Lezione 6

«Nulla ha senso in biologia se non è visto alla luce della teoria dell'evoluzione».
Theodosius Dobzhansky

L'emergere progressivo nel corso dell'evoluzione di strutture sempre più complesse e fornite di reti di meccanismi di regolazione

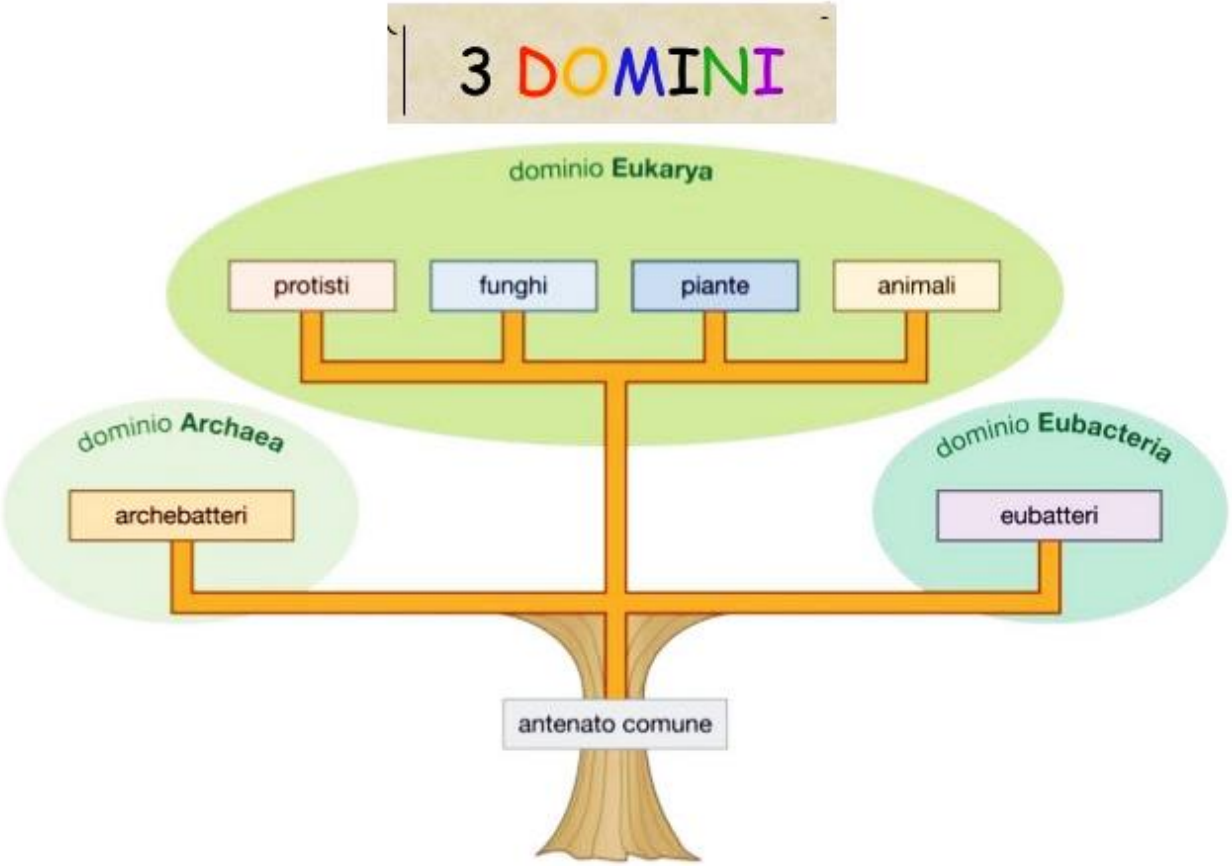
La definizione di essere vivente di Pietro Omodeo

"Un essere vivente è un **sistema cellulare aperto, autoriproducibile**, attraversato da **flussi autoregolati di materia, di energia e di informazione** che ne consentono la crescita, lo sviluppo e la **conservazione dello stato stazionario**. Per queste loro caratteristiche **le popolazioni** dei viventi **sono in grado di evolversi nel tempo** adeguandosi alle mutevoli condizioni ambientali".

I tre domini

Tutti gli organismi viventi possono essere suddivisi in tre domini fondamentali: **Archibatteri o Archei, Eubatteri, Eucarioti.**
I primi due domini comprendono gli organismi procarioti (precedentemente classificati come regno Monere); l'ultimo gli organismi eucarioti.

Classificazione moderna in

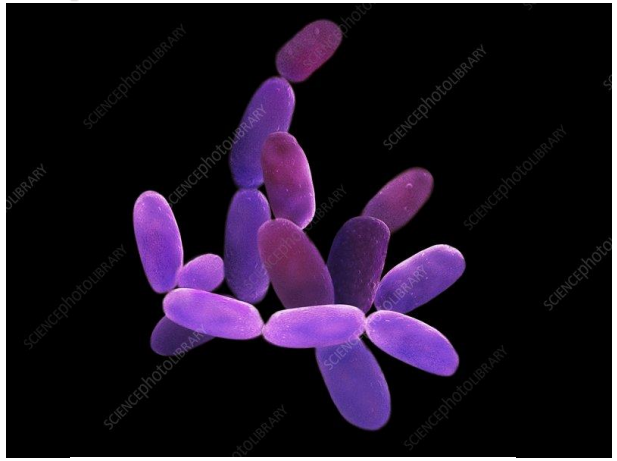


I tre domini e i quattro regni degli eucarioti

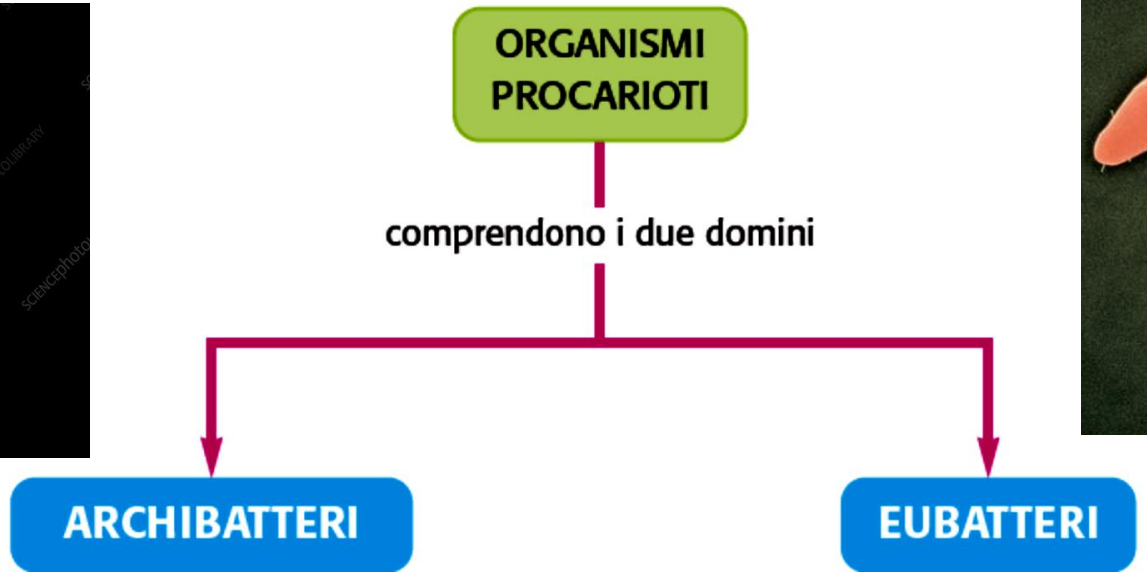
	Procarioti	Eucarioti			
	Archibatteri ed eubatteri	Protisti	Piante	Funghi	Animali
Cellula	procariote	eucariote	eucariote	eucariote	eucariote
Numero di cellule	unicellulari	unicellulari o pluricellulari	pluricellulari	unicellulari o pluricellulari	pluricellulari
Metabolismo	autotrofi o eterotrofi	autotrofi o eterotrofi	autotrofi	eterotrofi	eterotrofi
Nutrizione	assorbimento	assorbimento	assorbimento	assorbimento	ingestione
Esempi	batteri cianobatteri batteri metanogeni batteri alofili estremi, batteri termoacidolifi	protozoi alghe	muschi conifere (pino) piante a fiore	lieviti funghi superiori	spugne, molluschi, artropodi, anellidi, echinodermi, cordati

Archibatteri ed eubatteri: due domini di procarioti

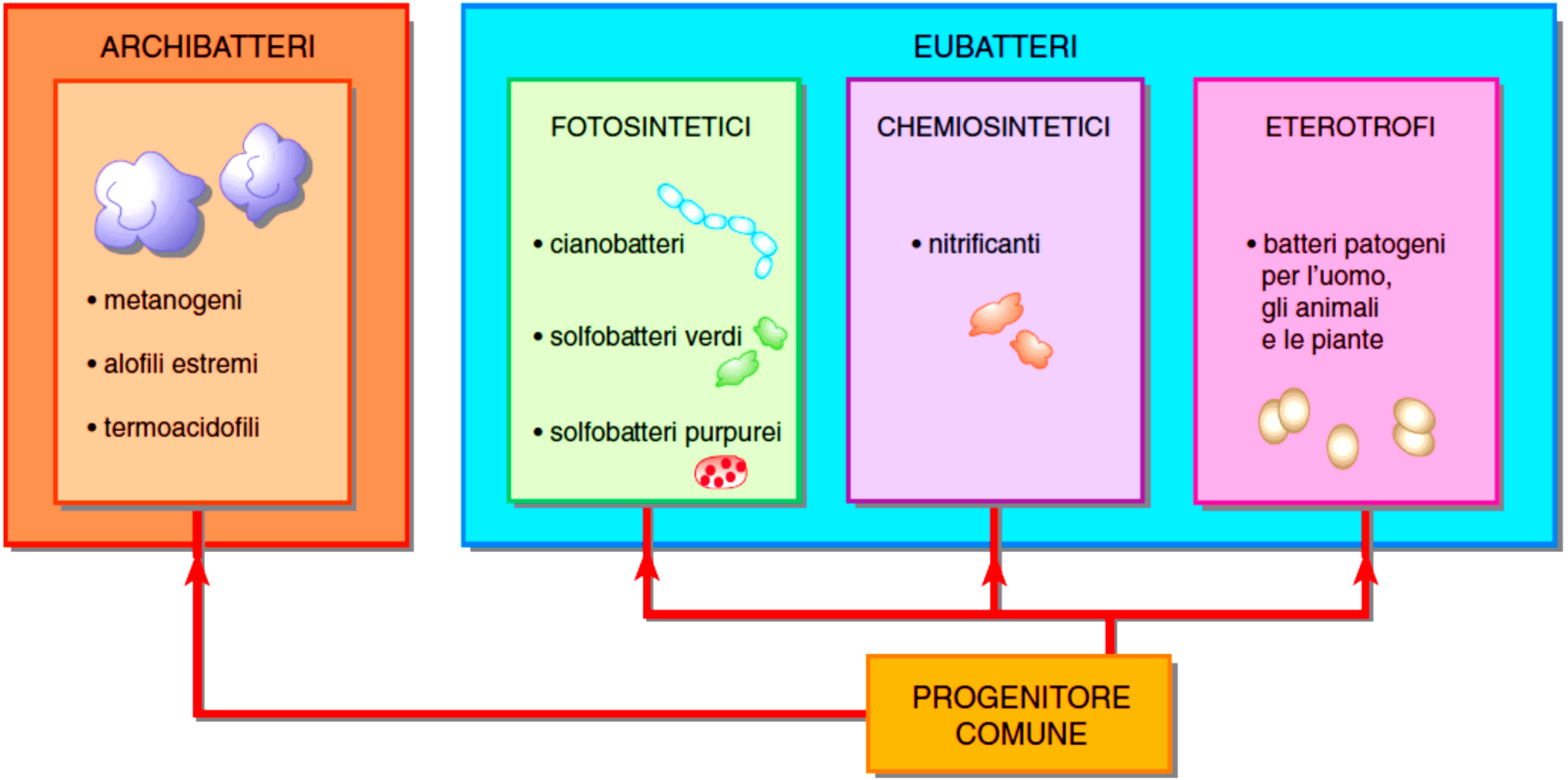
Gli organismi procarioti si suddividono nei due domini degli **Archei** o **Archibatteri** e degli **Eubatteri** comparsi in successione sulla Terra già nel corso del suo primo miliardo di anni di vita. Tale suddivisione è stata adottata in seguito alla scoperta del biologo statunitense **Carl Woese** (1928-2012) che nel 1977, esaminando le caratteristiche biochimiche dei procarioti, notò che gli Archibatteri, considerati fino ad allora come batteri meno evoluti degli Eubatteri, presentavano in realtà maggiori somiglianze con gli eucarioti.



