correcte és dir Protoctista, Regne comparable en categoria als Regnes Fongs, Moneras, Animal i Vegetal.

Característiques

Cèls. eucariotes, però amb algunes particularitats.

No tenen desenvolupament embrionari, ni formen llevors ni espores

Tenen nucli. Els òrgans locomotors són undulipodis.

Els Protoctistes contenen els antecessors de cadascun dels Regnes més evolucionats d'organismes plurisel.lulars (Fongs, Animal, Vegetal). Molts altres protoctistes són organismes unicel.lulars que no han donat descendència plurisel.lular. Plantes, animals i fongs deriven independentment de grups de protoctistes.

Fisiologia

Les cèl.lules dels protoctistes tenen propietats d'eucariota:

- aerobiosi
- respiració mitocondrial
- undulipodis

Presenten una gran diversitat d'organització, divisió cel.lular i cicle vital. Això els hi ha donat una gran capacitat adaptativa, de manera que ocupen tota classe de nínxols ecològics representatius de tota mena de condicions ambientals possibles, incloses les de parasitisme. D'aquesta manera adquireixen especialitzacions molt concretes (la capacitat adaptativa es refereix al conjunt del grup, no a les espècies en particular). Són el clàssic cas d'organismes primitius, però complexos.

Perquè s'inclouen fongs plurisel.lulars: pàg 2

Segons el seu metabolisme, els protoctistes s'agrupen en:

- protòfites (afinitats vegetals): fotosintètics [algues](antigament inclosos al R. Vegetal)
- protozous (afinitats animals): quimioorganotrofs per ingestió de mat. viva. (antigament inclosos al R. Animal)
- pseudofongs (afinitats fúngiques): quimioorganotrofs sapròfits. (antigament inclosos al R. Vegetal)

De fet, l'única característica que els agrupa és l'absència de pluricel.lularitat *amb estructuració de teixit*

Definició de Protozou

Se'n coneixen prop de 70.000 espècies, de les quals la meitat són fòssils. Moltes han perviscut durant llargs períodes de temps (100 milions d'anys).

Són Protoctistes heteròtrofs, que no constitueixen un grup natural. Són Eucariotes habitualment unicel.lulars, encara que n'hi ha de colonials, en els que uns individus depenen dels altres, havent-hi sovint una part de la colònia especialitzada en la reproducció, encara que no es produeix una diferenciació morfològica entre els individus reproductors i no reproductors. En alguns casos, els protozous tenen fases vitals multicel.lulars. Les raons per les que no es consideren metazous són:

- a han*
- tenen parents unicel.lulars fàcilment reconeixibles
 - manquen de desenvolupament embrionari
 - apart de cèl.lules reproductores, no hi ha cap altra especialització cel.lular.

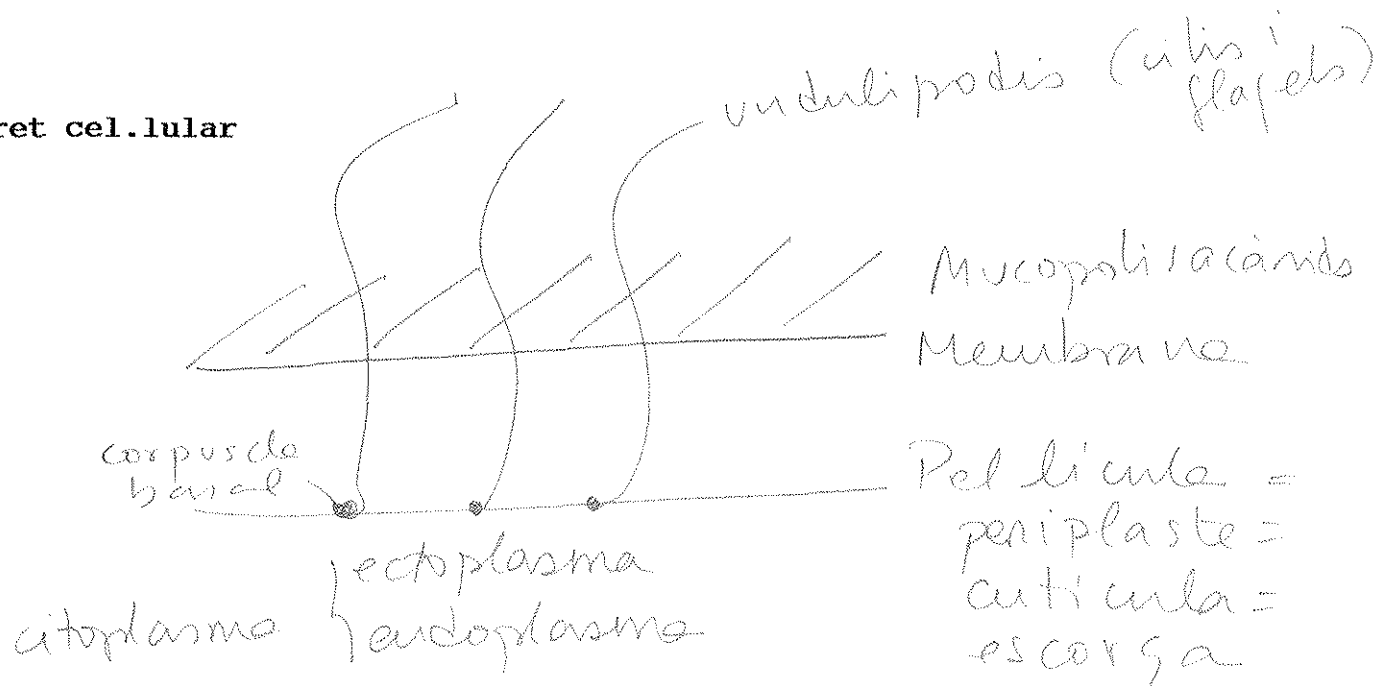
Ab au

És un grup heteroeogeni, amb els següents trets comuns:

- Són microcòpics (10-15 micres habitualment), excepte els colonials i els polienèrgids (=multicel.lulars?).
- Els nivells d'organització són: unicel.lulars, colonials, polienèrgids.
- Manquen de desenvolupament embrionari
- Forma variable, ja sigui fixa o no, amb tota classe de simetries.
- Manquen de teixits i òrgans, però tenen orgànuls altament especialitzats.

En la situació més freqüent, el Protozou ha de resoldre totes les seves funcions vitals amb una sola cèl.lula, que per això mateix se'n diu totipotent. Tot seguit veurem les diferències amb les cèl.lules eucariòtiques dels pluricel.lulars.

Paret cel.lular



Membrana cel·lular: normal: Per la cara interna pot estar reforçada per una pel·lícula=escorça=periplaste=cutícula, integrada per fibrilles o vesícules o microtúbuls. Dóna consistència. Si falta, el protozou és deformable. (v'a la transmissió orgànica heraposa)

Externament a la membrana: glucocàlix de mucopolisacàrids, o bé també formacions esquelètiques externes.

Citoplasma

Integrat per un ectoplasma fluid perifèric, i un endoplasma dens i viscos intern. L'ectoplasma és la capa on s'ancoren els corpuscles basals de cilis i flagels.

Orgànuls cel·lulars

Només esmentarem aquells que presentin alguna diferència amb els de les cèl·lules eucariòtiques dels pluricel·lulars.

Vacuoles pulsàtils (= contràctils)

explicar el problema no dolça (òsmosis)

Són típiques de protozous d'aigua dolça. Estan plenes d'aigua, i es contrauen rítmicament per a evacuar el seu contingut a través d'un porus. Normalment expulsa aigua, per contrarestar la que entra per òsmosis a través de la membrana cel·lular. Poden haver-ni una o més. Tenen una diàstole (plena de líquid) i sístole (quan està buida i per tant contràctil). La diàstole és lenta i la sístole ràpida. A Paramecium atenyen

la seva màxima complexitat, amb la vacuola voltada de petites ampolles, i una comunicació específica de la vacuola amb l'exterior, el porus excretor.

Extrusomes

Són orgànuls característics dels protozous. Tenen una membrana i estan prop de la membrana cel·lular. Sota l'acció d'estímuls químics, o mecànics, es disparen i evacuen instantàniament el seu contingut a l'exterior. N'hi ha de molts tipus, que en general estan mal definits, i dels quals es desconeix la seva funció. L'estructura també és diversa. Alguns, en disparar-se, emeten uns llargs filaments; d'altres, verí que paralitza les preses dels ciliats carnívors.

Undulipodis

Són cilis i flagels, immersos a l'escorça cel·lular. Tenen una doble funció: ^{desplacen} ~~propulsar~~ el protozou, i produir corrents que els renovi l'aigua del voltant amb finalitats alimentícies, respiratòries, excretores, reproductores, i de manteniment de l'osmorregulació.

^{transparen} Els cilis, típics dels ciliòfors, s'organitzen en llargues fileres: les cinèties, que funcionen, a través del moviment metacrònic, com a unitats de moviment. Hi ha connexions microtubulars i fibrilars entre els integrants d'una cinètia i amb els de les cinèties veïnes, que contitueixen el que es coneix amb el nom conjunt d'infraciliatura; però contràriament al que es pensava antigament, la coordinació metacrònica del cilis no va via infraciliatura, sinó via polarització i ~~despolarització~~ ^{polarització} de la membrana cel·lular. ^{els cilis poden agrupar-se per formar pètils, círcles i membranes, i membranes.}

En canvi, els flagels funcionen aïlladament; presenten algunes diferències ultraestructurals amb els flagels de les cèl·lules animals.

El flagel o cili + corpuscle basal + formacions fibrilars = cinètida (que és la unitat de moviment).

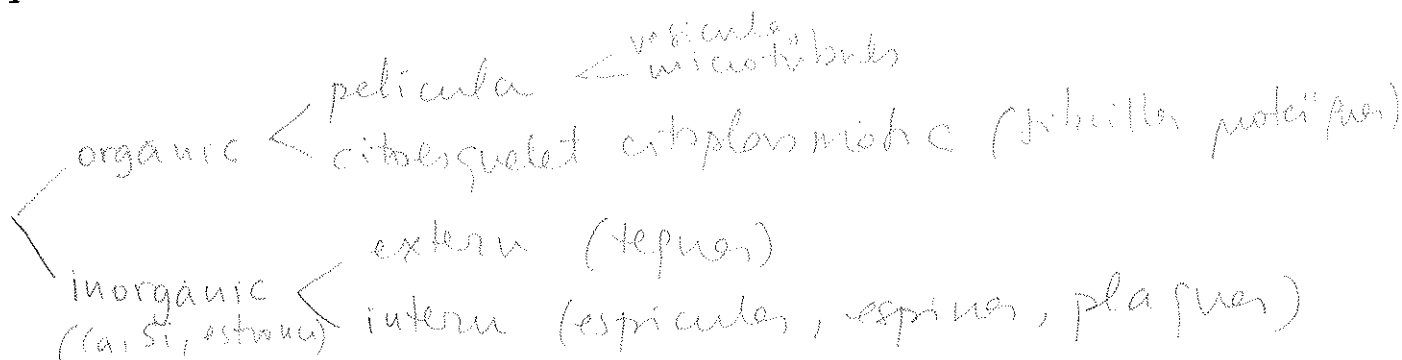
Nucli

N'hi pot haver un, dos o molts. Quan n'hi ha dos, solen ser un micronucli (de funció reproductora o generativa) i un macronucli (que regeix les funcions vegetatives de la cèl·lula). Quan n'hi ha molts, parlem d'un protozou polienèrgid (l'enèrgida és el nucli amb la fracció de citoplasma i ribosomes corresponents).

Inclusions

Poden ser de reserva (midó, amilopectina) o d'excreció (insolubles, per acumulació en vacuoles).

Esquelet cel·lular



Pot ser orgànic o inorgànic.

L'orgànic sol ser intern. Està format per l'escorça o pel·lícula, o bé per un citoesquelet citoplasmàtic de fibrilles proteiques. A vegades l'esquelet orgànic pot ser extern, de naturalesa quitinosa.

L'inorgànic pot ser extern o intern. L'extern són teques, i l'intern són espines, espícules, plaques, etc. La composició de l'esquelet inorgànic pot ser de Ca, Si, estronci, que fa que sigui fossilitzable.

Sovint els protozous són capaços de desenvolupar quists, que són formes resistents envoltades per una membrana gruixuda.

BIOLOGIA

Al no ser un grup natural, hi ha pocs trets biològics que aglutinin el conjunt del Protozous. En general, són vulnerables a la dessecació, fora del cas que estiguin en forma de quist.