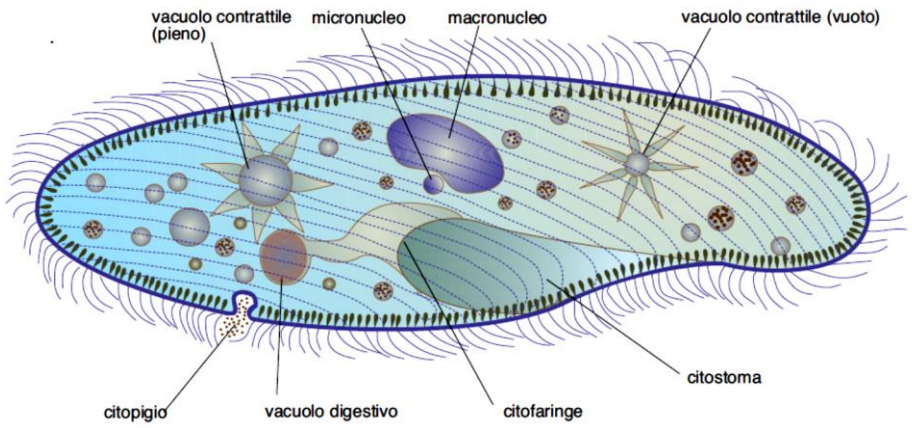
Halobacterium, un archibattere



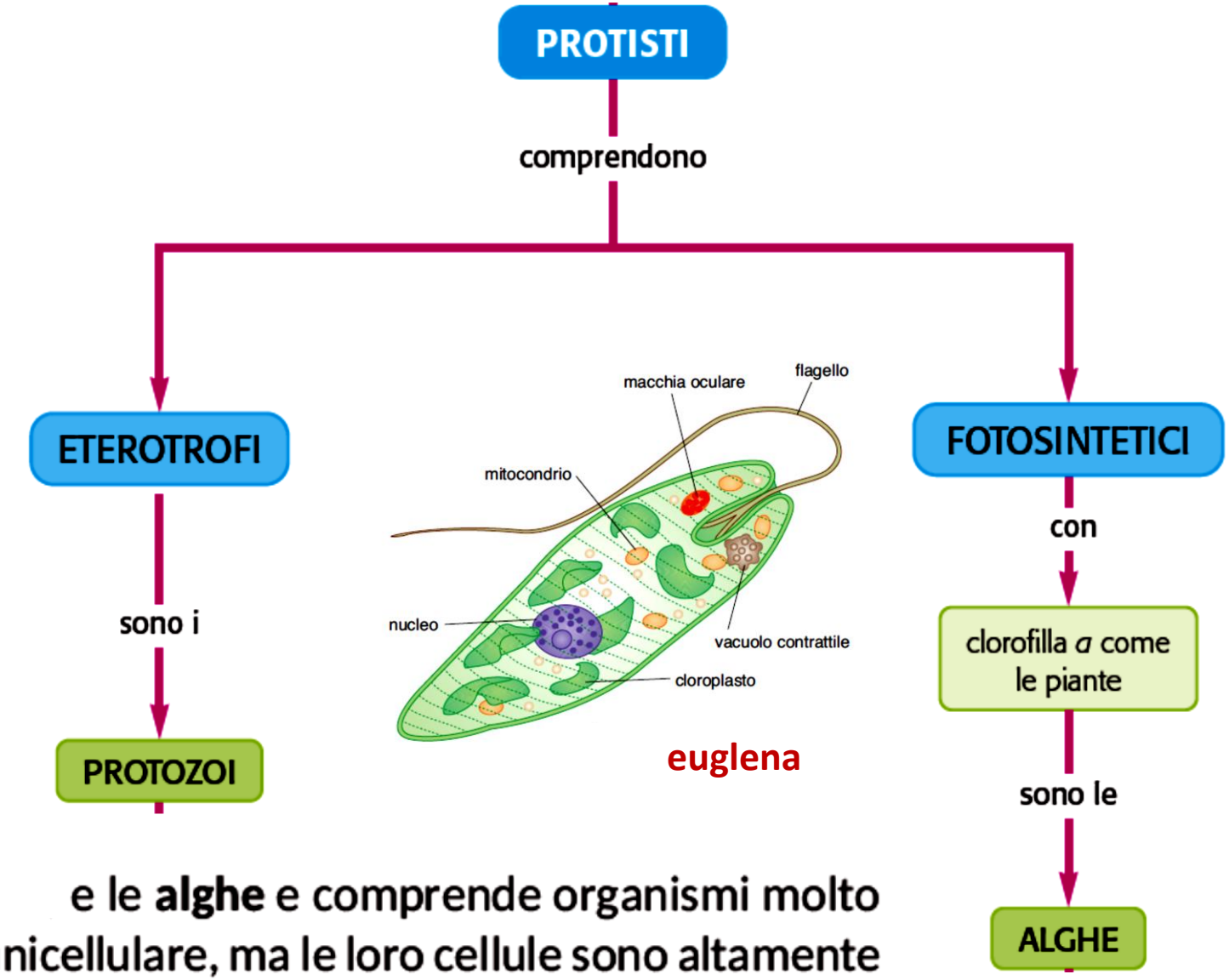
battere del tetano, un eubattere


ARCHIBATTERI
• metanogeni
• alofili estremi
• termoacidofili
EUBATTERI
FOTOSINTETICI
• cianobatteri
• solfobatteri verdi
• solfobatteri purpurei
CHEMIOSINTETICI
• nitrificanti
ETEROTROFI
• batteri patogeni per l'uomo, gli animali e le piante
PROGENITORE COMUNE

Il regno protisti: i primi eucarioti



paramecio



euglena

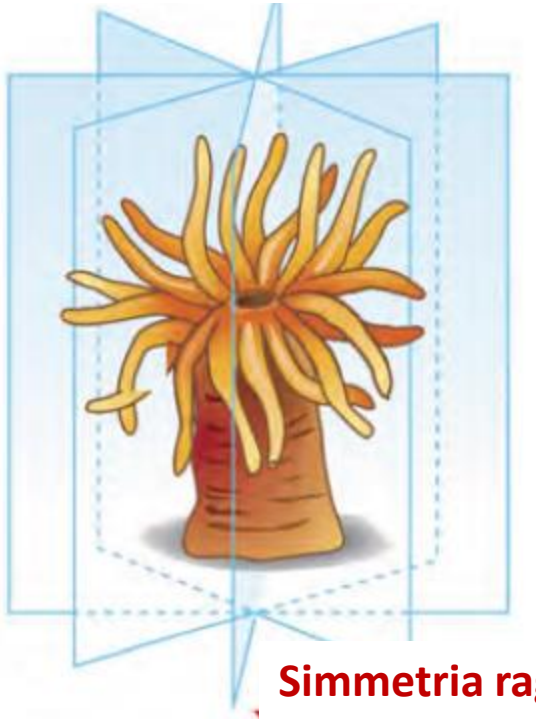
Il regno **Protisti** include i **protozoi** e le **alghe** e comprende organismi molto diversi tra loro. La maggior parte di essi è unicellulare, ma le loro cellule sono altamente specializzate.

Il regno funghi

FUNGHI — sono → eucarioti uni- o pluricellulari, eterotrofi che si nutrono per assorbimento

Il regno animale: eterotrofi che ingeriscono il cibo

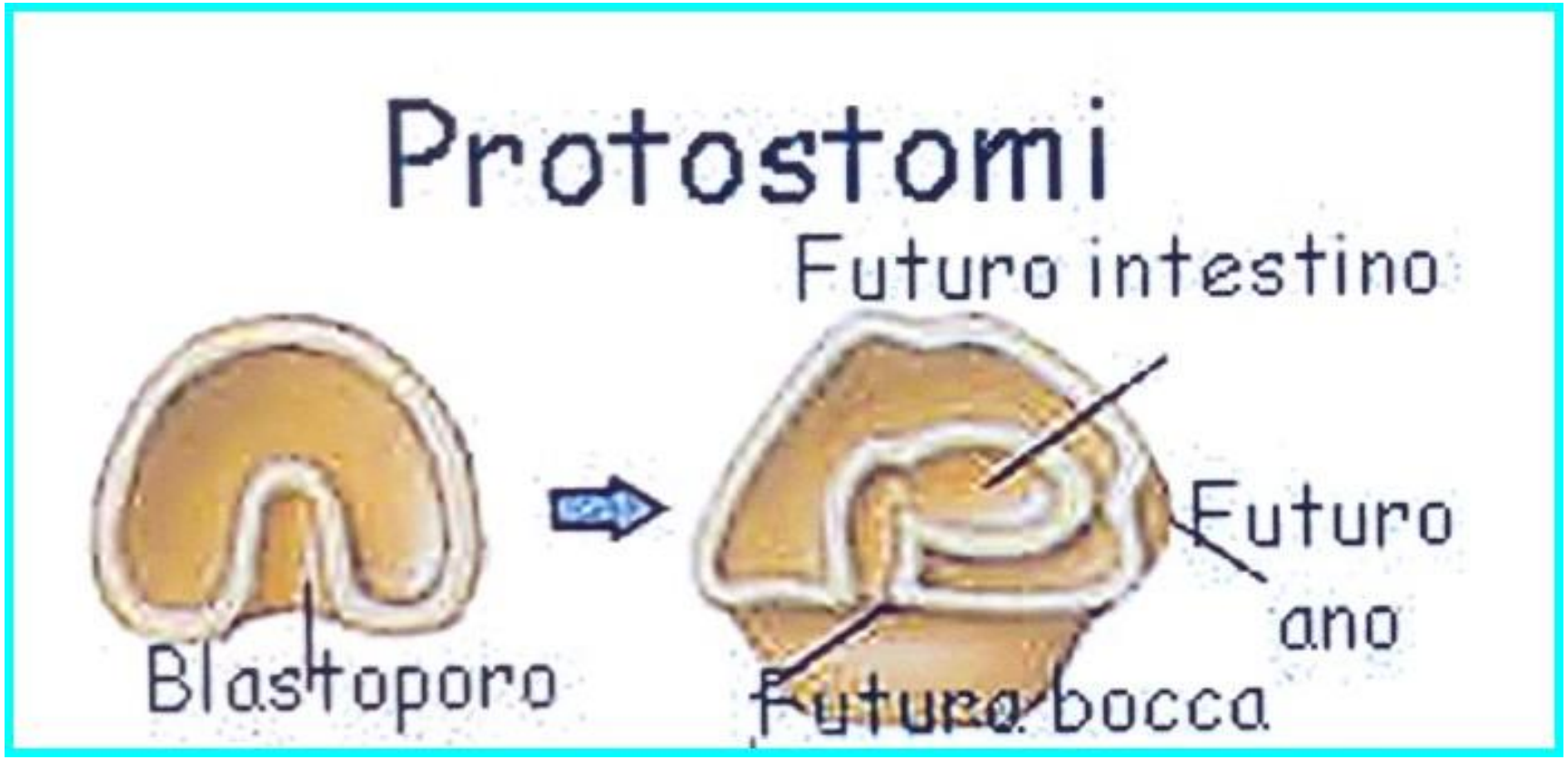
Gli Animali si suddividono in **protostomi**, se l'apertura dell'intestino embrionale dà origine alla bocca, e in **deuterostomi**, se la bocca si forma *ex novo* e l'apertura dell'intestino embrionale dà origine all'ano. Inoltre gli animali possono essere a simmetria raggiata, quando una serie di piani passanti per l'asse centrale del corpo divide l'organismo in due metà speculari (▶ Figura 10); o a **simmetria bilaterale**, quando un solo piano consente di dividere il corpo dell'animale in due metà che sono l'una l'immagine speculare dell'altra (▶ Figura 11).



Simmetria raggiata

Simmetria bilaterale

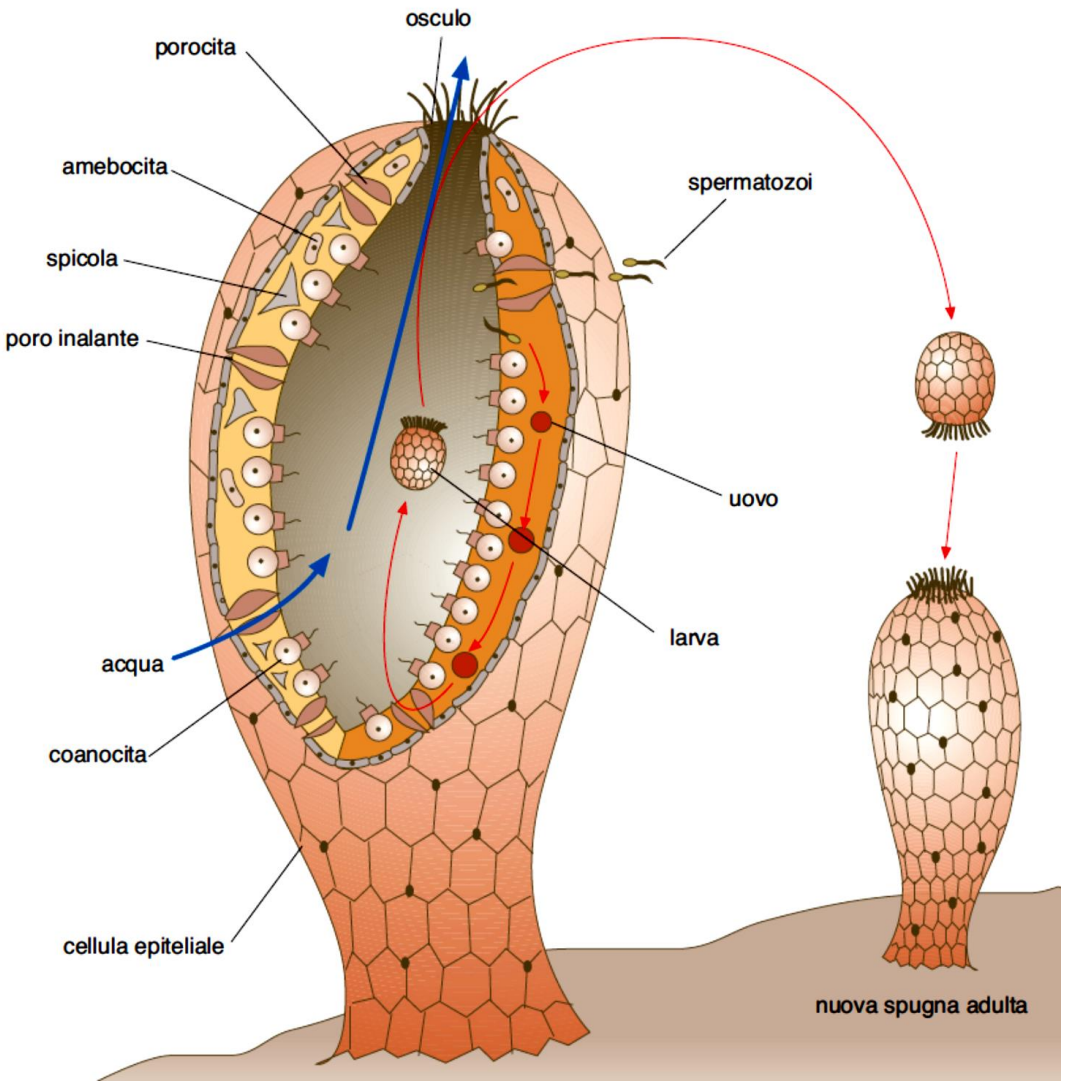
La linea evolutiva dei protostomi



A quale livello di organizzazione ci situiamo?