La gran majoria són aeròbics, i per tant sensibles a la manca d'oxigen. Hi ha excepcions.

Moviment

A més de fer servir els undulipodis, els Protozous poden moure's deformant la membrana cel·lular per formar pseudòpodes de diferents característiques i funcions:

a) Lobòpodes (rizòpodes): alimentació i desplaçament. Arrodonits. Amb ectoplasma i endoplasma.

b) Filòpodes (rizòpodes, actinòpodes, foraminífers): alimentació i desplaçament. Expansions d'ectoplasma llargues i fines, però independents. Expansibles i retràctils, per pròpia activitat o per presència de microtúbuls.

c) Reticulòpodes (foraminífers, actinòpodes): alimentació. Ramificacions fines que s'anastomosen formant un reticle. Es mouen potser per presència de mol·lècules contràctils.

Cal remarcar que alguns autors consideren innecessària la distinció entre filòpodes i reticulòpodes.

d) Axòpodes (actinòpodes): esquelet, alimentació, desplaçament. Amb un eix intern que els dóna consistència.

Aquest eix pot ser de naturalesa orgànica (associació de microtúbuls que s'ordenen de manera característica i determinada segons la família o fins i tot el gènere), i aleshores parlem d'axonema, o bé inorgànica (espícula). La captura d'aliment es fa amb el citoplasma perifèric de l'axòpode.

Quan al desplaçament per mitjà d'undulipodis, és curiós observar que els cilis provoquen desplaçament de l'aigua perpendicularment a ells, mentre que els flagels el provoquen paral·lelament a ells. Això afecta a la mecànica i a la velocitat de propulsió. Els flagels poden impulsar el protozou i bé impulsar-lo.

Nutrició

- Micròfags (difusió -segurament poc important: només per glucosa, aa-, pinocitosi - per l'aliment líquid-, transport actiu - id. difusió- ; molt rarament sapròfits)

- Macròfags (fagotròfics -partícules-)

La fagotròfia es fa sobre altres protoctistes, procariotes, fragments vegetals, etc. Sovint el règim alimentari és mixt, combinant microfàgia i macrofàgia, i fins i autotròfia.

La presa d'aliment es pot fer per qualsevol punt de la membrana cel·lular (difusió, transport actiu, pinocitosi, fagocitosi, exocitosi), o per un punt determinat (citostoma: és simplement un punt especialitzat en qualsevol de les funcions anterior, típicament la fagocitosi).

En qualsevol cas sempre es forma un vacuol digestiu (fagosoma), on són abocats els enzims digestius dels lisosomes circumdants per fusió amb el fagosoma. Per un procés semblant a la pinocitosi, però invers, els productes de la digestió són incorporats al citoplasma, mentre que el vacuol digestiu desapareix o es va reduint fins a convertir-se en un vacuol fecal. A vegades els productes de la digestió són incorporats al citoplasma per simple difusió a través de la membrana del fagosoma, mentre aquest es va empetitint.

L'evacuació es pot fer per tota la superfície de la membrana, o per un punt especialitzat, el citopigi o citoprocte. A vegades, aquest citopigi reb també els productes d'excreció del vacuol contràctil.

Excreció

Va a càrrec de vacúols contràctils, que tenen sobre tot una funció osmorreguladora (com es dedueix del seu funcionament en espècies marines i d'aigua dolça, respectivament).

En canvi, sembla que els productes del catabolisme s'excreten per simple difusió, i normalment acabent sent amoníac.

Reproducció i cicles vitals

Els protozous presenten tant cicles haplonts, com diplonts com haplodiplonts. A més, sovint presenten separades les dues fases que habitualment associem al terme reproducció: **sexualitat** (renovació del material genètic) i **multiplicació** (producció de nous individus). La multiplicació pot anar o no associada a fenòmens de sexualitat, la qual cosa ens permet parlar de reproducció asexual i de reproducció sexual.

En termes generals, podem dir que les etapes de sexualitat ocorren quan les condicions són adverses, i que la renovació del material genètic sovint és un pas imprescindible perquè l'organisme pugui enquistar-se i resistir aquestes condicions adverses. En canvi, quan les condicions són favorables (T adequada, aliment suficient), s'entren en cicles assexuals que permeten una ràpida proliferació de l'espècie. (v. cicles representatius en fotocòpies).

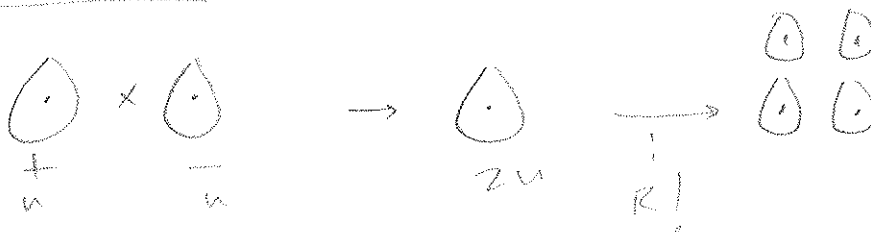
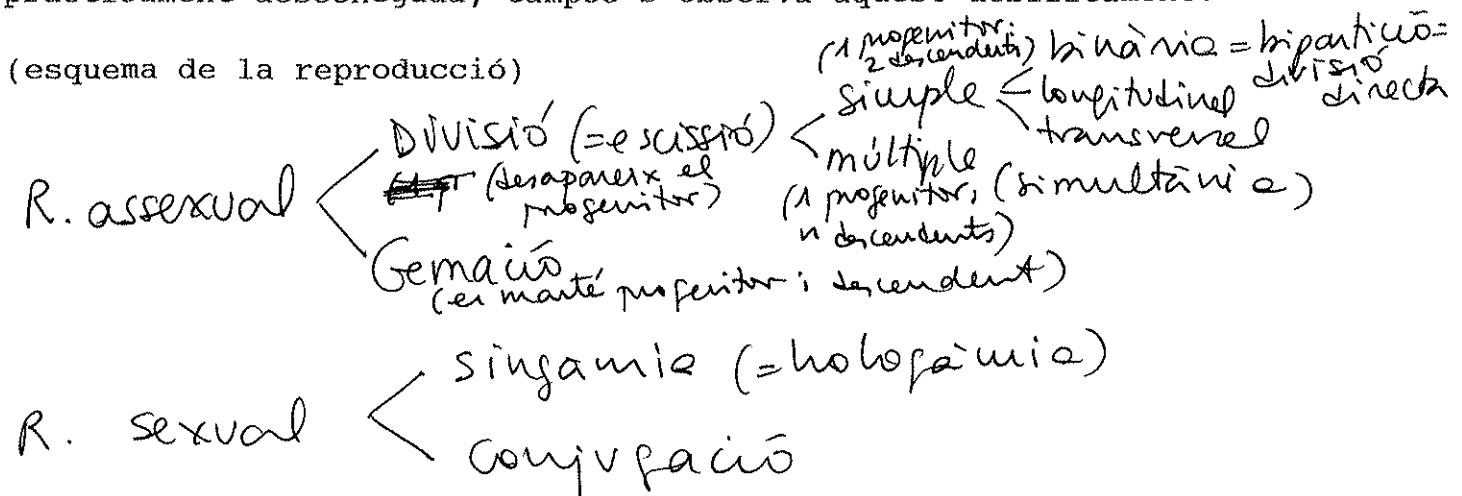
L'intercanvi de material genètic es pot fer amb la intervenció de cèl·lules senceres, que farien el paper de gàmetes (ja siguin isogàmetes

o anisogàmetes), tot fusionant-se dues de diferents per a generar un "zigot" (singàmia= hologàmia) o bé fusionant-se dos nuclis meiòtics de la mateixa gàmete (autogàmia), o pot fer-se únicament intercanviant nuclis de cèl·lules no especialment destinades a la reproducció (conjugació).

L'ajustament del nombre de cromosomes per meiosi es pot donar immediatament abans de la fusió de les gàmetes (meiosi gamètica; fase haploide: gàmetes; majoria del **cicle diplont**) o bé després (meiosi zigòtica: alerta que aquest nom no hauria de ser emprat en el protistes; fase diploide: "zigot"; majoria del **cicle haploide**). Per últim, pot ocórrer que la meiosi es dongui en una etapa intermitja entre el zigot i les gàmetes (meiosi intermèdia: cicle **diplohaploide**).

Per últim, cal assenyalar que en cultius de laboratori, on les condicions perpètuament bones permeten una reproducció exclusivament assexual durant llargs períodes de temps, els llinatges es debiliten si no verifiquen etapes de sexualitat, per manca de renovació del material genètic. En canvi, altres grups de protozous (amebes, p.e.) on la sexualitat és pràcticament desconeguda, tampoc s'observa aquest debilitament.

(esquema de la reproducció)



Cal remarcar que en el cas del protozous la reproducció i multiplicació mai desemboquen en un procés embrionari.

Formes de resistència

Una de les característiques que més ha contribuït a l'èxit dels Protozous ha estat la seva capacitat de generar quistes (cists), formes de resistència envoltades per capes més o menys gruixudes aïllants, formades per secreció de les vesícules de l'aparell de Golgi.

Dins del quist, l'activitat metabòlica queda reduïda al mínim. L'enquistament és rar als protozous marins (probablement per l'estabilitat del medi marí). En canvi sí que es dona en formes paràsites, per a sobreviure entre un hoste i l'altre.

El retorn a l'activitat es desencadena per reversió de les condicions desfavorables. L'enquistament pot ser una etapa obligada i cíclica en la vida de molts protozous.

SISTEMÀTICA

Pel fet de no formar un grup natural, els protozous formen un conjunt polifilètic, subdivit en diversos grups de filiació diversa, i considerats de diferent categoria taxonòmica segons els autors. Això fa que el nombre de Phyla considerat varii segons els autors. Podem acceptar la proposta de Margulis (1985), que basant-se en Raven y Johnsohn (1986) esmenta 8 phyla de protocistes d'afinitat animal:

- Carioblastos
- Rizòpodes
- Foraminífers
- Actinopodis
- Zoomastigins
- Apicomplexos
- Cnidosporidis
- Ciliats

i un de posició intermitja: Euglenòfits (donada la capacitat d'alternar l'autotròfia i l'heterotròfia).

Cas que la bibliografia consultada dongui una sistemàtica diferent, l'únic que interessa és tenir clars els grups més que no pas atribuir-los la jerarquia taxonòmica.

Carioblastes

Tot i la seva raresa, val la pena detenir-se un moment en aquest grup, que inclou cèl·lules ameboidees gegants, que s'interpreten com els eucariotes més primitius.

L'única característica eucariota que presenten és un nucli delimitat per una membrana. En canvi, manquen de tota la resta d'òrgans cel·lulars típics. Per contra, presenta dos tipus de bacteris endosimbionts, que probablement fan una funció equivalent a les mitocondries de les veritables cèl·lules eucariotes.

Són polinucleats, i presenten nombroses vacuoles.

Pel que se sap, només presenten reproducció asexual per bipartició, sense que s'hagin observat mai indicis de mitosi o de sexualitat.

El grup conté una sola espècie, *Pelomyxa palustris*, que viu exclusivament en el llots dels fons d'estanys d'aigua dolça. S'alimenta d'algues i bacteris. És capaç de viure amb molt baixa tensió d'oxigen.

És difícil valorar si aquesta espècie pot estar en l'origen dels restants protoctistes.

Rizòpodes

Inclouen les amebes. No tenen centriol ni undulipodis, sinó que es desplacen per mitjà de lobopodis. Poden presentar teca (de quitina, calç o agregació de partícules) o no. Viuen en tots els hàbitats, i n'hi d'interès sanitari com la *Entamoeba histolytica*, causant de la disenteria amebiana per invasió de la paret intestinal. En canvi altres espècies del mateix gènere viuen al budell o a la boca de manera inocua.

Se sap que tenen processos de sexualitat en alguns casos, per singàmia.

En condicions adverses poden formar quists. També són resistents al dejuni, però aleshores l'ameba va reduint-se de tamany

Foraminífers

Són exclusivament marins. Tenen closques de materia orgànica reforçades amb sals minerals. Entre els seus elements hi ha carbonat càlcic, grans de sorra, etc. Les closques són camerades (habitualment multicamerades), i el protozou sempre ocupa l'última. Formen moltes menes de pseudòpodes, sobre tot reticulòpodes, que els hi permeten la captura d'aliment i la seva digestió.