Il livello cellulare: i poriferi

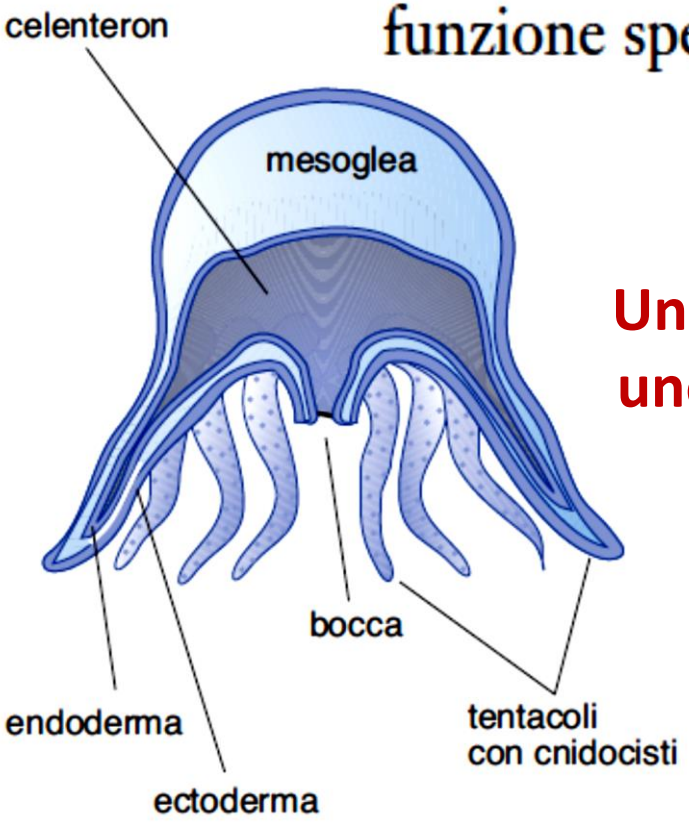
Mentre negli organismi unicellulari tutte le funzioni devono necessariamente essere svolte all'interno di un'unica cellula, negli animali pluricellulari tra le diverse cellule si instaura una divisione del lavoro. Secondo Cockrum e McCauley, due zoologi statunitensi, in essi è possibile riconoscere quattro differenti livelli di divisione del lavoro. Il primo è il **livello cellulare** ed è presente nei poriferi, i cui individui sono costituiti da gruppi di cellule semplicemente associate. A tale livello le singole cellule conservano la capacità di sopravvivere anche se separate dalle altre



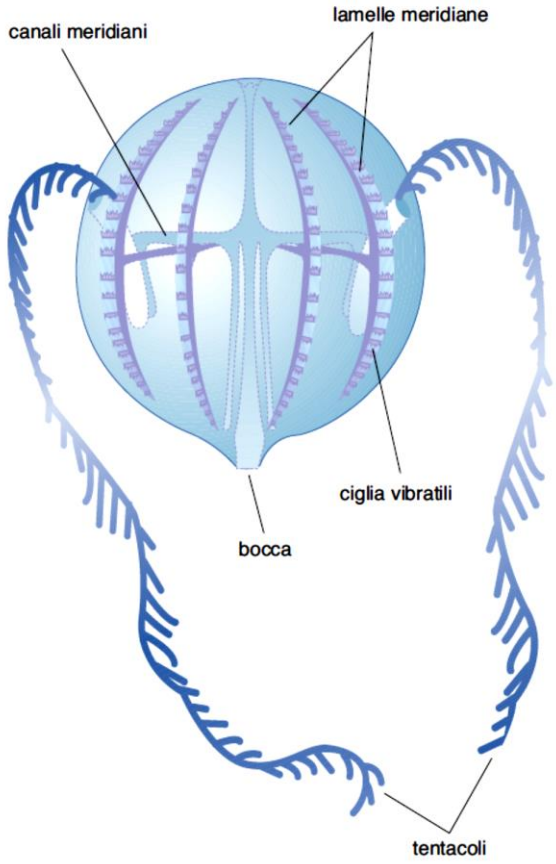
Una spugna

Il livello tessutale: cnidari e ctenofori

Il secondo livello è quello **tessutale** e compare negli cnidari e negli ctenofori, animali caratterizzati dalla formazione di tessuti costituiti da cellule simili strettamente associate per svolgere una funzione specifica.

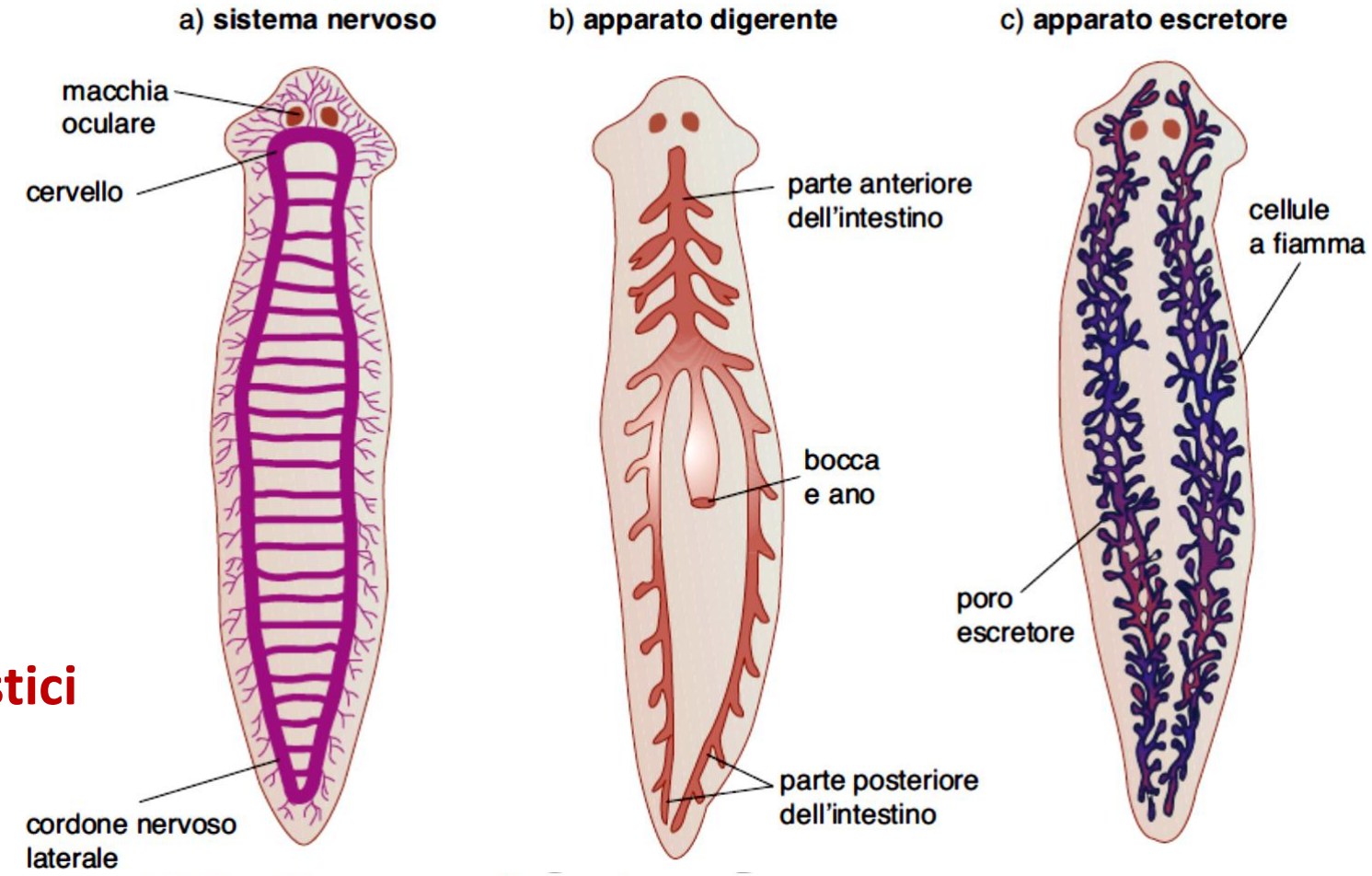


Una medusa (a sinistra) e uno ctenoforo (a destra): diblastici



Il livello organico: platelminti

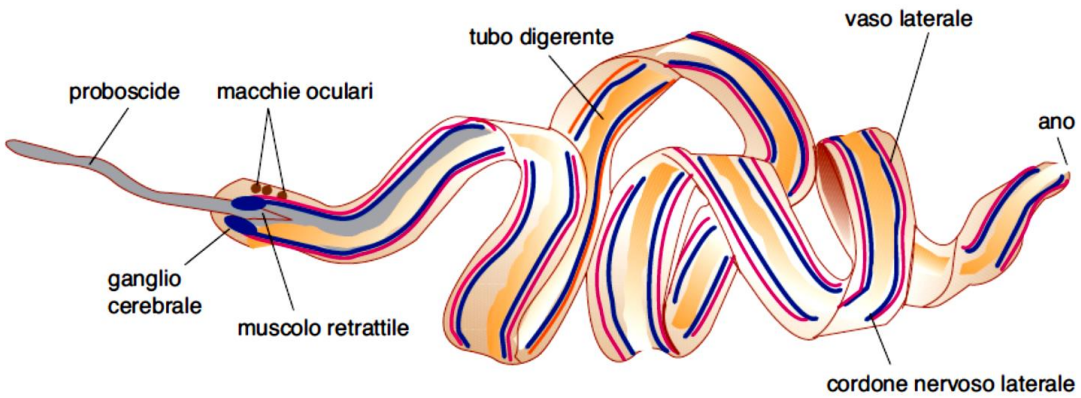
La planaria: aprocti triblastici



Il livello **organico** si presenta per la prima volta nei platelminti, un gruppo probabilmente evolutosi dalla larva planula dei celenterati, e consiste nell'associazione di diversi tipi di tessuti per costituire un organo deputato a svolgere una funzione più complessa.

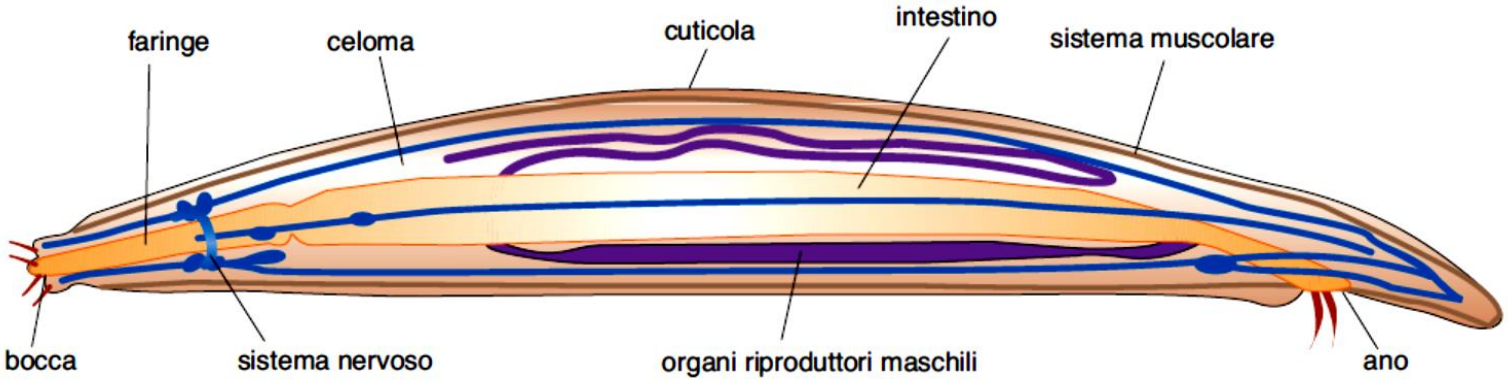
Il livello dei sistemi di organi: nemertini e nematodi

Il livello ancora successivo è quello dei **sistemi di organi** nel quale più organi sono associati in modo cooperativo per svolgere una medesima funzione ancora più complessa. Esso compare a partire dai nemertini e dai nematodi, nei quali l'intestino presenta due aperture ed è suddiviso in più parti specializzate, costituendo un vero e proprio apparato. Sembra probabile che i primi animali proctodeati siano derivati da un qualche platelminta ancestrale a vita libera.