Tenen cicles vitals complexos, amb alternança de generacions (únic cas entre els protozous), que es diferencien morfològicament i tenen etapes de vida lliure (v. transparència: **cicle diplohaplont**, que apareix al quedar molt distanciades la meiosi i la fecundació).

Els foraminífers tenen interès aplicat com marcadors estratigràfics i detectors de dipòsits de petroli. Poden tenir organisme fotosintètics en simbiosi.

Es considera que el conjunt de foraminífers constitueix la biomassa més gran de tots els grups "animals" (un terç del fons marí està format pel dipòsit de les closques de **Globigerina**).

Un gènere molt conegut és **Nummulites** (del Juràssic al Miocè), que feia fins a 10 cm d'ample.

Actinòpodes

És un grup molt heterogeni, que tenen en comú els axòpodes. El nombre d'axòpodes pot ser fix i característic per segons quins grups. També tenen espícules de diferent composició: sílice, sulfat d'estronci, o estronci i matèria orgànica. Al voltant de les espícules hi ha un intens corrent de citoplasma, que "puja" per un cantó i "baixa" per l'altre.

A més de les espícules, la cèl.lula sovint està envoltada per una "closca" perforada, que se situa separant una capa interna i una capa externa de citoplasma. Aquesta última, d'aspecte escumós, captura l'aliment perquè és enganxós.

La funció de les diferents expansions perifèriques (axòpodes, espícules) és donar flotabilitat, i segurament capturar partícules alimentàries. Sovint contenen organismes simbiotes fotosintètics. Aquests obtenen de l'hoste nitrogen i fòsfor.

Viuen al mar ("radiolaris", heliozous) i a les aigües dolces. Com en el cas del foraminífers, els radiolaris formen grans sediments als fons marins. La potència (gruix) dels sediments conjunts de foraminífers i radiolaris en els fons marins actuals pot ser d'entre 700 i 4000 m.

Foraminífers i actinòpodes són protoctistes molt primitius, que han deixat una bona empremta al registre fòssil degut a les seves closques. Per tant, tenen molt d'interès en la datació dels estrats, i particularment en la troballa de bosses de petroli.

Zoomastigins

Tenen com a mínim un undulipodi, però poden arribar a tenir-ne milers. Tant poden ser de vida lliure com paràsita; en aquest darrer cas, inclouen alguns dels protozous paràsits més importants.

Els coanoflagelats tenen interès filogenètic per la seva semblança amb els coanòcits de les esponges. Els diplomonadins tenen les estructures cel·lulars duplicades. Alguns tricomonadins, presents al budell d'insectes xilòfags, possibiliten la digestió de la fusta amb els seus enzims.

Quan són paràsits, els zoomastigins poden tenir molts hostes diferents: vertebrats o invertebrats.

D'entre els més importants des del punt de vista sanitari cal esmentar:

Trypanosoma brucei gambiense i Trypanosoma brucei rhodesiense: causants de la malaltia de la són, i trasmesos per Glossina palpalis (un dípter). El reservori del paràsit són antilops i altres mamífers salvatges.

Trypanosoma cruzi: malaltia de chagas (Amèrica del Sur i Central), transmesa per una xinxe reduvíde (Heteroptera).

Leishmania sp.: varies espècies, causants de la leishmaniosi (ja sigui visceral, mucocutània o cutània), malaltia invasiva que afecta a l'home i animals domèstics (gosos). Transmes per un dípter que actua com a vector, Phlebotomus. Malalties presents a Àfrica, Àsia i Amèrica del Sud i Central.

Trichomonas vaginalis: present al tracte genital humà, transmesa per contacte sexual. Genera vaginitis.

Giardia intestinalis: pot causar serioses diarrees a humans (però a vegades està al budell i és inòcua).

Apicomplexos (=Esporozous)

En tots els casos es tracta de protozous paràsits, que infesten hostes de molt diverses característiques (de diferents Phyla).

El nom d'apicomplexes els hi ve del "complex apical", present en diferents estadis del cicle. Aquest complex presenta unes estructures que permeten la penetració dels teixits i cèl·lules de l'hoste.

Produeixen "espores", estructures invasives i infeccioses, que asseguruen la disseminació de l'espècie d'un hoste a l'altre. Sovint es troben envoltades de gruixudes capes resistents (però alerta: l'espóra **no** és una estructura de resistència!).

Els cicles, que poden arribar a ser molt complicats, poden implicar diferents tipus d'hostes, tant vertebrats com invertebrats. El cicle comprèn fases d'esquizogònia, que produeixen les corresponents espores infeccioses.

Molts són paràsits de la sang. Poden afectar a l'home o als animals domèstics, amb les conseqüències veterinàries (econòmiques) i sanitàries que se'n deriven.

Plasmodium falciparum, ^{cicle haploide} causant de la malària (=paludisme), la malaltia infecciosa més greu (afecta 300 milions de persones, i causa 3 milions de morts anuals). És trasmès pel mosquit Anopheles. Per això la malaltia s'associa a la presència d'aiguamolls, hàbitat ideal pels mosquits. Les febres ocorren quan, al lisar-se els eritròcits, la sang es carrega del productes tòxics generats pel metabolisme dels merozoïts que vivien dins de l'eritròcit lisat. Com que la lisis eritrocitària és sincrònic, l'acúmul de toxines és considerable. L'efecte és naturalment una anèmia (falta de glòbuls rojos).

Home: adquireix els esporozoïts per la picada del mosquit. Els esporozoïts s'instal·len al fetge, i produeixen 1 cicle assexual de merozoïts per divisió múltiple simultània (esquizogònia). Aquests merozoïts invaeixen els glòbuls rojos, i inicien múltiples cicles assexuals de merozoïts per divisió múltiple simultània (esquizogònia). L'últim cicle esquizonògic genera macro i microgàmetes

Mosquit: les gàmets ingerides a la picada generen un zigot mòbil, que s'instal·la a l'estómac del mosquit, i passa a generar, també assexualment, esporozoïts. Aquests són transportats a les glàndules salivals, a punt per a infectar un altre hoste.

A més de P. vivax, hi ha altres 3 espècies d'interès mèdic, de conseqüències no letals però debilitants per a l'individu. La periodicitat de les febres és característica en cada espècie.

Toxoplasma: per l'espècie humana, només té importància en cas de malalts de SIDA o de dones gestants (retràs mental: 2 % casos). El paràsit viu típicament als gats.

Gregarina: parasiten el tracte digestiu o la cavitat corporal general d'invertebrats. No tenen transcendència econòmica.

Cnidosporidis

Són també paràsits d'animals, encara que comprenen formes molt diferents entre sí. És interessant la morfologia amb el filament apical o polar, amb el qual és transferit l'agent infectant als teixits de l'hoste. Aquesta morfologia recorda la de les cèl·lules urticants dels Cnidaris.

Exemple: Myxobolus, que produeix tumors als peixos

Ciliòfors (=Ciliats)

Presenten cilis. Normalment unicel·lulars, i amb dos nuclis, micronucli i macronucli. Són els protozous més complexos estructuralment

Ocupen tots els hàbitats, arribant a alts graus d'especialització. Però mai produeixen malalties (excepció: Balantidium, present al budell humà, que pot causar una disenteria de simptomatologia similar i de conseqüències tant greus com la disenteria amebiana).

Els cilis es poden agrupar en cirros (feixos de cilis) i membranes ondulants o membraneles (làmines de cilis), que actuen com a boques, pales, dents o peus. Recordem que tots els cilis de la cèl·lula poden estar interconnectats per la infraciliatura, que és el conjunt de fibres per sota de la pel·lícula superficial.

Micronucli: reproducció. Conté tota la dotació genètica i sofreix mitosis.

Macronucli: funcions vegetatives, amb fragments d'ADN. Es divideix per construcció (amitosis).

Tenen un extens repertori de sistemes de reproducció asexual (fisió transversal binària, gemació), i també r. sexual per conjugació.

Dins dels ciliats hi ha una enorme varietat, i es fa difícil saber les relacions filogenètiques entre ells.

Actualment tenen molt d'interès com a indicadors de la qualitat de les aigües.

Origen dels metazous

La idea més estesa és que els metazous provenen dels protoctistes, concretament dels protoctistes amb afinitat animal. Malgrat això, no existeixen evidències fòssils que en ho ratifiqui ja que com ja s'ha dit, durant el precambrià les erosions produïdes per les glaciacions van esborrar qualsevol registre possible, i fou probablement en aquest període en el qual aquest procés es va dur a terme.

Al plantejar-nos l'origen dels Metazous, hem de tenir en compte dues vessants:

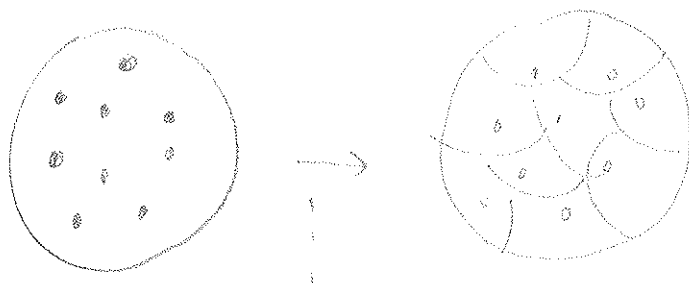
- 1) Quantes vegades s'ha produït el pas de Protozou a Metazou ? (és a dir, els Metazous són monofilètics o polifilètics?)
- 2) Quin (s) han estat els mecanismes d'aquest pas ?
- 3) Quin (s) protozous estan en la base dels Metazous?

Existeixen diverses hipòtesis que intenten explicar amb més o menys fortuna quin ha estat l'origen més probable dels metazous. N'esmantarem tres:

- la teoria sincitial ciliada (monofilètica)
- la teoria colonial flagel·lada (monofilètica)
- la teoria polifilètica.

TEORIA SINCITIAL CILIADA

Defensa que els primers metazous sorgiren d'organismes ciliats unicel·lulars primitius que fossin multinucleats, de forma que cada nucli adquirís una membrana cel·lular aconseguint així la pluricel·lularitat (procés de cel·lularització):



de fet és un
plasmodi

cel·lularització

El fet de que els protoctistes ciliòfors actuals amb afinitat animal siguin majoritàriament bilaterals recolza aquesta teoria en el sentit de que els metazous són bilaterals fonamentalment i molts d'ells perden aquesta simetria de forma secundària. Malgrat això hi ha aspectes que no clarifica la teoria sincitial; en primer lloc no explica com es que els espermatozous en els metazous són flagel·lats i no ciliats (quan als protozous la presència de cilis exclou la de flagels, i a l'inrevés), i a més pressuposa que la simetria bilateral és més antiga que la radial, de la qual cosa no hi ha evidències. A més, els grups considerats més primitius de Metazous (Cnidaris i Ctenòfors) tenen simetria radial.

TEORIA COLONIAL FLAGELLADA

Segons aquesta teoria els metazous provenen d'una colònia de protozous flagel·lada, esfèrica i buida. La diferenciació funcional que havia de presentar la colònia (recordar que hi ha casos de pèrdua temporal de la totipotència cel·lular en els protoctistes) va ser cada cop més permanent fins aconseguir obtenir una diferenciació morfològica més permanent. D'aquesta manera grups de cèl·lules van encarregar-se de funcions reproductores, nervioses, somàtiques etc. de manera permanent (o cada cop més permanent). Així, per la pèrdua de la totipotència augmenta la prosperitat de la colònia en conjunt, la qual presentava una simetria radiada. La simetria bilateral s'aconsegueix posteriorment quan la colònia fos capaç de dirigir el moviment per l'adaptació a la reputació en el fons oceànic. Això fou el desencadenant posterior de la diferenciació en una part dorsal i un altre de ventral i a una part anterior (cefàlica) i un altra de posterior. A favor de aquesta teoria està el fet de que existeixen protoctistes colonials semblants al que propugna la Teoria colonial flagel·lada, però hem de considerar en contra el fet de que en tots els casos són protoctistes amb afinitat vegetal.

ORIGEN POLIFILÈTIC

Defensa un origen divers per tots els metazous. Concretament els Porífers i Cnidaris (diblàstics per excel·lència i de simetria radial o asimètrics) apareixerien tal com s'indica en la hipòtesi dels flagellat colonial mentre que els triblàstics, en conjunt de simetria bilateral, (juntament amb els Ctenòfors - es pot obviar aquest grup-) aparegueren segons la teoria sincitial ciliada.

Malgrat aquestes hipòtesis i altres més que també existeixen, no hi ha res cert encara que manifesti amb seguretat la forma per la qual aparegueren els Metazous.