Un nemertino: proctodeati e acelomati

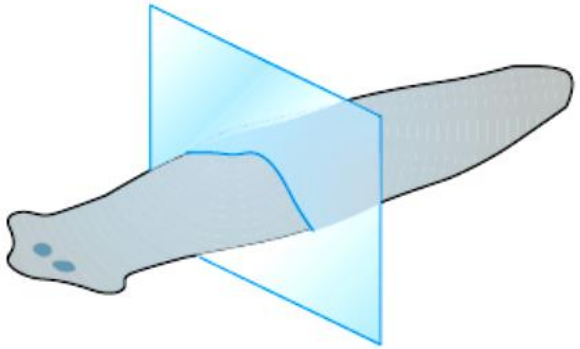
Un nematode: pseudocelomati

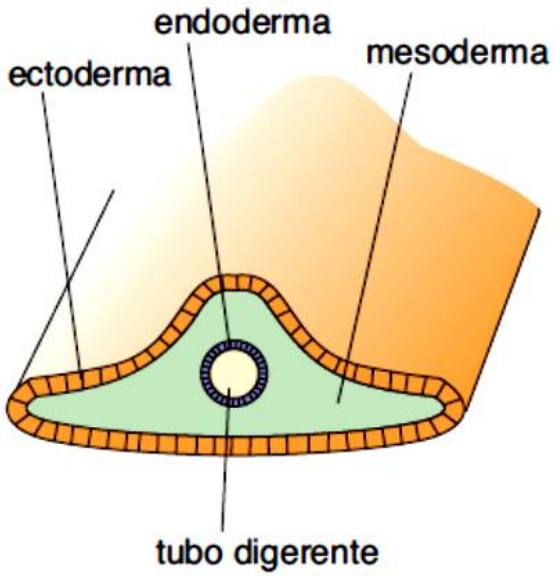


Il celoma

acelomato

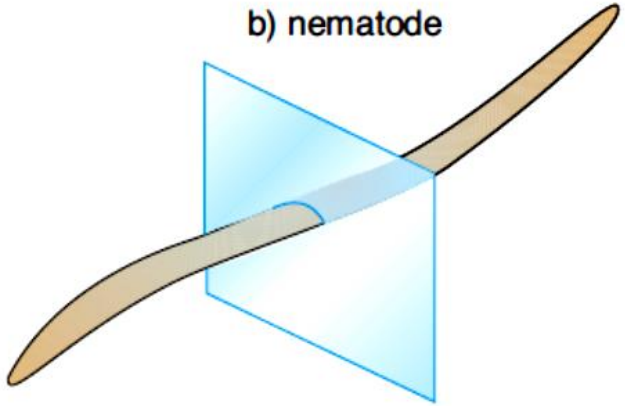
a) platelminta

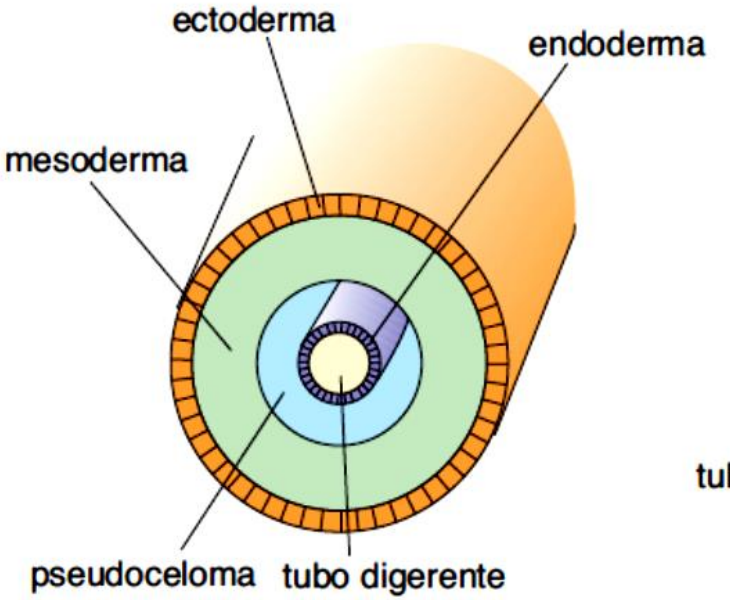




pseudocelomato

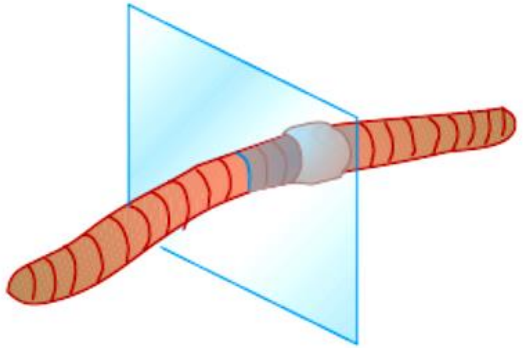
b) nematode

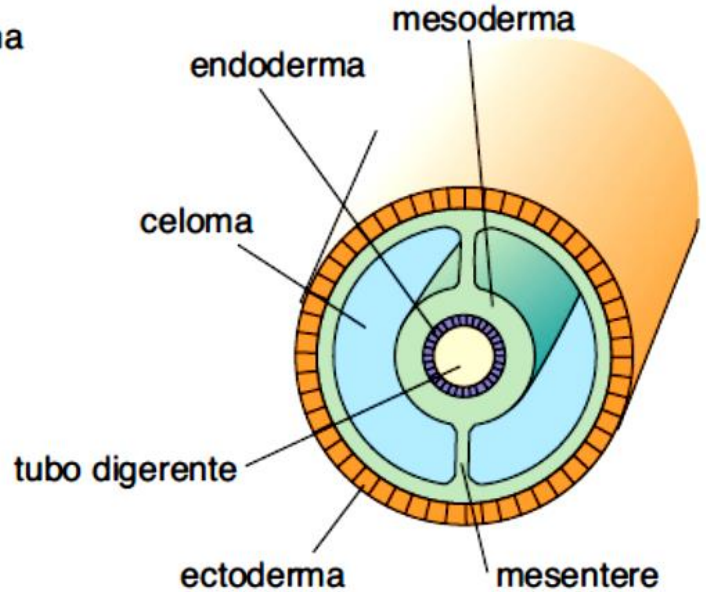




celomato

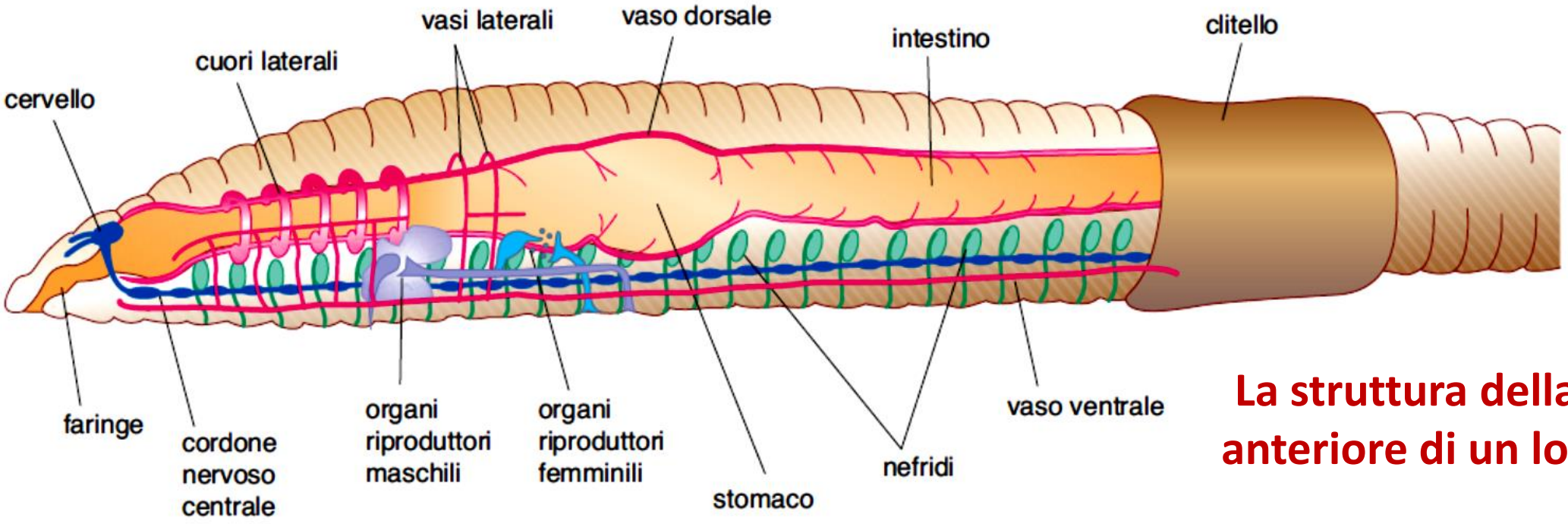
c) anellide





La metameria: gli anellidi

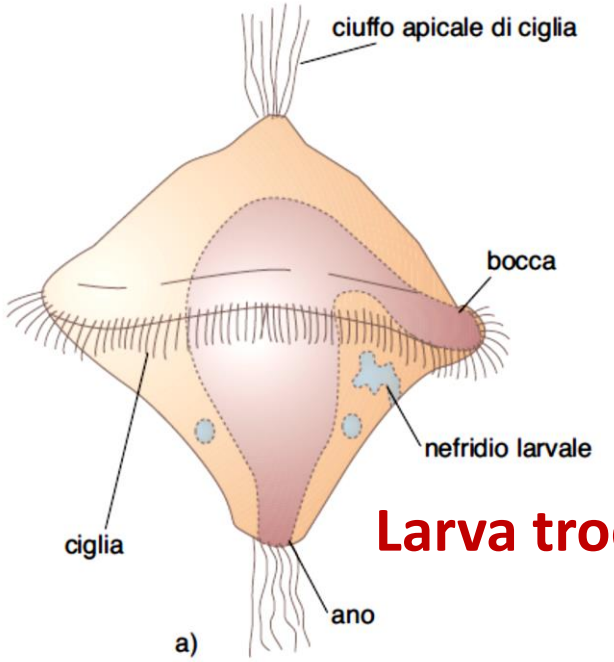
Raggiunto quest'ultimo livello con il phylum degli anellidi, il modello di organizzazione subisce un ulteriore perfezionamento grazie alla costituzione di una cavità interna, il **celoma**, che consente all'animale di distribuire meglio gli organi interni, e allo sviluppo della **metameria**.



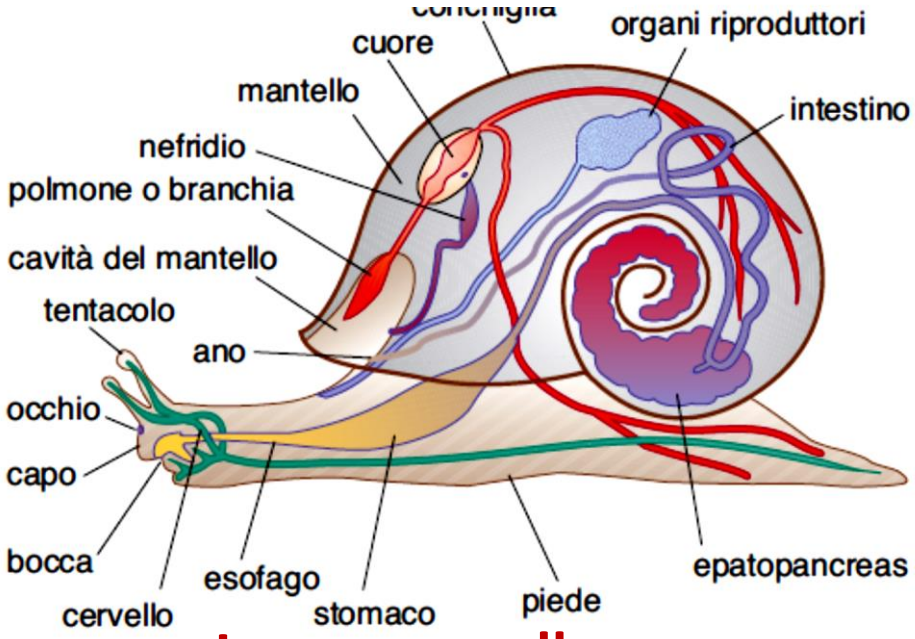
La struttura della parte anteriore di un lombrico