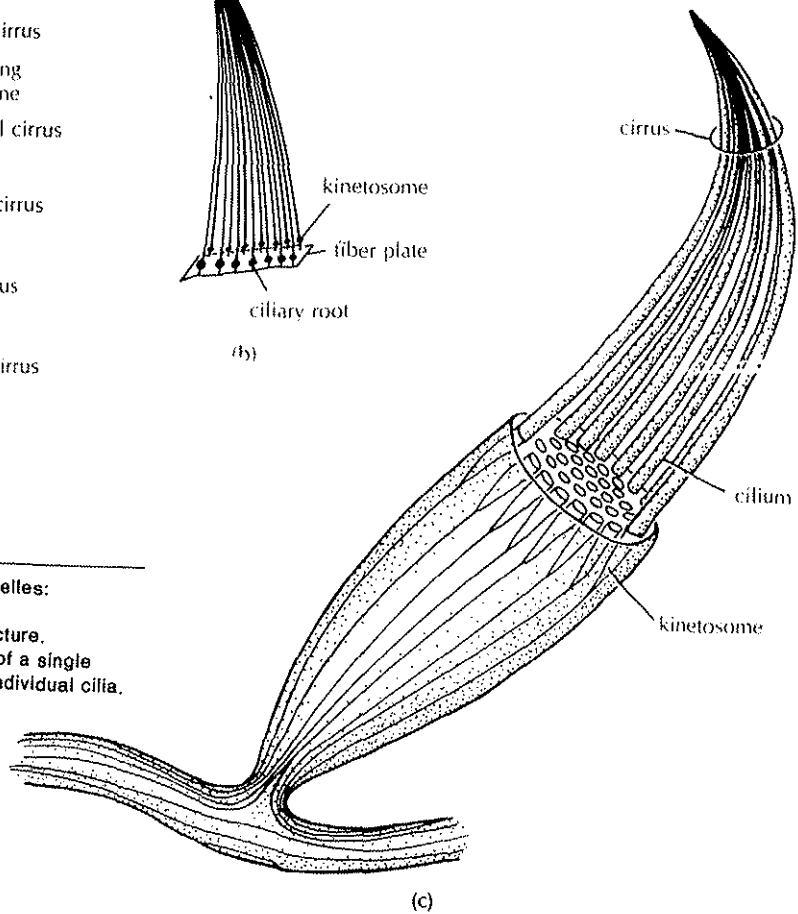
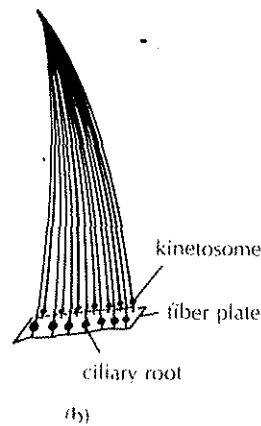
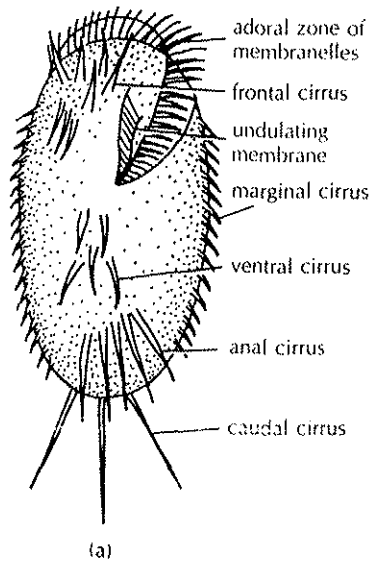
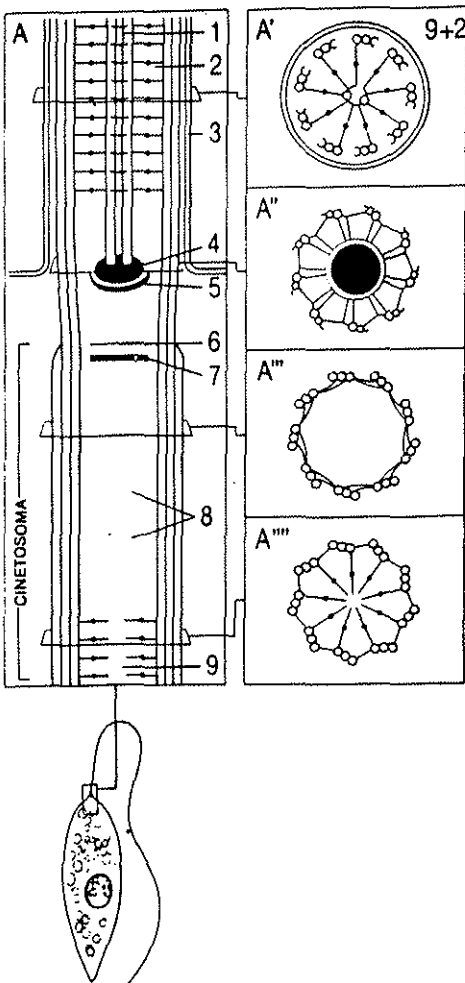
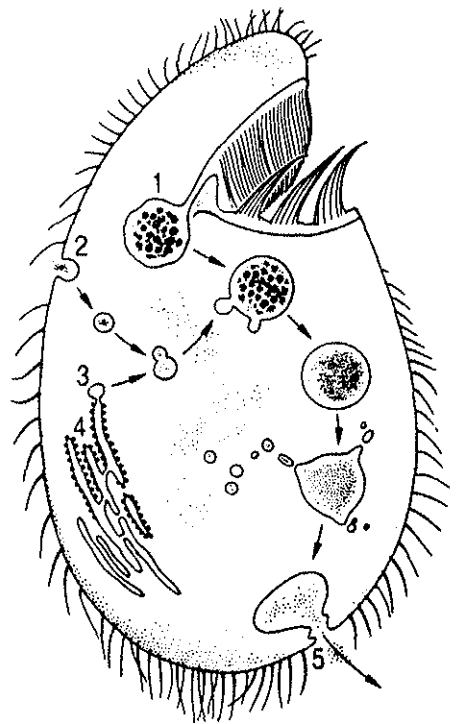


Figure 3.10

(a) *Stylonychia* sp., showing several ciliary organelles: undulating membranes, membranelles, and cirri.
(b) Diagrammatic illustration of membranelle structure.
(c) Diagrammatic representation of the structure of a single cirrus. Cirri typically contain between 24 and 36 individual cilia.



30 ESTRUCTURA DELS UNDULIPODIS O ÒRGANULS VIBRÀTILS EN ELS PROTOZOUS: A Tall longitudinal i talls transversals del flagel i el cinetosoma del flagel·lat *Leptomonas*: A tall longitudinal; A' tall transversal del flagel; A'' tall transversal de la zona de transició a l'altura del cinetosoma; A''' i A'''' talls transversals del cinetosoma a l'altura mitjana i a la zona de «cartwheel». B Esquema de l'axopodi de l'*Echinospaerium nucleofilum*; noteu, sota la membrana citoplasmàtica, els dos mitocondris i els grànuls. B' i B'' Disposició dels microtúbuls en seccions transversals. 1 Microtúbuls, 2 dobles de l'axonema, 3 membrana cel·lular, 4 axosoma, 5 septa, 6 placa addicional, 7 placa terminal, 8 grànuls axials, 9 eix del «cartwheel», 10 mitocondri, 11 grànul.
[Dibuix: Biopunt, a partir de fonts diverses]

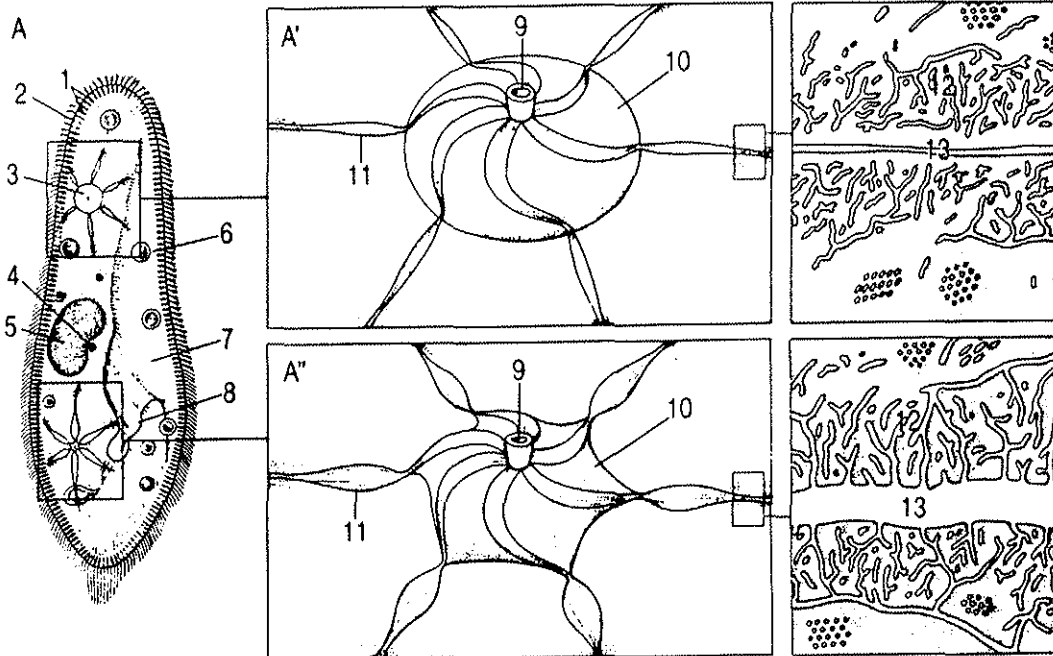


36 FORMACIÓ D'UN VACUOL DIGESTIU en un ciliat (*Tetrahymena pyriformis*). Paral·lelament a la formació del vacuol, les vesícules pinocítiques es fusionen amb els lisosomes i descarreguen després els enzims a l'interior del vacuol. Aquest entra llavors en la fase digestiva i seguidament les substàncies nu-

tritives s'escapen pel citoplasma per mitjà de petits vacuols; posteriorment les restes són expulsades a l'exterior de la cèl·lula. 1 Vacuol digestiu, 2 vesícula pinocítica, 3 lisosoma, 4 reticle endoplasmàtic rugós, 5 citopigi.
[Dibuix: Biopunt, a partir de fonts diverses]

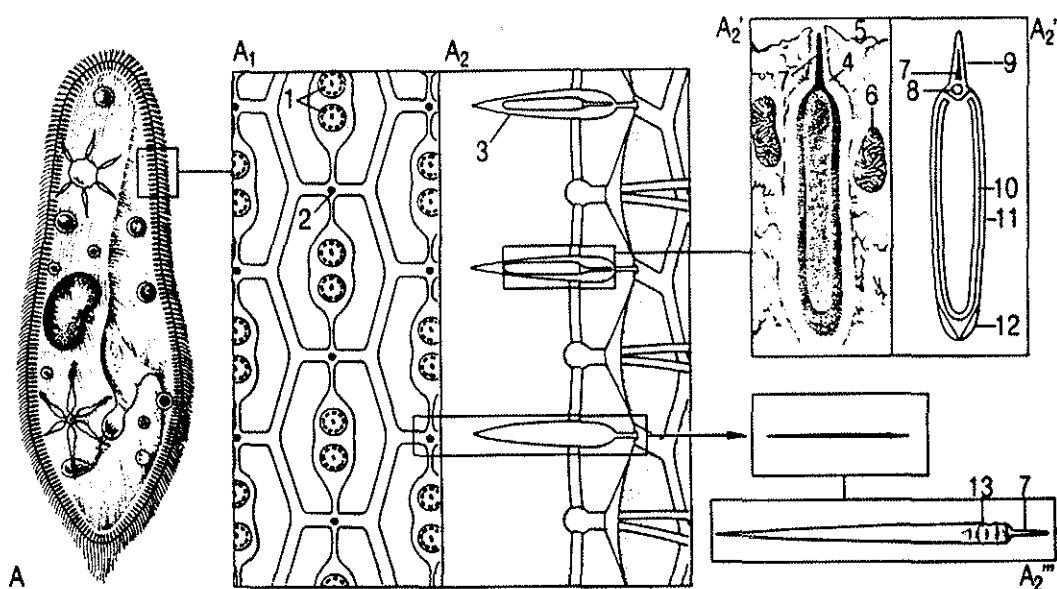
4

32 ESTRUCTURA I FUNCIONAMENT DELS VACUOLS PULSATILS EN UN PARAMECI (A): en el seu funcionament, el vacuol és ple de líquid en la fase de diàstole (A') i buit en la de sistole (A''). 1 Càpsules dels tricocists, 2 cilis, 3 vacuol pulsàtil o contràctil, 4 micronucli, 5 macronucli, 6 vacuol digestiu, 7 vestibul, 8 citostoma, 9 porus excretor, 10 dipòsit, 11 ampolla, 12 reticle endoplasmàtic, 13 canal radial. [Dibuix Biopunt, a partir de fonts diverses]



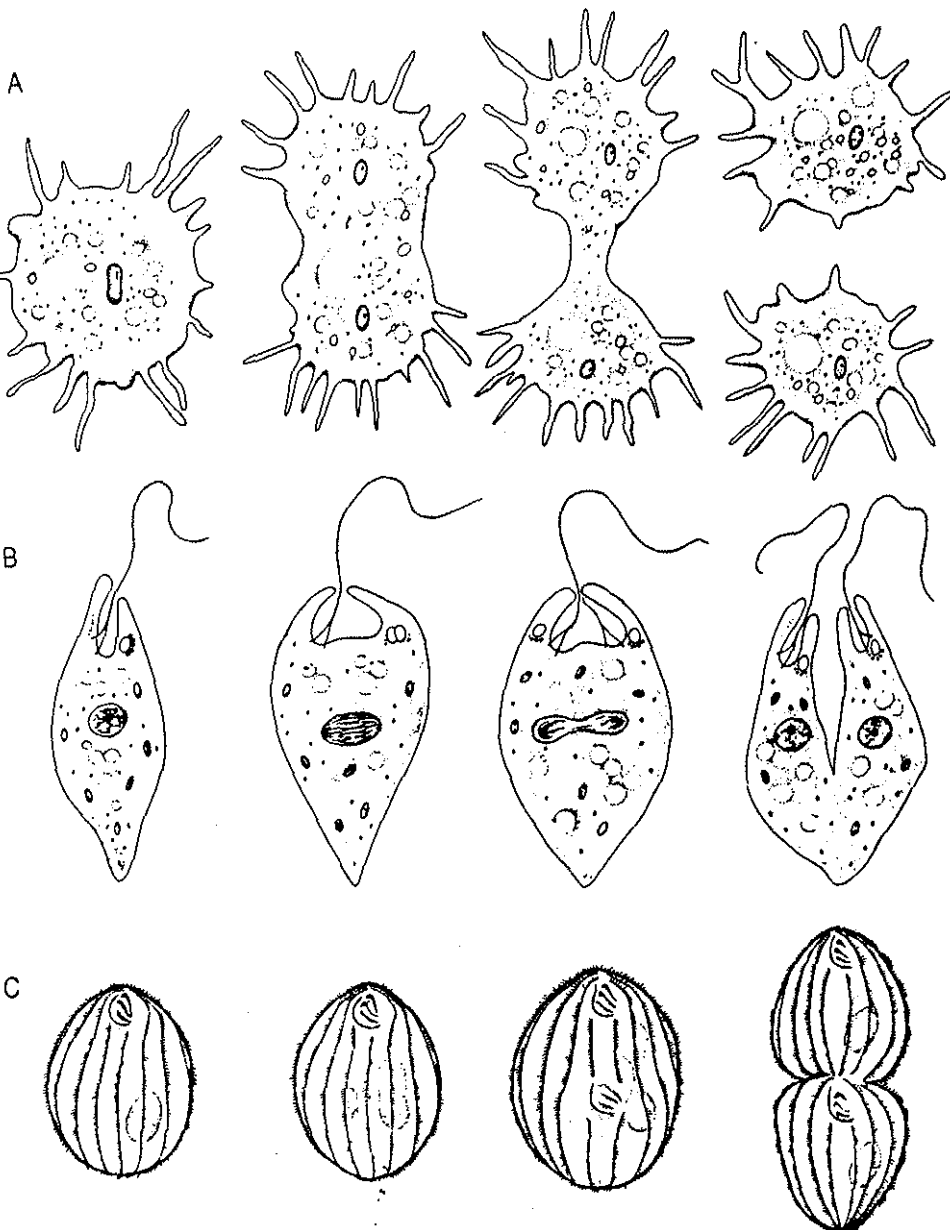
5

31 ESTRUCTURA DELS EXTRUSOMES (TRICOCISTS) EN UN PARAMECI. A₁, A₂ Esquemes de l'escorça ampliada del protozou, en secció transversal i longitudinal respectivament, per a veure com es distribueixen els porus dels tricocists (2) entre els cilis (1), i detalls de tricocists (en morat) continguts en l'escorça, abans de desaparèixer (A₂' i A₂''), i un cop disparats a l'exterior (A₂'''). Presentes en els protozous més grossos, els extrusomes es disparen per estímuls químics o mecànics, i aboquen a l'exterior el seu contingut. Hom ha assenyalat en el dibuix: 1 cilis, 2 porus del tricocist, 3 càpsula del tricocist, 4 vesícula, 5 plasmalemma, 6 mitocondri, 7 punta, 8 grànul, 9 extrem de la vesícula, 10 tija, 11 membrana, 12 membrana del tricocist, 13 estries. [Dibuix: Biopunt, a partir de fonts diverses]



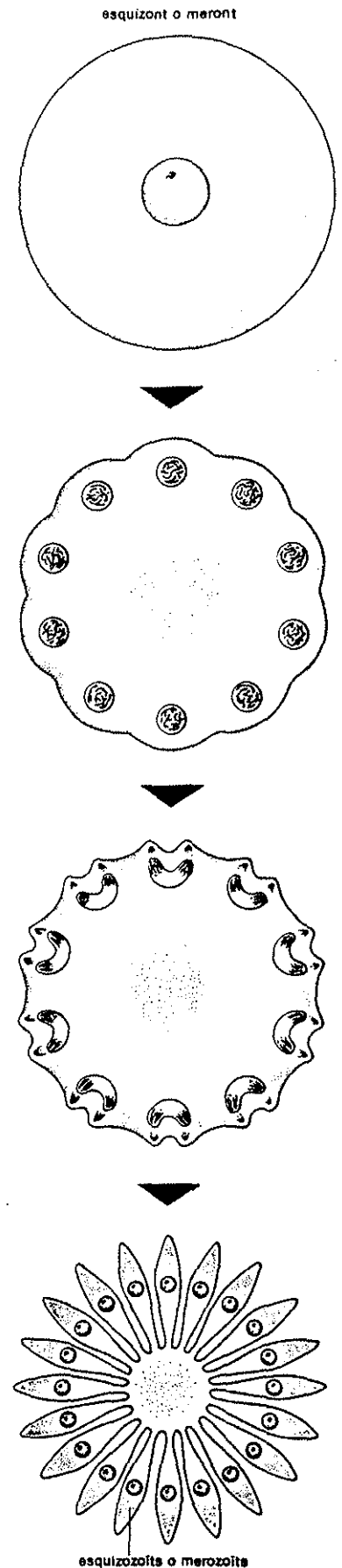
37 L'ESCISSIÓ BINÀRIA és el tipus de reproducció asexual més freqüent en els protozoous. El dibuix en recull tres casos diferents: A Escissió binària en les amebes (Amoeba); B escissió longitudinal en els flagel·lats (Euglena); C escissió transversal en els ciliats (Tetrahymena). [Dibuix: Biopunt, a partir de fonts diverses]

14



38 L'ESCISSIÓ MÚLTIPLE, també anomenada esquizogònia o merogònia, és un procés de reproducció asexual, típic dels esporozous i els foraminífers, pel qual, a partir d'una única cèl·lula mare (esquizont o meront) s'obtenen nombroses cèl·lules filles (esquizozoïts o merozoïts). [Dibuix: Biopunt, a partir de fonts diverses]

15



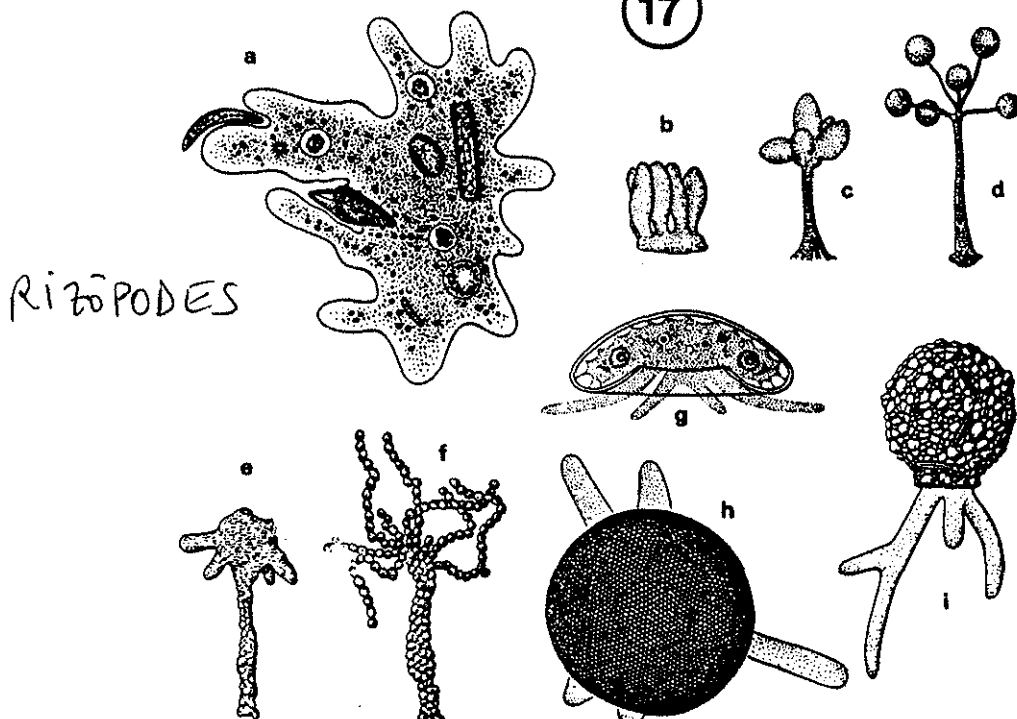
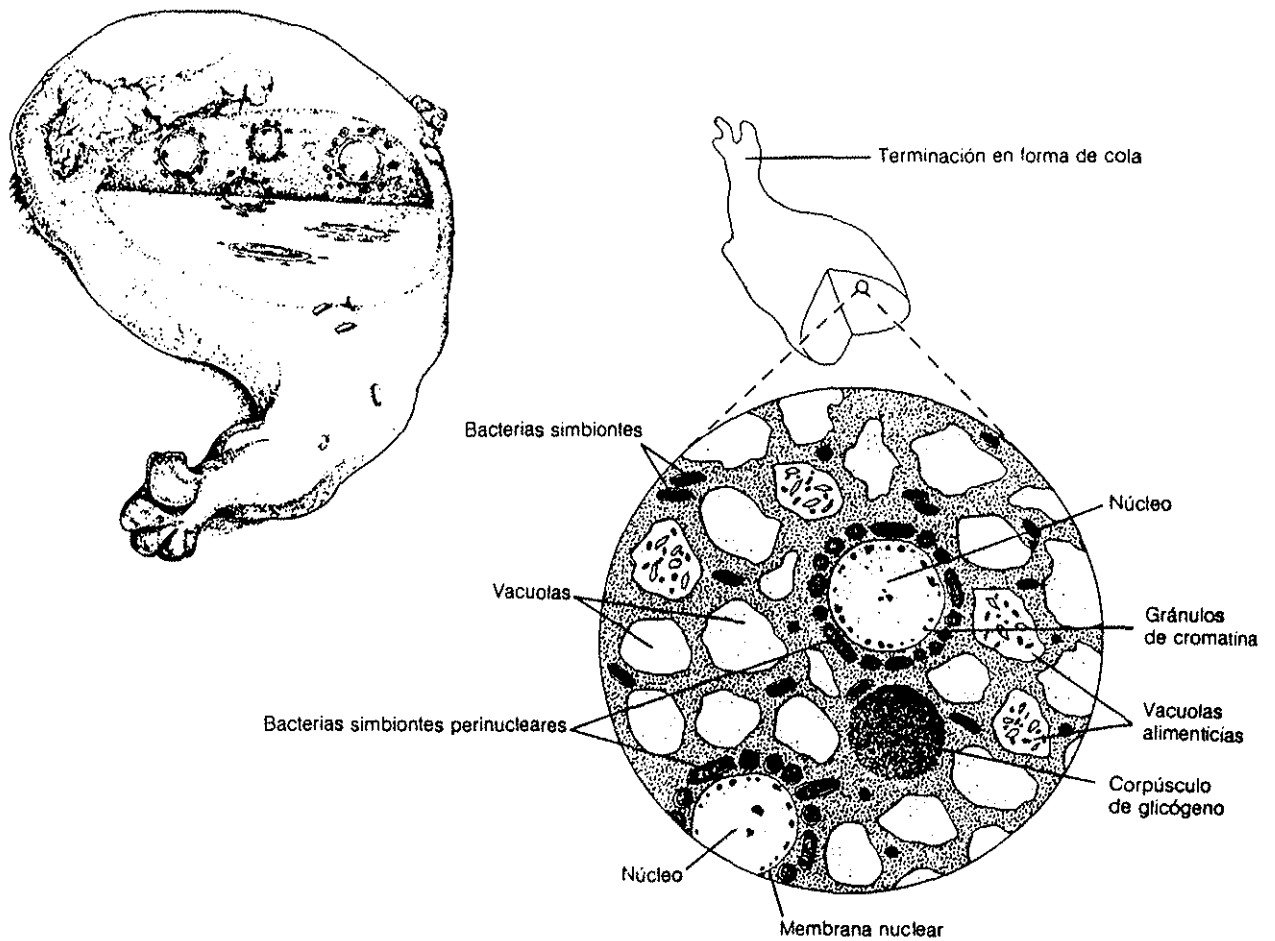
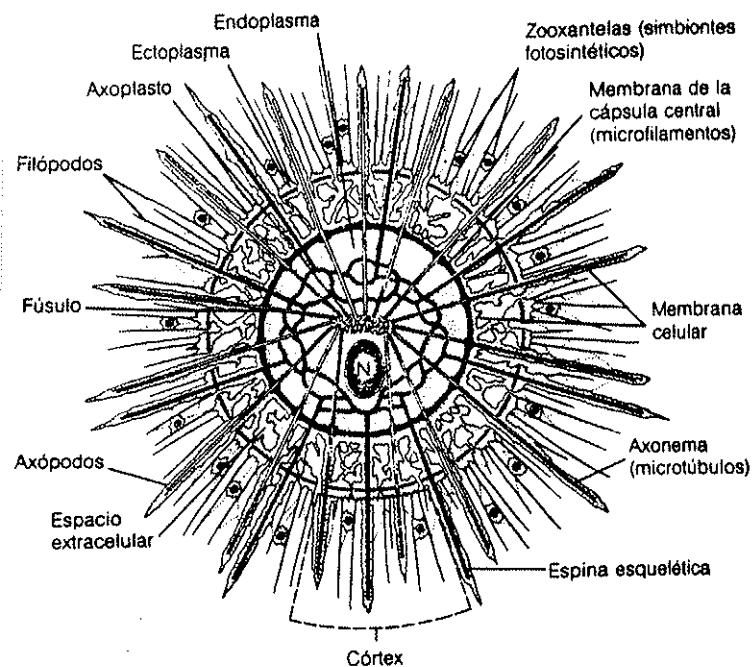