Molluschi e artropodi

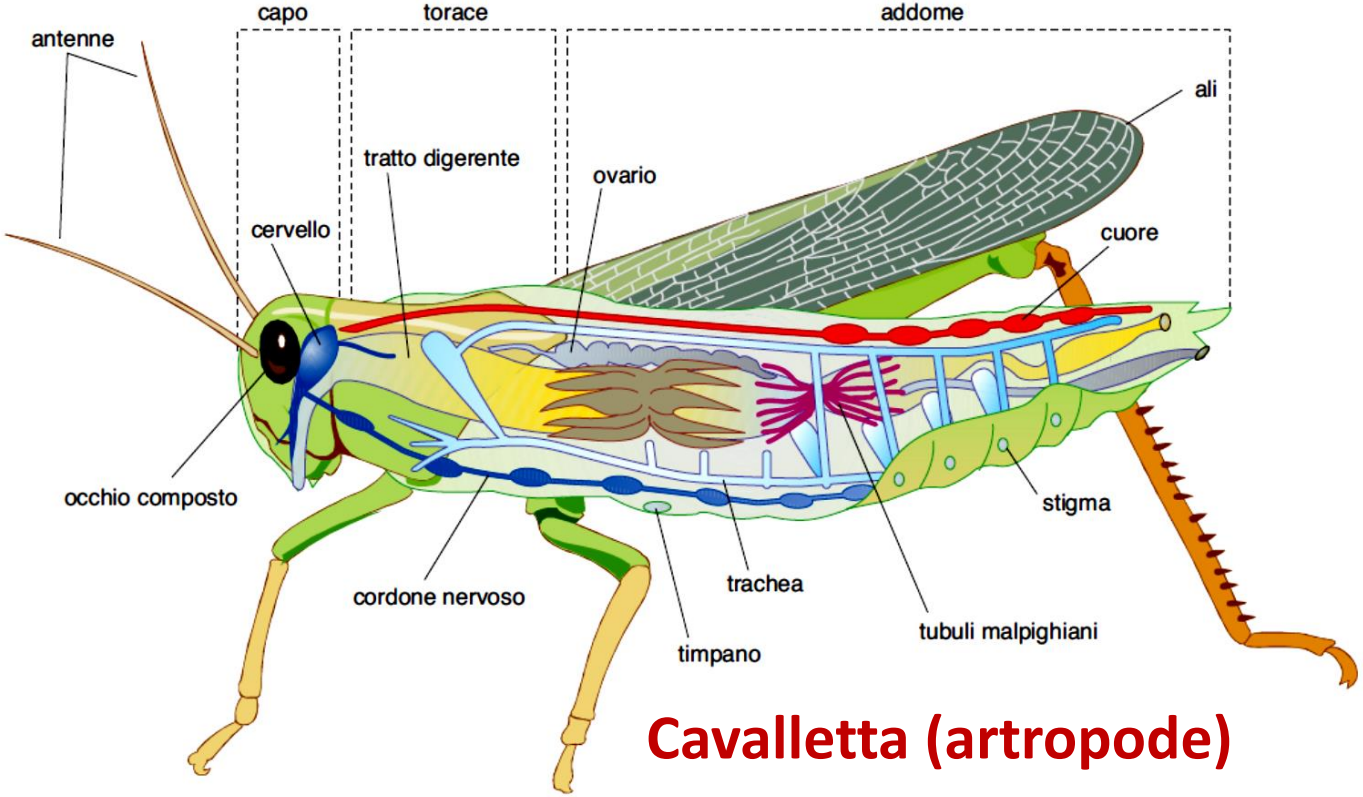
Dagli anellidi si sarebbero infine originati sia i molluschi, come suggerito dalla presenza della larva trocofora, comune a entrambi, sia gli artropodi che, come gli anellidi, presentano un corpo segmentato. Gli artropodi costituiscono il culmine dell'evoluzione della linea dei protostomi.



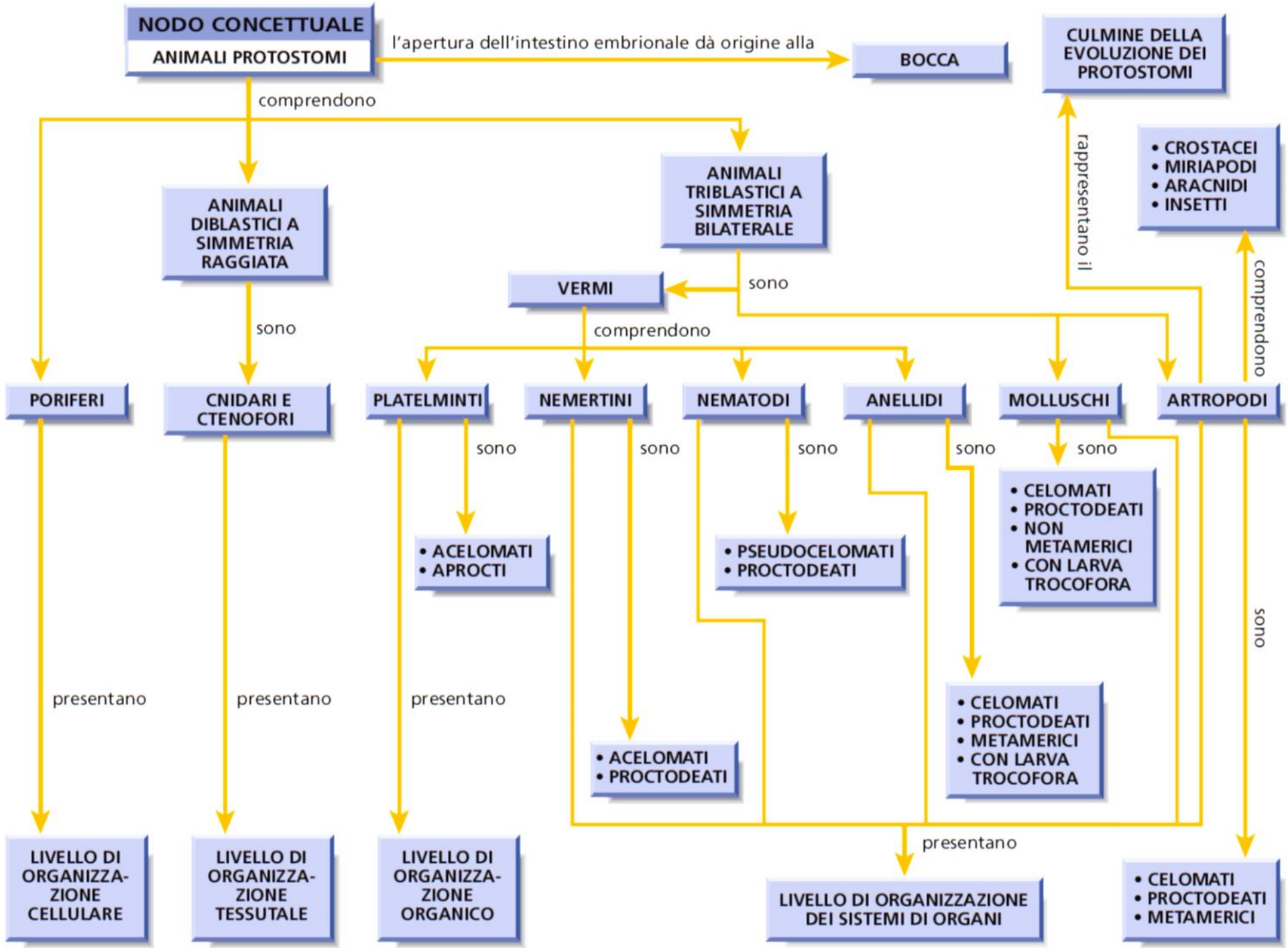
Larva trocofora



Lumaca: mollusco



Cavalletta (artropode)

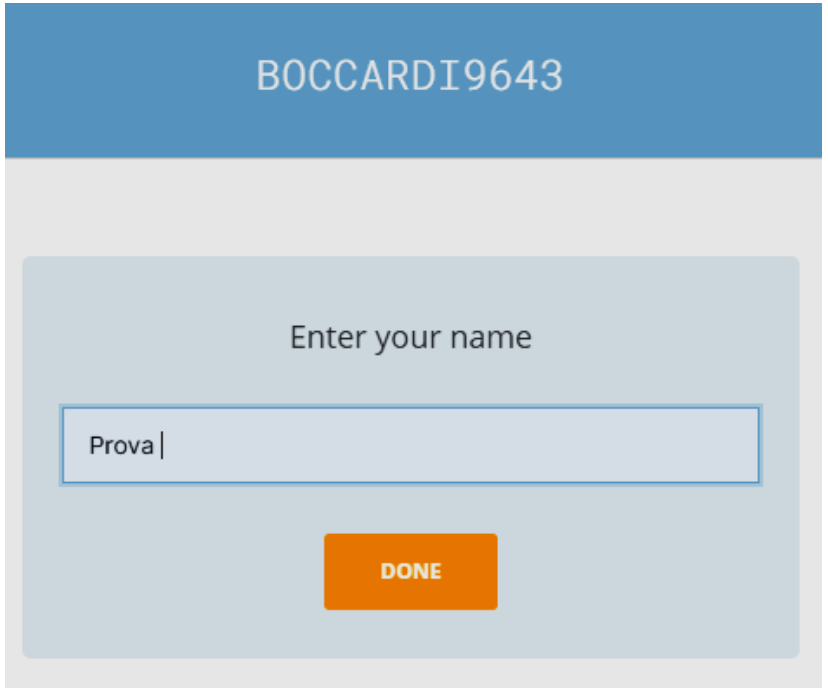

NODO CONCETTUALE
ANIMALI PROTOSTOMI
l'apertura dell'intestino embrionale dà origine alla
BOCCA
CULMINE DELLA EVOLUZIONE DEI PROTOSTOMI
comprendono
ANIMALI DIBLASTICI A SIMMETRIA RAGGIATA
ANIMALI TRIBLASTICI A SIMMETRIA BILATERALE
rappresentano il
• CROSTACEI
• MIRIAPODI
• ARACNIDI
• INSETTI
VERMI
sono
comprendono
sono
comprendono
PORIFERI
CNIDARI E CTENOFORI
PLATELMINTI
NEMERTINI
NEMATODI
ANELLIDI
MOLLUSCHI
ARTROPODI
sono
• ACELOMATI
• APROCTI
• PSEUDOCELOMATI
• PROCTODEATI
• CELOMATI
• PROCTODEATI
• NON METAMERICI
• CON LARVA TROCOFORA
• ACELOMATI
• PROCTODEATI
• CELOMATI
• PROCTODEATI
• METAMERICI
• CON LARVA TROCOFORA
presentano
LIVELLO DI ORGANIZZA-ZIONE CELLULARE
LIVELLO DI ORGANIZZA-ZIONE TESSUTALE
LIVELLO DI ORGANIZZA-ZIONE ORGANICO
LIVELLO DI ORGANIZZAZIONE DEI SISTEMI DI ORGANI
• CELOMATI
• PROCTODEATI
• METAMERICI

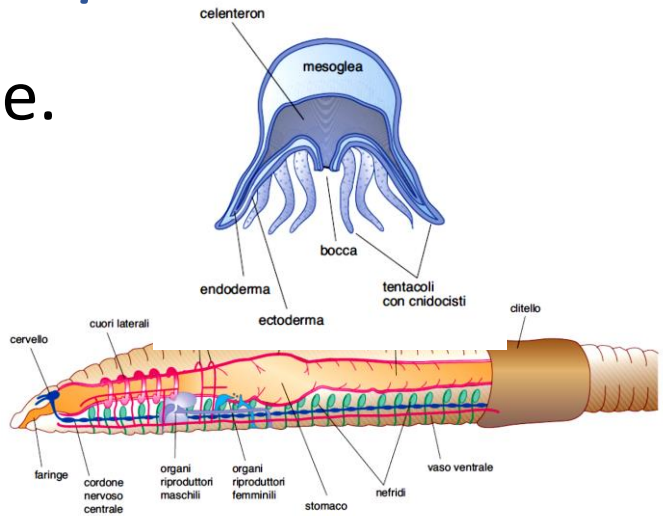
TAPPE EVOLU-TIVE DEI PROTO-STOMI

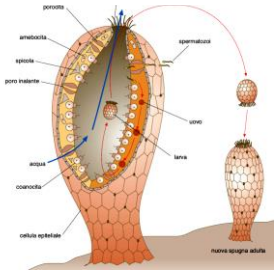
Periodo	Phylum	Caratteristiche	Livello di organizzazione
Oltre 500 milioni di anni fa	Poriferi	Gruppi di cellule associate insieme per costituire un individuo.	Cellulare
Oltre 500 milioni di anni fa	Cnidari e ctenofori	Animali a simmetria raggiata. Comparsa dell'ectoderma e dell'endoderma, i primi due foglietti embrionali.	Tessutale
Oltre 500 milioni di anni fa	Platelminti	Acquisizione della simmetria bilaterale e inizio del processo di cefalizzazione. Comparsa del mesoderma, il terzo foglietto embrionale.	Organico
Oltre 500 milioni di anni fa	Nemertini	Comparsa di un intestino a senso unico con bocca e ano.	Sistemi di organi
Oltre 500 milioni di anni fa	Nematodi	Presenza di uno pseudoceloma, una cavità interna del corpo non ancora completamente rivestita dal mesoderma.	Sistemi di organi
Oltre 500 milioni di anni fa	Anellidi	Comparsa del celoma, una cavità che si forma all'interno del mesoderma. Comparsa della metameria.	Sistemi di organi
400-500 milioni di anni fa	Molluschi	Animali celomati privi di metameria. Hanno probabilmente un'origine in comune con gli anellidi (larva trocofora).	Sistemi di organi
400-500 milioni di anni fa	Artropodi	Animali celomati metamerici. Probabile origine in comune con gli anellidi (metameria).	Sistemi di organi

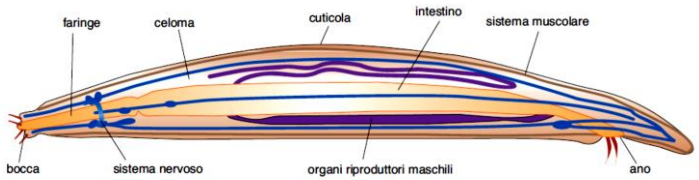
A quale livello di organizzazione appartengono le meduse?
A quale livello di organizzazione appartengono i lombrichi
A quale livello di organizzazione appartengono le spugne?
A quale livello di organizzazione appartengono i platelminti?

- Scrivi su Socrative la risposta alle quattro domande.

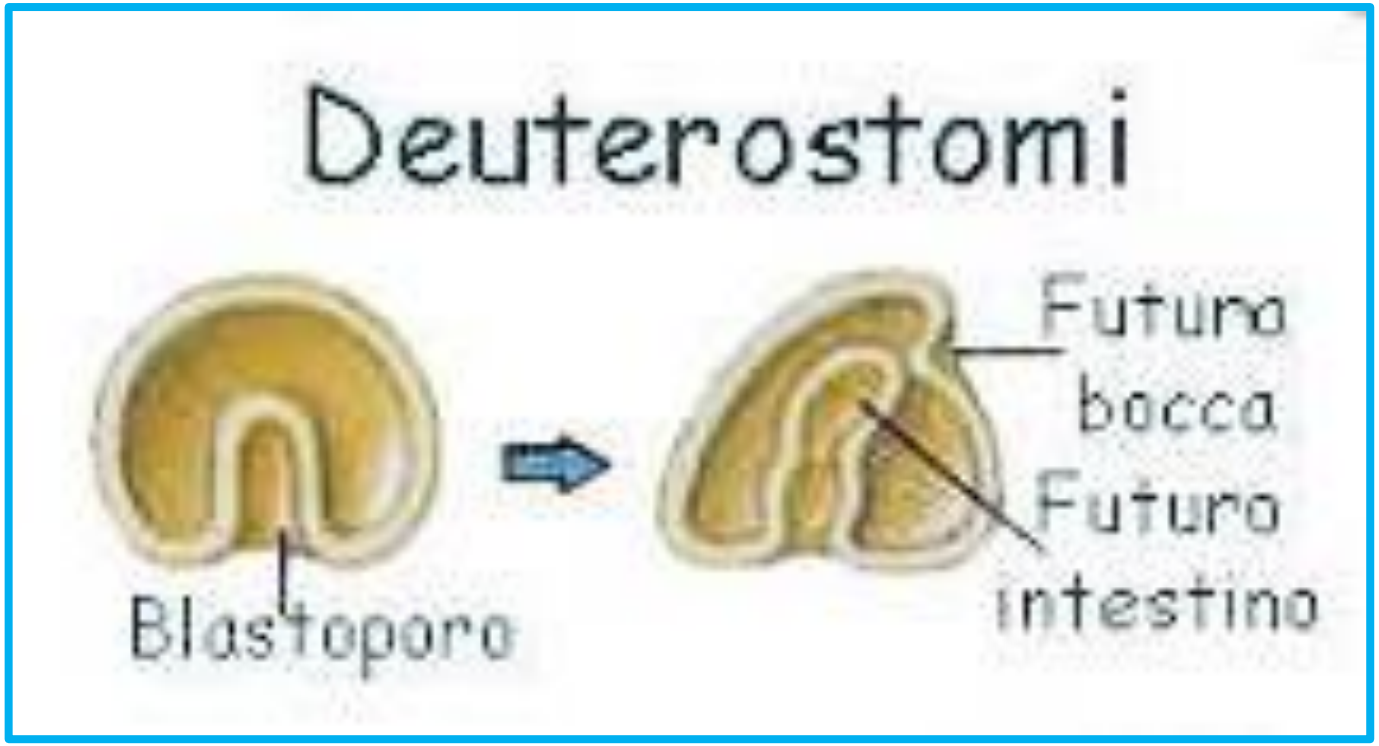






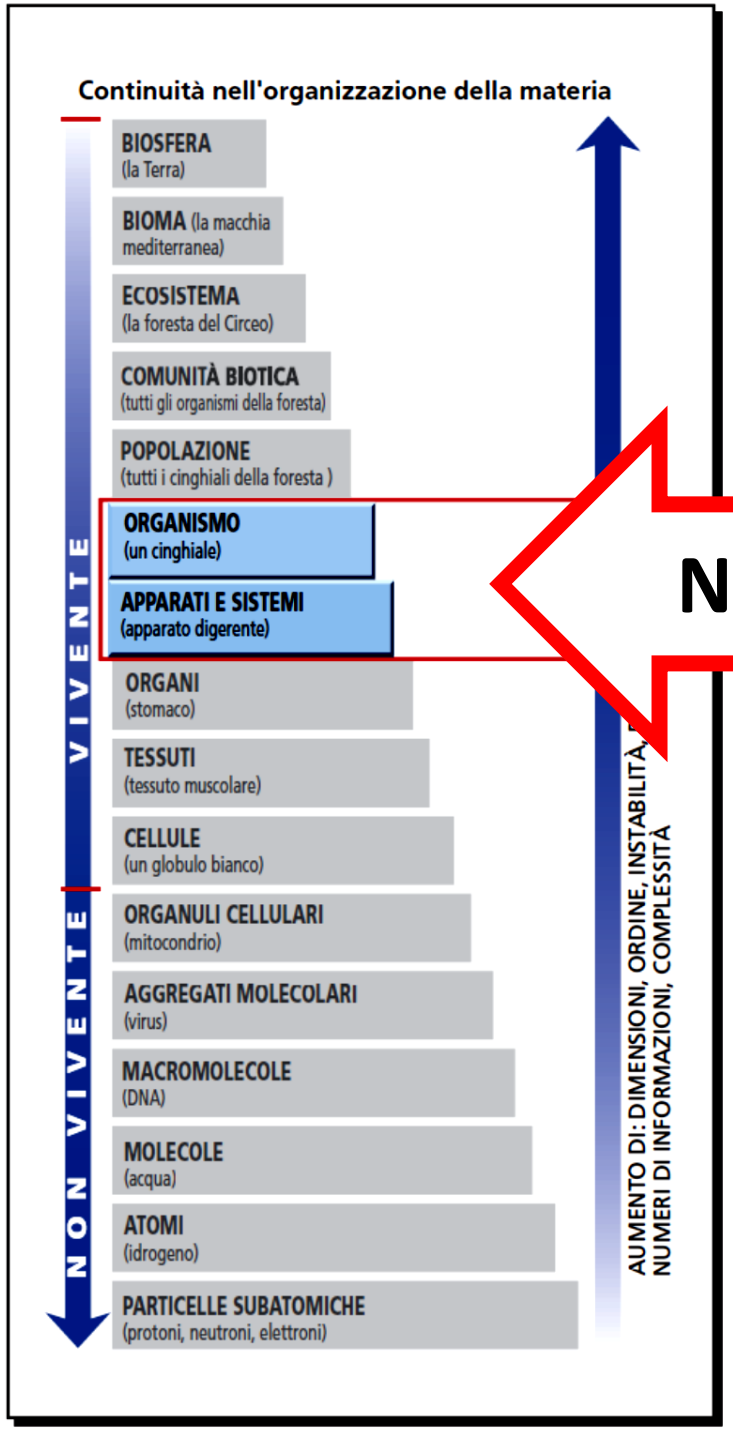


La linea evolutiva dei deuterostomi



Tutti gli animali deuterostomi mostrano un livello di organizzazione molto elevato, caratterizzato dalla presenza di diversi apparati e sistemi di organi, che agiscono in modo coordinato. Il gruppo comprende il phylum degli echinodermi, con le stelle di mare, e quello dei cordati, con i vertebrati. Il piano di organizzazione strutturale che ha avuto il maggiore successo è quello dei cordati: ad essi appartengono infatti le forme animali più evolute, uomo compreso.

A quale livello di organizzazione ci situiamo?

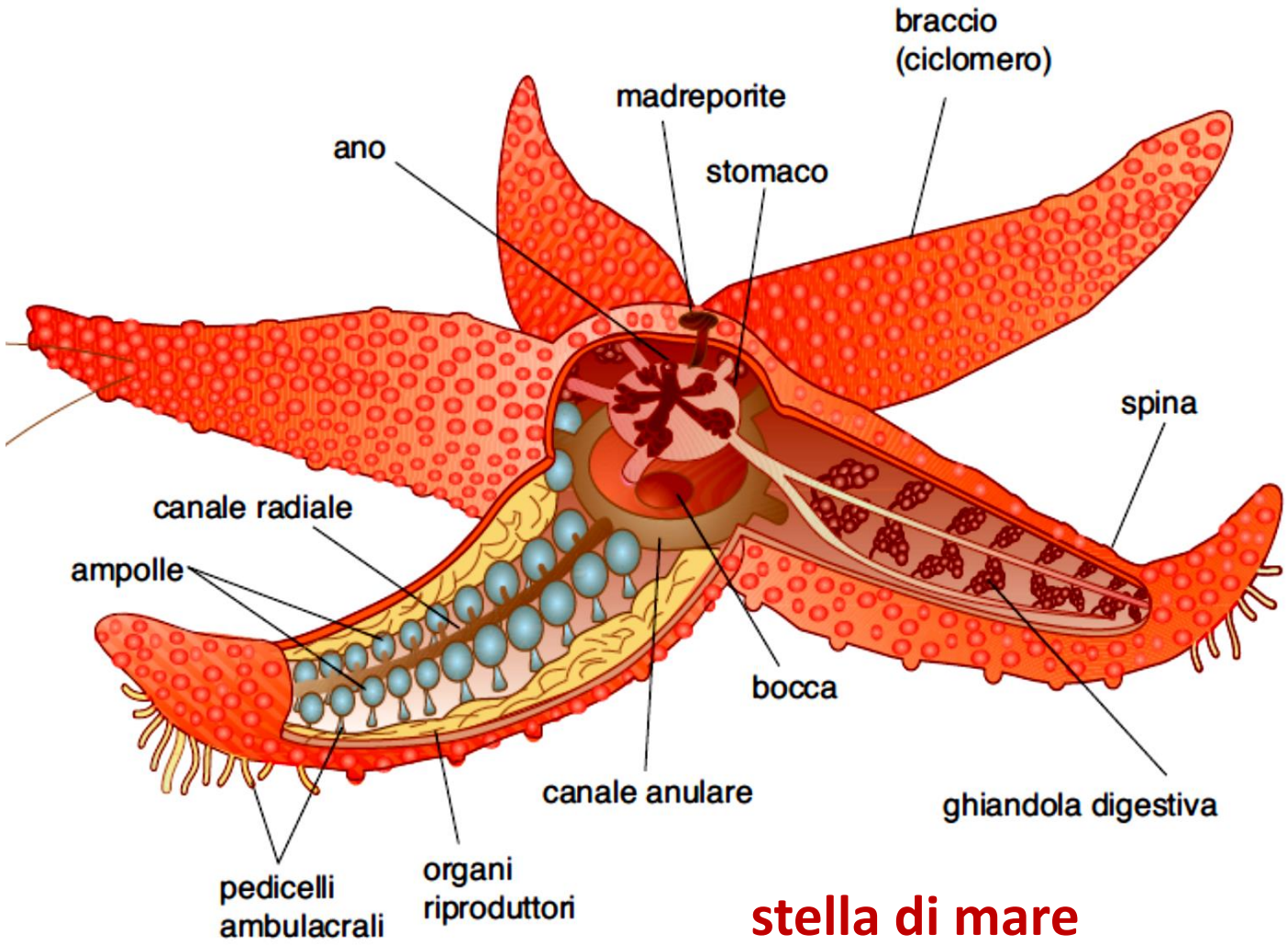


NOI SIAMO QUI

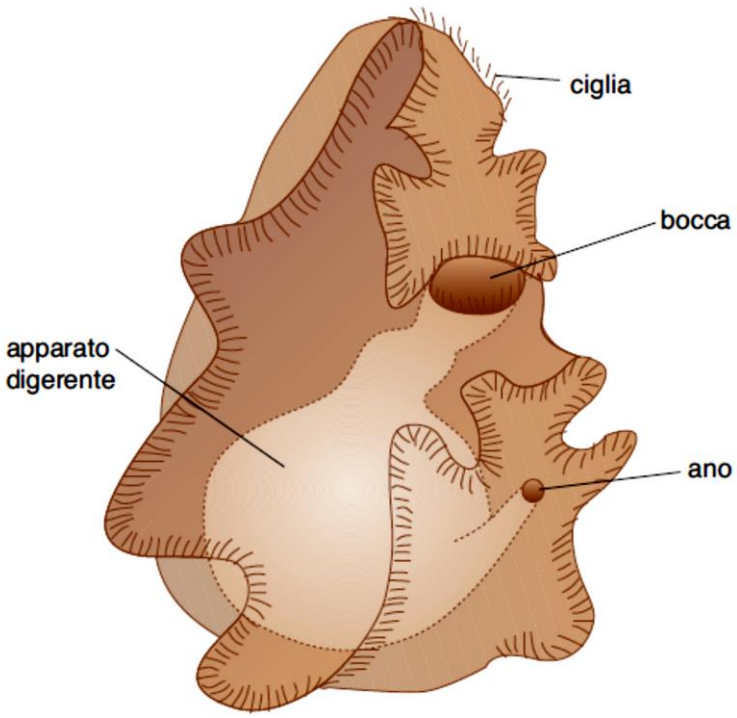
Principali differenze tra protostomi e deuterostomi

Caratteristiche	Protostomi	Deuterostomi
Destino del blastoporo dell'embrione	Dà origine alla bocca	Dà origine all'ano
Metameria	Riguarda in genere tutti i sistemi di organi	Interessa principalmente i muscoli, lo scheletro assile e il sistema nervoso
Sistema nervoso	Catena nervosa gangliare ventrale (solo i gangli encefalici sono dorsali)	Tutto il sistema nervoso è dorsale
Circolazione sanguigna	Il sangue scorre in direzione della coda nei vasi ventrali e in direzione della testa in quelli dorsali	Il sangue scorre in direzione della coda nei vasi dorsali e in direzione della testa in quelli ventrali
Scheletro	Mai di origine mesodermica	Di origine mesodermica
Origine del celoma	Si forma per fissurazione del mesoderma	Si forma da alcune estroflessioni dell'intestino primitivo
Tipo di larva	Trocofora	Dipleurula