Fig. 12. Amoebina y Testacea. a. *Amoeba proteus* fagocitando diatomeas (a la izquierda); b-d. *Dityostelium polycephalum*, formación del esporóforo; e, f. *Acrasia rosea* forma un agregado pedunculado antes de enquistarse; g, h. *Arcella vulgaris*, corte y vista desde arriba; i. *Diffugia urceolata*. Según Grell, Kühn, Schmeil, Verhorn.

8

C Sección transversal de un actinópodo policistino. Líneas negras gruesas = esqueleto; área punteada = citoplasma; N = núcleo. (Dibujo de L. Meszoly; información de G. Merinfeld.)



ACTINÓPODES
RADIOLARIS

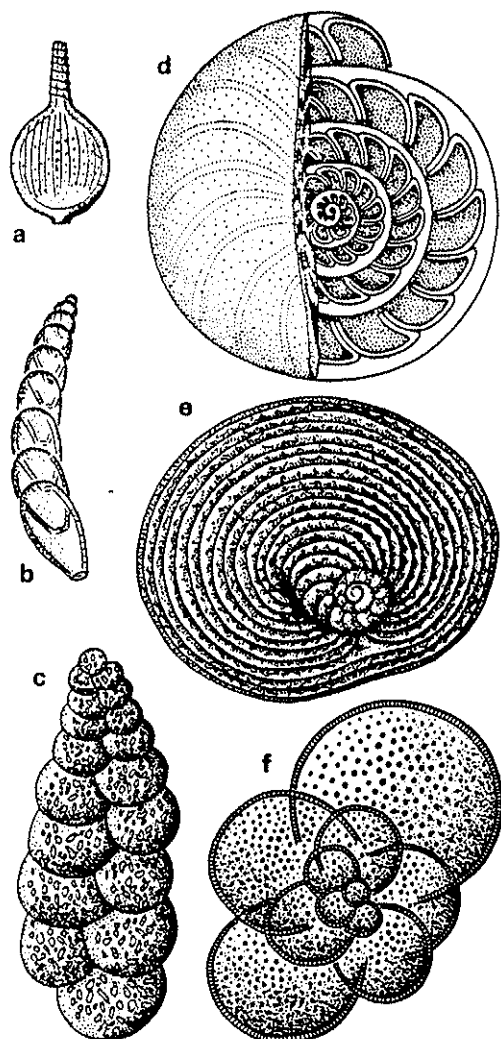
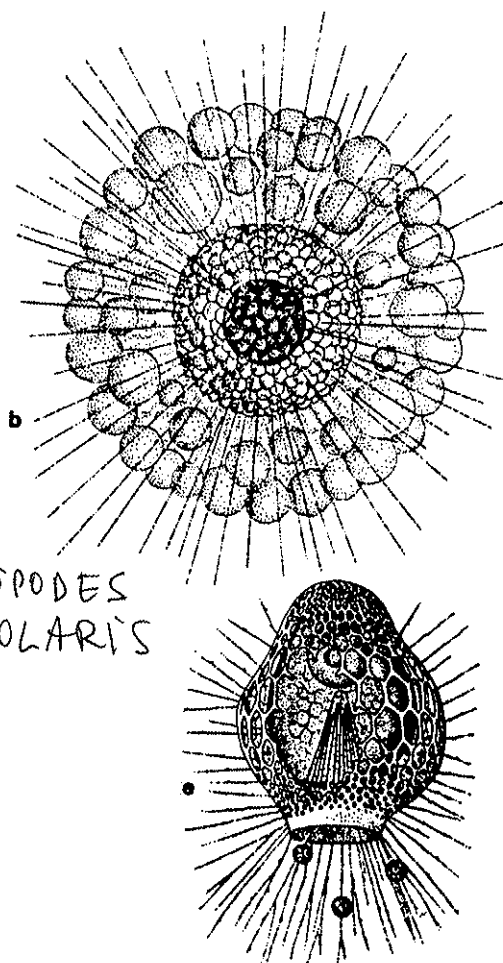


Fig. 15. Caparazones de foraminíferos. a. *Lagena*; b. *Nodosaria*; c. *Textularia*; d. *Nummulites*; e. *Orbitolites*; f. *Globigerina*. Según Kühn.

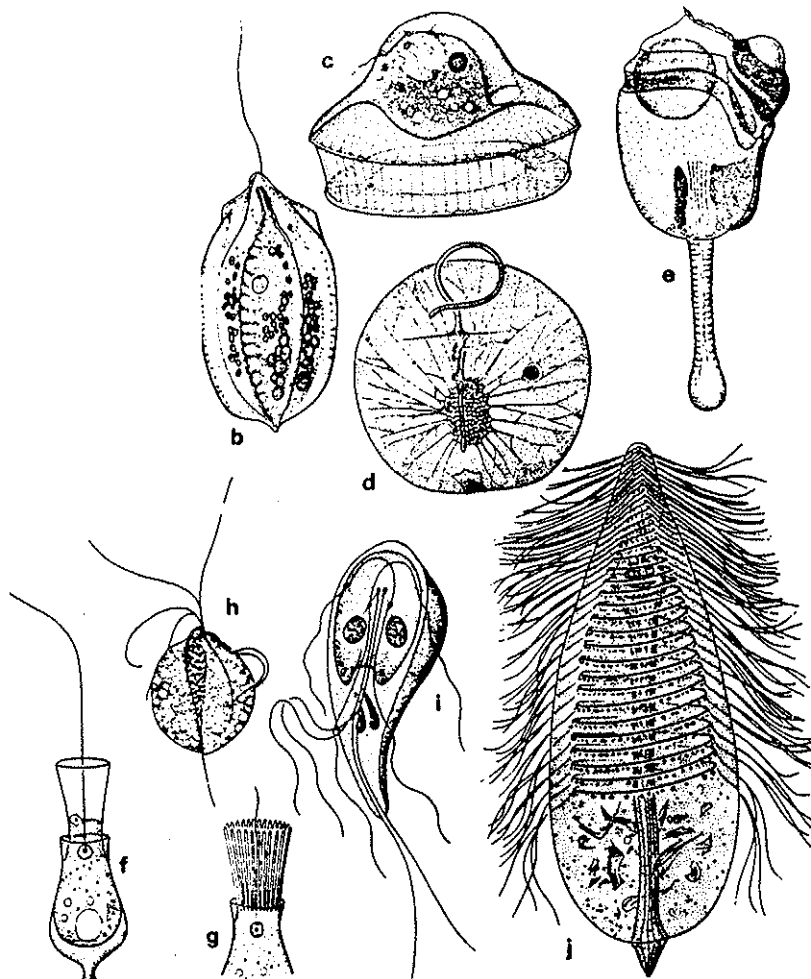
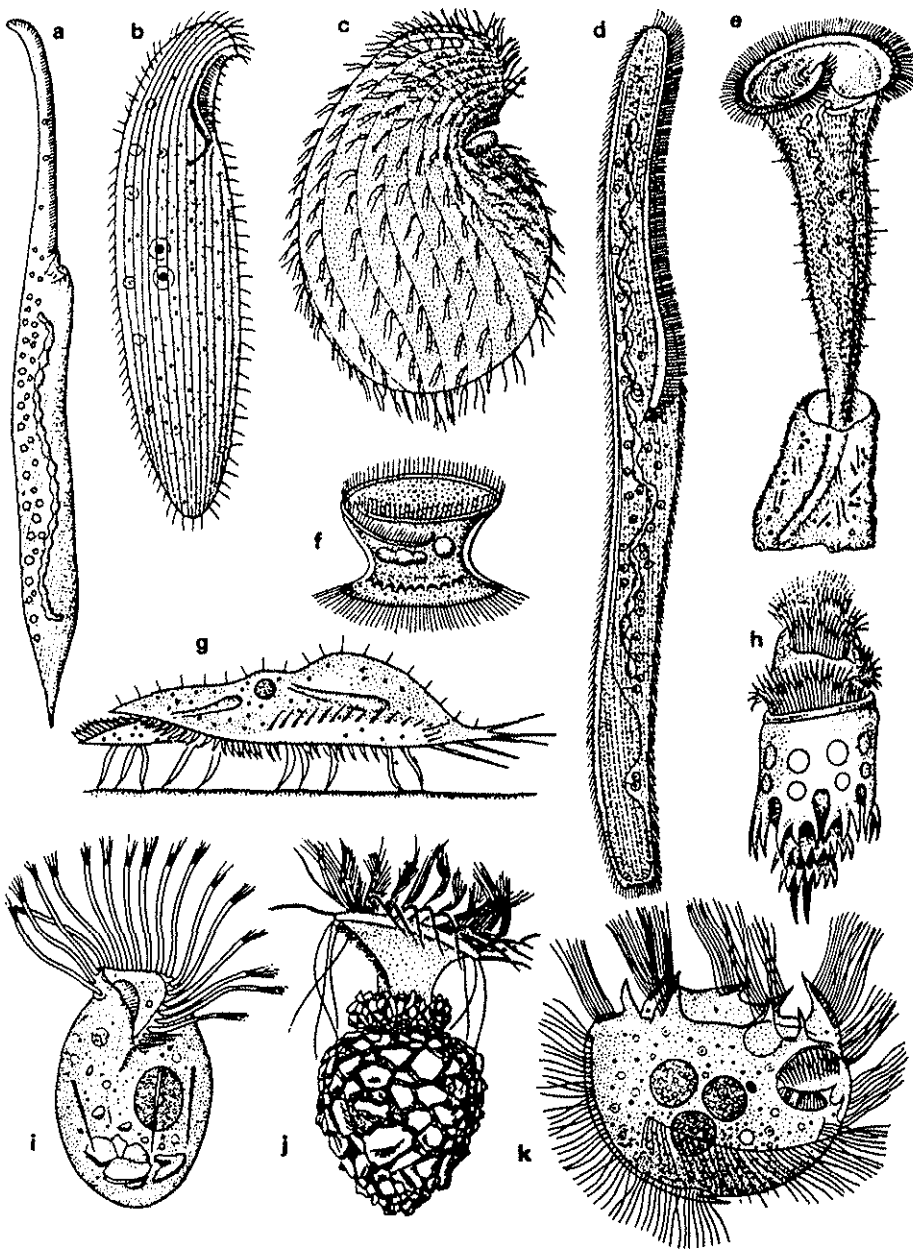


Fig. 8. Formas de flagelados. a. *Euglena spirogyra*; b. *Petalomonas hovassei*; c. *Craspedotella pileolus*; d. *Noctiluca miliaris*; e. *Erythroopsis pavillardi*; f. g. *Salpingoeca amphoroideum*, f. collar al microscopio electrónico, g. collar al microscopio electrónico; h. *Trichomonas vaginalis*; i. *Giardia lamblia* (*Lambia intestinalis*); j. *Spirotrichonympha bispira*. Según Burok, Cleveland, Grell, Kofoid, Leedale, Meese, Mignot, Pratje, Pringsheim, Rodenwaldt, Swezy, Westphal.



CNIDOSPORIDI

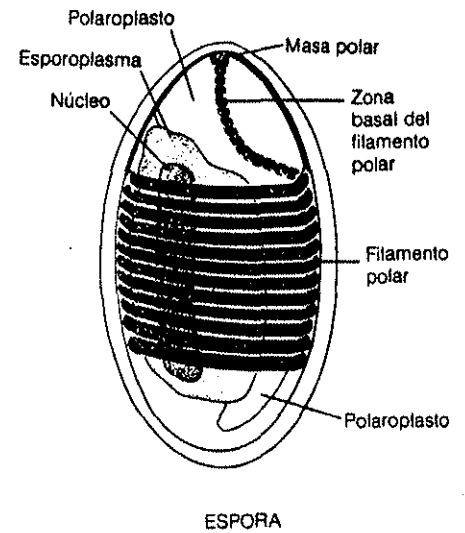
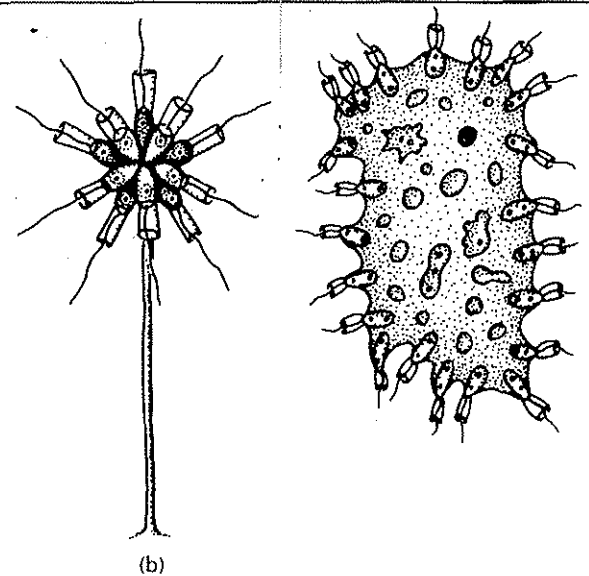
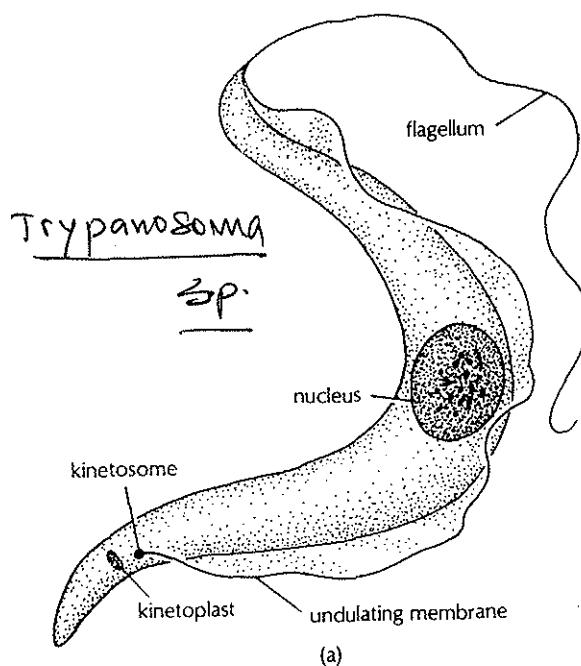


Fig. 22. Ciliados I. a. *Dileptus anser*; b. *Loxodes rostrum*; c. *Colpoda cucullus*; d. *Spirostomum ambiguum*; e. *Stentor roeseli*; f. *Trichodina pediculus*; g. *Stylonychia mytilus*; h. *Ophryoscolex purkinjei*; i. *Strombidium arenicole*; j. *Tintinnopsis ventricosa*; k. *Saprodinium dentatum*. Según Bütschli, Corliss, Dragesco, Grell, Hawes, Mackinnon, Stein.



Coanoflagelati colonials

ZOOASTIGINS (cont.)

Figura 8-24

Conjugación o reproducción sexual en *Paramecium caudatum*. **A**, individuos semejantes (conjugantes) se ponen en contacto, adosados por su superficie oral; sus micronúcleos se preparan para la división. **B y C**, los micronúcleos se dividen dos veces, por meiosis (se forman cuatro núcleos haploides en cada conjugante). **D**, de los núcleos formados degeneran tres, y el restante, en cada uno de los conjugantes, se divide para dar un pronúcleo «masculino» y otro «femenino». **E**, los conjugantes intercambian sus correspondientes pronúcleos masculinos. **F**, en cada conjugante se fusionan los pronúcleos masculino y femenino para formar un sincarion (diploide); ahora los conjugantes se separan (ex conjugantes). **G a I**, en cada ex conjugante el sincarion se divide tres veces para formar ocho micronúcleos; el macronúcleo viejo gradualmente es reabsorbido. **J**, cuatro de los micronúcleos se transforman en macronúcleos; tres son reabsorbidos, el otro queda preparado para dividirse cuando lo haga el citosoma. **K a L**, el micronúcleo se divide dos veces, lo mismo que el citosoma; cada una de las cuatro células hijas resultantes recibe un micronúcleo y uno de los cuatro macronúcleos.

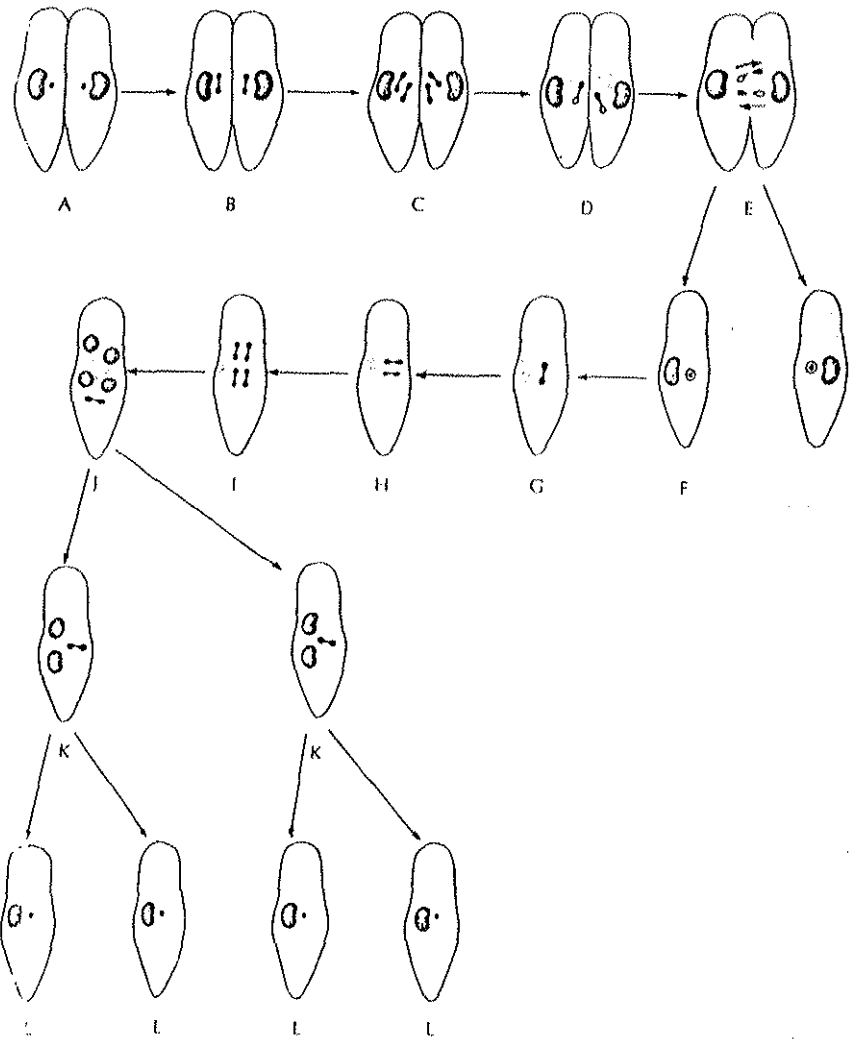
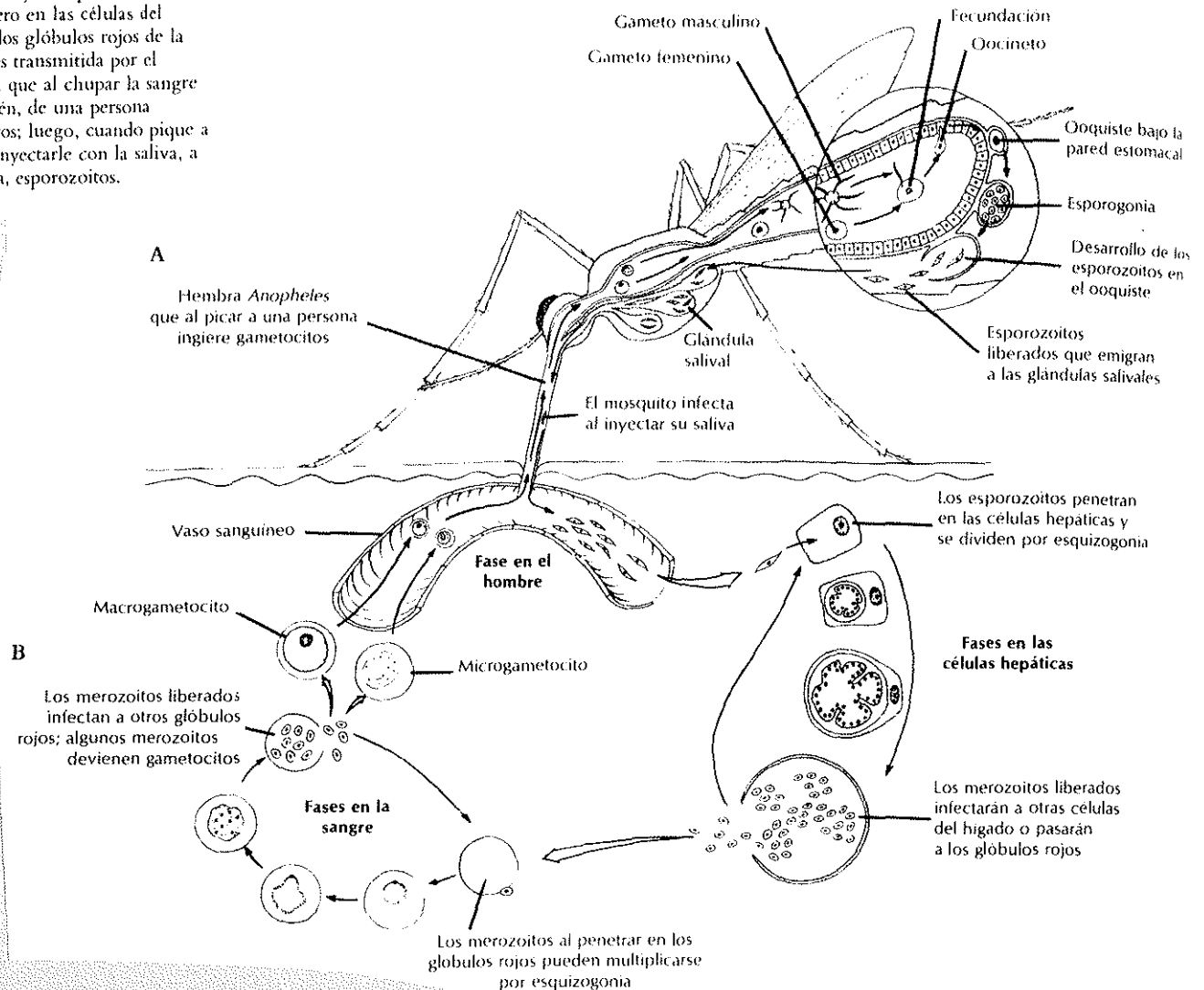


Figura 8-17

Ciclo vital de *Plasmodium vivax*, uno de los protozoos (clase *Sporozoa*) que provoca la malaria humana. **A**, fase asexual, que produce los esporozoitos en el cuerpo del mosquito. La meiosis tiene lugar inmediatamente después de la formación del cigoto (meiosis cigótica). **B**, los esporozoitos infectan a las personas y se reproducen asexualmente, primero en las células del hígado, después en los glóbulos rojos de la sangre. La malaria es transmitida por el mosquito *Anopheles*, que al chupar la sangre puede ingerir también, de una persona infectada, gametocitos; luego, cuando pique a otra víctima podrá inyectarle con la saliva, a través de la picadura, esporozoitos.