Gli echinodermi: simmetria raggiata secondaria

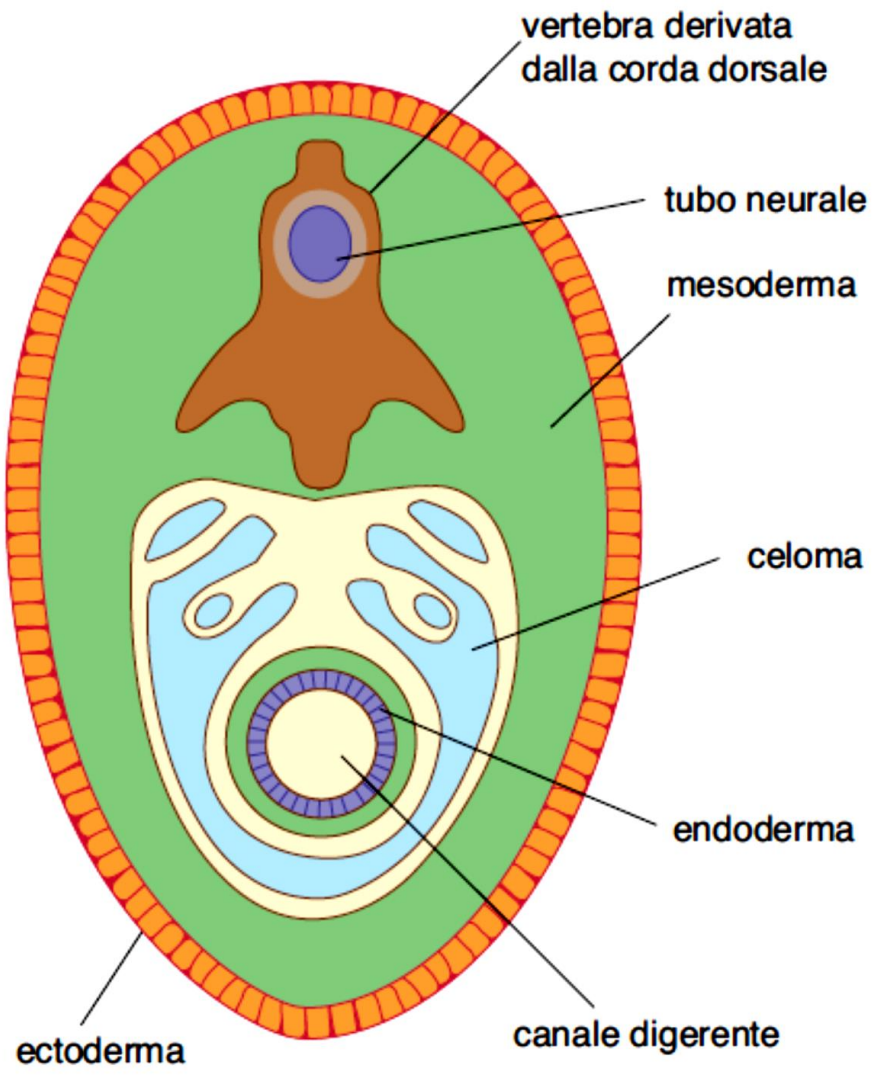


stella di mare



larva dipleurula

I cordati



I **cordati** sono il gruppo più evoluto di deuterostomi e sono caratterizzati dal possedere, almeno in qualche stadio del loro sviluppo, una struttura di sostegno resistente e flessibile situata nella loro parete dorsale, la **corda dorsale** (o notocorda).

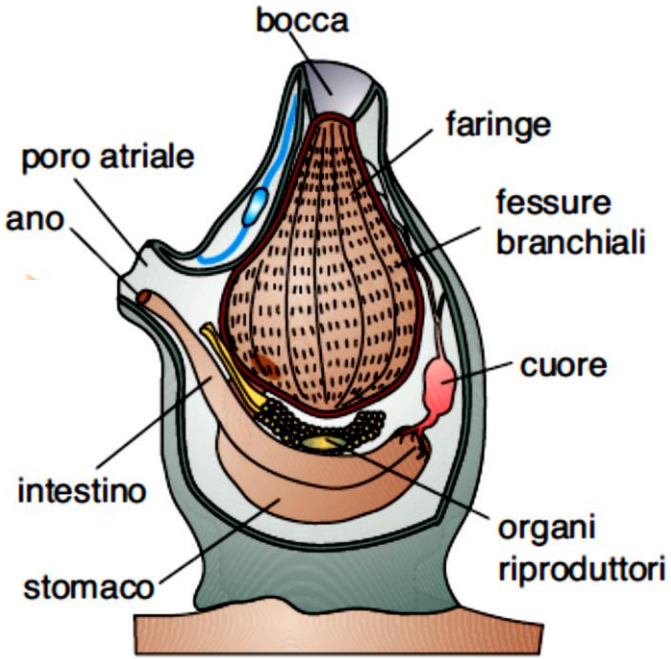
Caratteristiche dei cordati

- CORDA DORSALE
- SISTEMA NERVOSO DORSALE CAVO
- FARINGE CON FENDITURE BRANCHIALI
- CANALE DIGERENTE VENTRALE

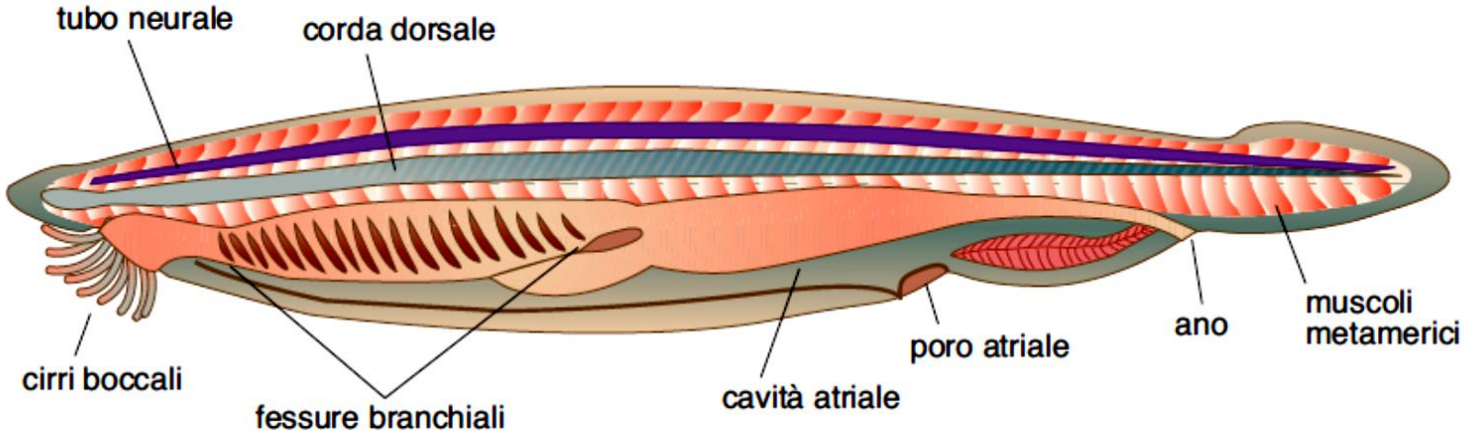
◀ **Figura 6** - *L'organizzazione generale di un cordato. La sezione trasversale del corpo di un vertebrato rivela la struttura generale caratteristica dei cordati. In senso dorso-ventrale si distinguono:*

1. *sistema nervoso dorsale cavo (tubo neurale);*
2. *corda dorsale (notocorda), di origine mesodermica, che in questo caso ha dato origine alle vertebre;*
3. *celoma;*
4. *tubo digerente ventrale.*

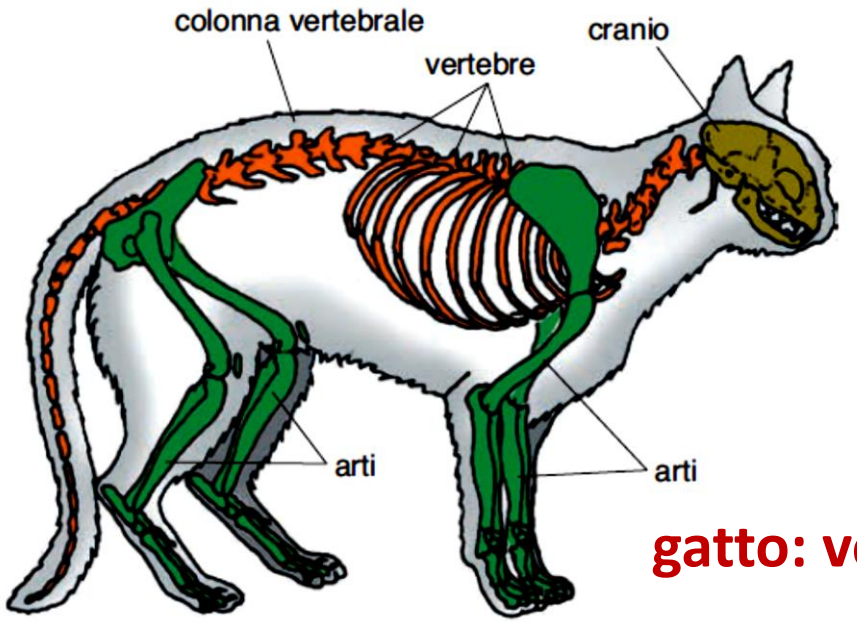
I cordati: urocordati, cefalocordati e vertebrati