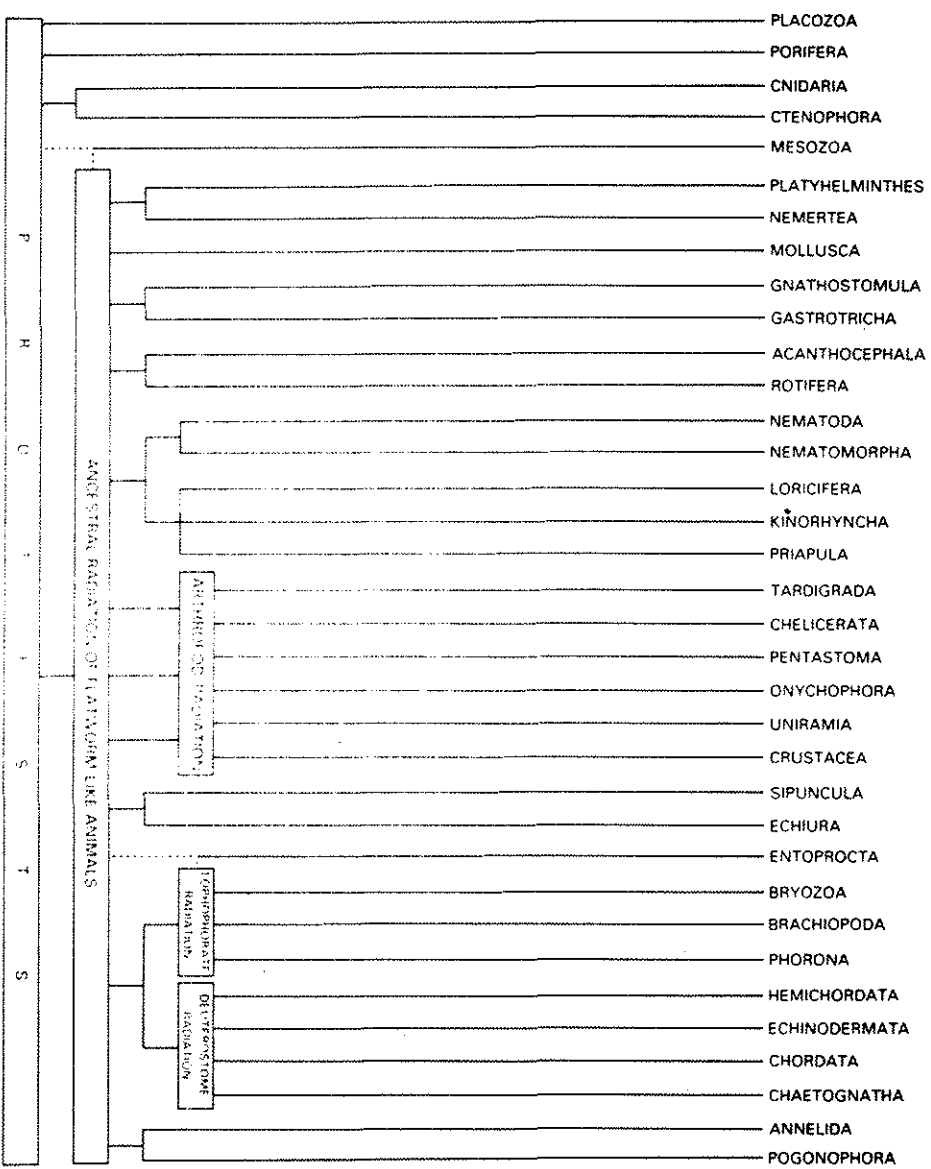
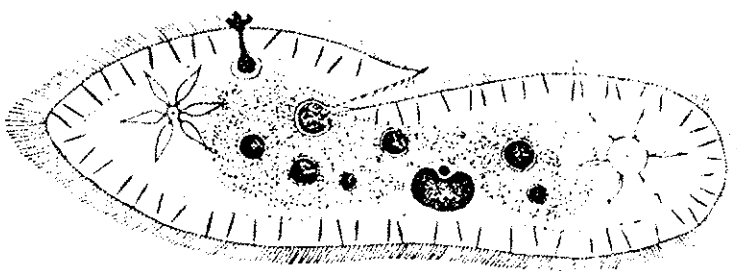
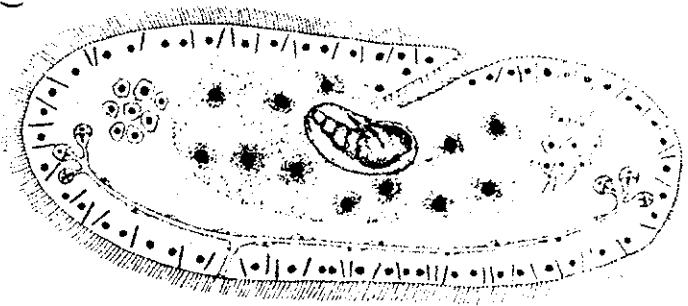


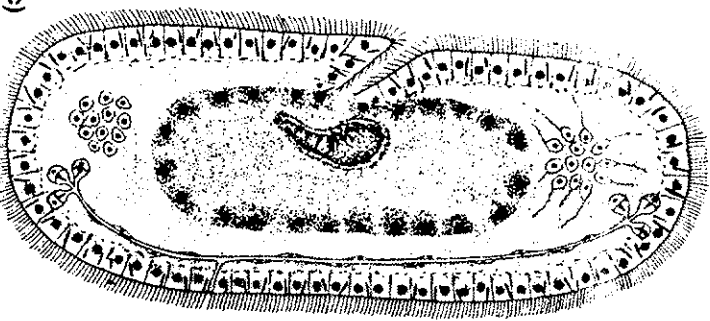
Fig. 16. The radiations which produced the living animal phyla



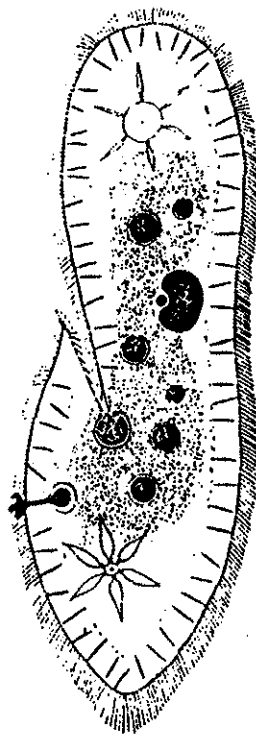
(b)



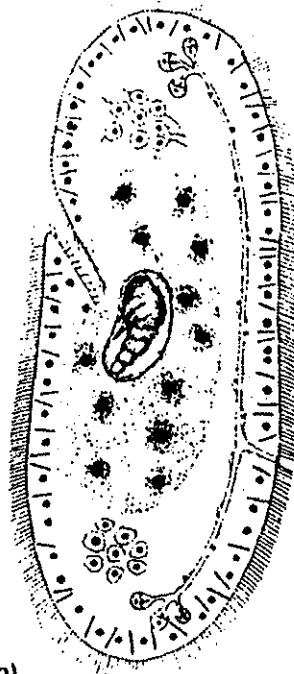
(c)



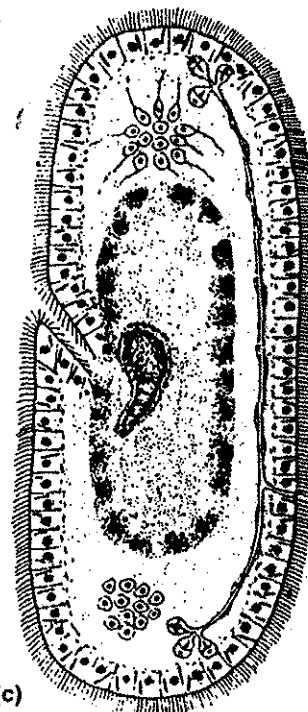
Hypothetical transformation of a ciliated protozoan (a) into a primitive turbellarian metazoan (c). (Adapted from Hadzi.)



(b)



(c)



Hypothetical transformation of a ciliated protozoan (a) into a primitive turbellarian metazoan (c). (Adapted from Hadzi.)

Tabla 7-2 Bases para la distribución entre las grandes subdivisiones de los animales bilaterales*

Protóstomos	Deuteróstomos
Boca formada a partir del blastoporo, sobre él o en sus proximidades Ano de neoformación	Boca de neoformación, a partir del estomodeo
Segmentación (del huevo) principalmente en espiral; la metamería (en el adulto) afecta a todos los sistemas orgánicos Embriogenia determinada (en mosaico) En los grupos que tienen celoma, éste se forma por fragmentación de bandas mesodérmicas; esquizocelia Endomesodermo generalmente a partir de un blastómero peculiar, llamado 4d	Ano formado a partir del blastoporo o en sus proximidades Segmentación (del huevo) casi siempre radial; la metamería del adulto afecta sólo a los miotomos. Embriogenia generalmente indeterminada Todos son celomados, cuyo celoma se forma por fusión de bolsas enterocélicas (excepto en los cordados, que son esquizocélicos) Endomesodermo formado a partir de evaginaciones enterocélicas (excepto en los cordados)
Incluye los filos Plelmintos, Rinocelos, Anélidos, Moluscos, Artrópodos y unos pocos filos menores	Incluye los filos Equinodermos, Hemincordados, Quetognatos y Cordados

* Los embriones de muchos de los representantes más evolucionados de cada grupo pueden tener algunas o todas estas características más o menos oscurecidas o las han perdido.

Reino Protozoos (*Protozoa*) (unicelulares): filos de protozoos.

Reino Metazoos (*Metazoa*) (pluricelulares): todos los restantes filos.

Rama A (*Mesozoa*): filo Mesozoa; los mesozoaos.

Rama B (*Parazoa*): filo Poríferos; las esponjas.

Rama C (*Eumetazoa*): todos los filos restantes.

Diblastics - Grado I (*Radiata-Radiados*): filos: Cnidarios, Ctenóforos.

Grado II (*Bilateria-Bilaterales*): todos los demás filos.

División A (*Protostomia*): características en la tabla 7-2.

Acelomados: filos: Plelmintos, Rinocelos (Nemertinos).

Pseudocelomados: filos: Rotíferos, Gastrotricos, Kinorincos, Gnatostomúlidos, Nematodos, Nematomorfos, Acantocéfalos, Entoproctos.

Eucelomados: filos: Moluscos, Anélidos, Artrópodos, Priapulidos, Equitridos, Sipuncúlidos, Tardigrados, Pentastómidos, Onicóforos, Pogonóforos, Foronídeos, Ectoproctos, Braquiópodos.

División B (*Deuterostomia*): características en la tabla 7-2.

Filos: Equinodermos, Quetognatos, Hemincordados (o Estomocordios), Cordados.

Triblastics