ascidia: urocordato



anfiosso: cefalocordato



gatto: vertebrato

7 classi di vertebrati

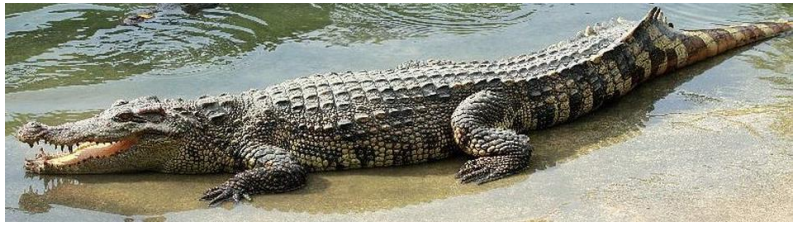
1. CICLOSTOMI: AGNATI

2. PESCI CARTILAGINEI: CONDRITTI GNATOSTOMI

3. PESCI OSSEI: OSTEITTI GNATOSTOMI

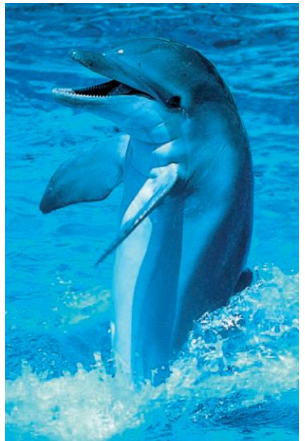
4. ANFIBI ANAMNI

5. RETTILI AMNIOTI

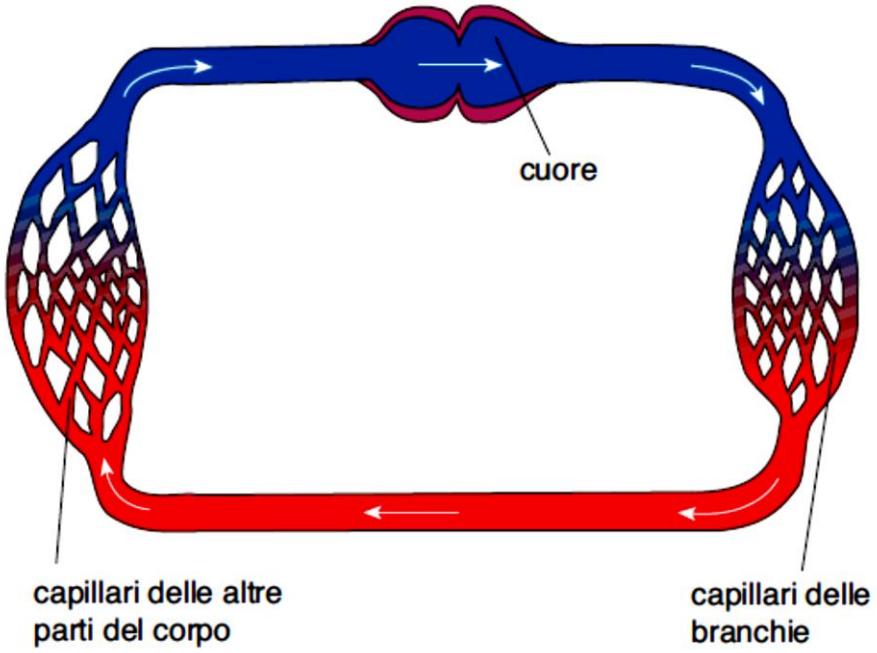


6. UCCELLI OMEOTERMI

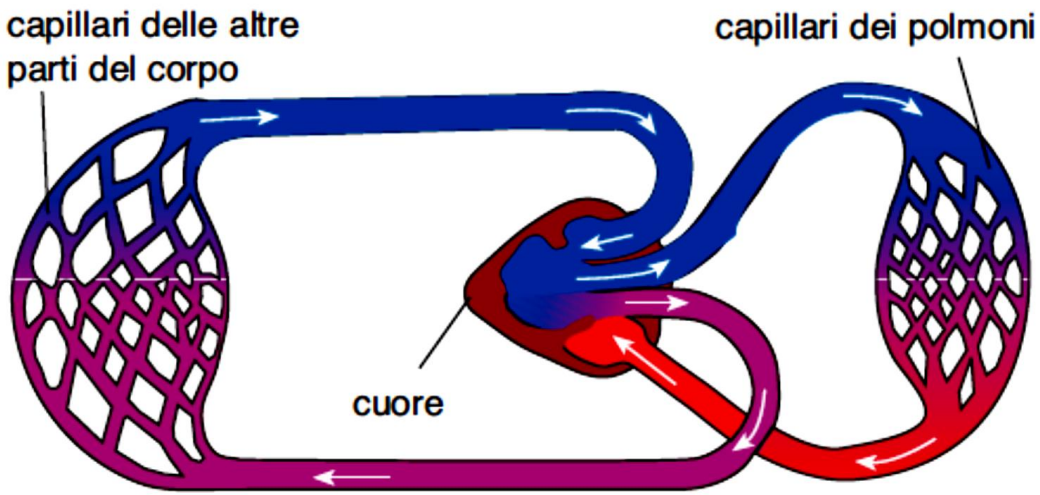
7. MAMMIFERI



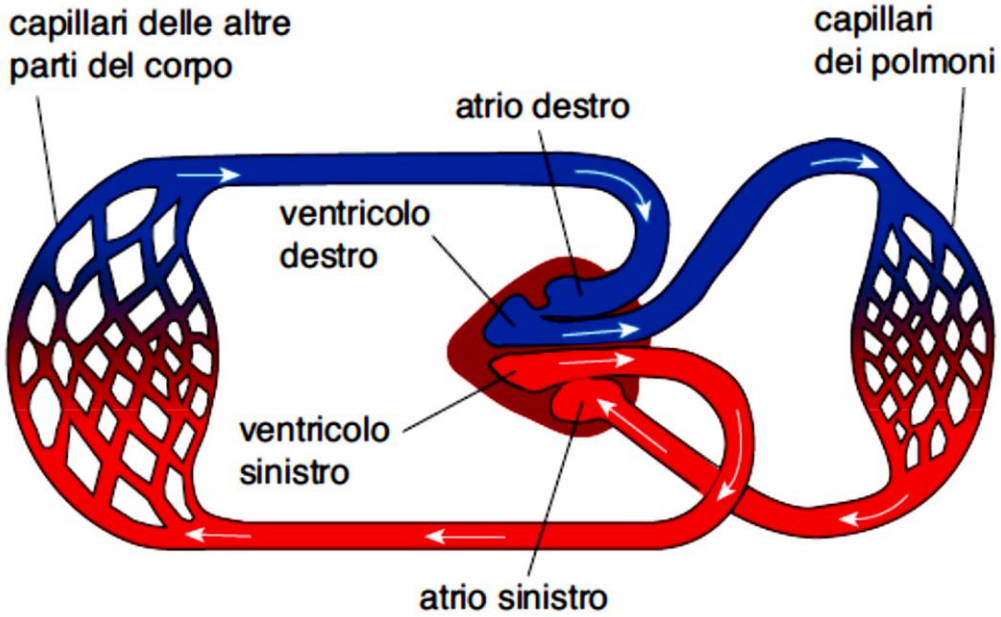
L'apparato circolatorio



1. semplice: ciclostomi e pesci



2. doppio incompleto: anfibi e rettili



3. doppio completo: uccelli e mammiferi

3 classi di mammiferi

1. MONOTREMI

• **Monotremi**: sono i mammiferi più primitivi, ovipari come i rettili e gli uccelli. Ne sono esempi l'**ornitorinco** (Figura) (*Ornithorhyncus anatinus*) e l'**echidna** (*Echidna aculeata*) dell'Australia.

2. MARSUPIALI

• **Marsupiali**: sono vivipari, ma i piccoli sono partoriti prematuramente e completano lo sviluppo all'interno del **marsupio**, una tasca cutanea ventrale della femmina nella quale sono contenute le mammelle. Ne sono esempi le diverse specie di *canguri* dell'Australia (Figura).

3. PLACENTATI

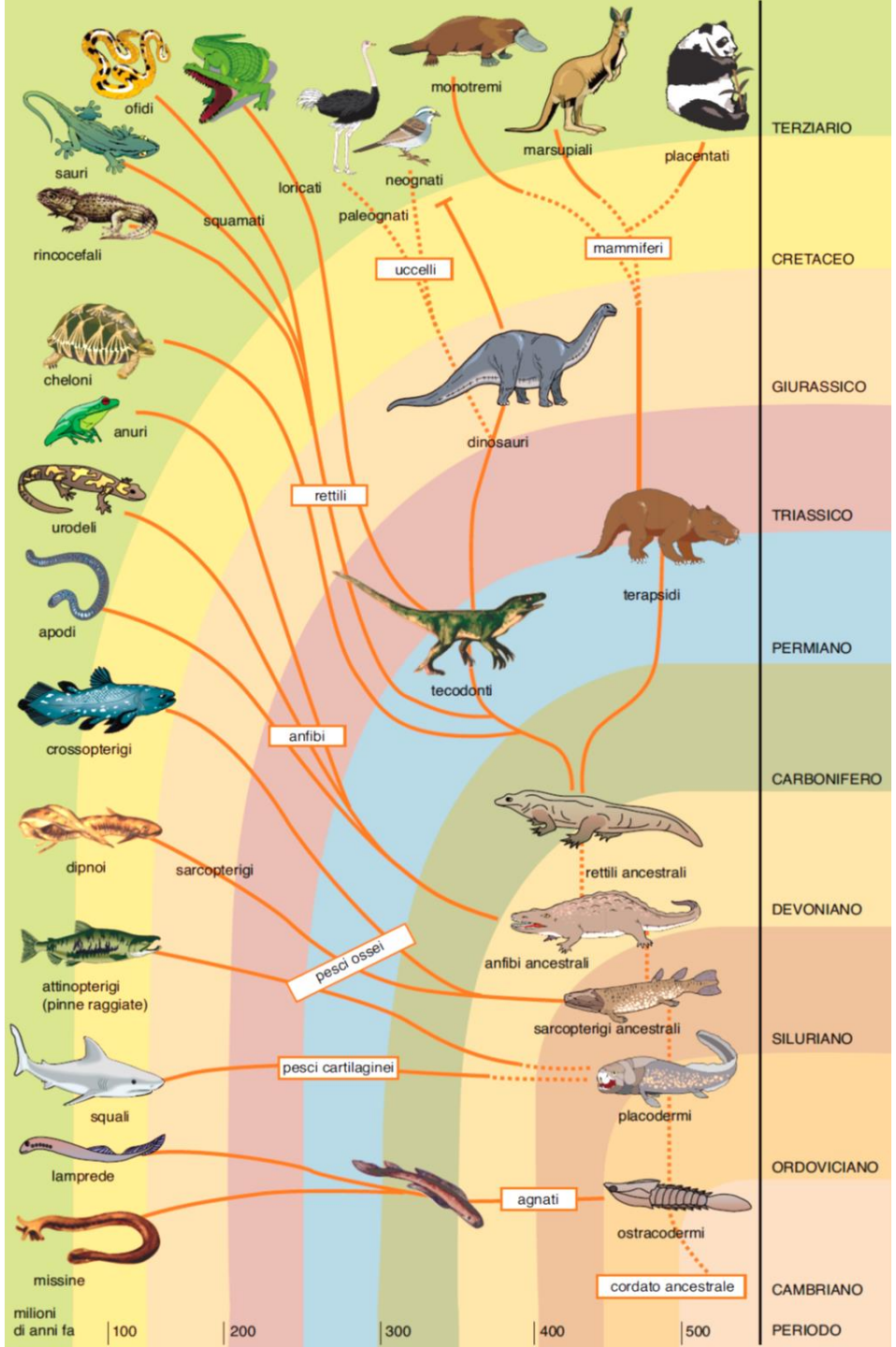
• **Placentati**: costituiscono il gruppo più evoluto e numeroso, comprendente la maggior parte delle specie dei mammiferi. Sono caratterizzati dalla presenza di uno speciale annesso embrionale: la **placenta**.

Classe	Nome corrente	Rivestimento esterno	Temperatura corporea	Struttura degli arti	Scambi gassosi	Cuore	Circolazione	Fecondazione
Ciclostomi	Agnati	Pelle viscida	Eterotermi	Assenza di arti pari	Branchie	2 cavità	Semplice	Esterna
Condritti	Pesci cartilaginei	Scaglie	Eterotermi	2 paia di pinne	Branchie	2 cavità	Semplice	Interna
Osteitti	Pesci ossei	Scaglie e muco	Eterotermi	2 paia di pinne	Branchie	2 cavità	Semplice	Esterna
Anfibi	Anfibi	Pelle umida e muco	Eterotermi	2 paia di arti, assenza di unghie	Branchie, polmoni	3 cavità	Doppia incompleta	Esterna
Rettili	Rettili	Squame	Eterotermi	2 paia di arti, unghie	Polmoni	3 cavità	Doppia incompleta	Interna
Uccelli	Uccelli	Penne; squame sulle zampe	Omeotermi	1 paio di ali, 1 paio di arti, unghie	Polmoni	4 cavità	Doppia completa	Interna
Mammiferi	Mammiferi	Peli	Omeotermi	2 paia di arti, unghie nella maggior parte dei casi	Polmoni	4 cavità	Doppia completa	Interna

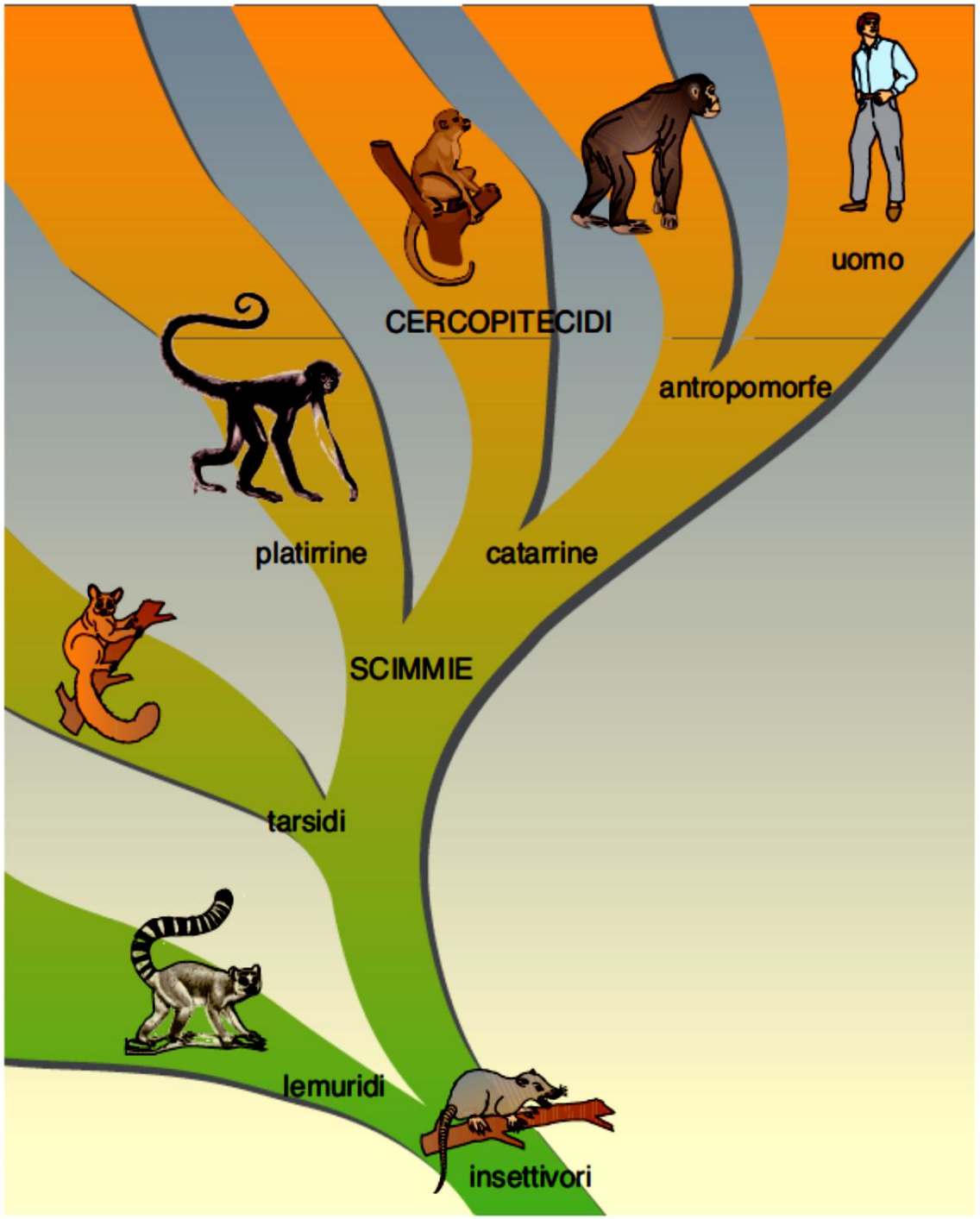
TAPPE EVOLU-TIVE DEI VERTE-BRATI

Periodo	Classe	Caratteristiche
500-460 milioni di anni fa	Comparsa degli **ostracodermi** (agnati).	Primi vertebrati filtratori.
440-420 milioni di anni fa	Dai placodermi (gnatostomi) hanno origine i **condritti**.	Comparsa della **cerniera boccale** (mascella e mandibola articolate); scheletro cartilagineo.
400 milioni di anni fa	Dai placodermi hanno origine gli **osteitti**.	Provvisti di cerniera boccale; scheletro osseo.
360 milioni di anni fa	Dai sarcopterigi hanno origine gli **anfibi**.	Conquista delle terre emerse; comparsa degli **arti** e dei **polmoni**; la circolazione diventa **doppia**.
300-260 milioni di anni fa	Dagli anfibi hanno origine i **rettili**.	Completo sganciamento dall'ambiente acquatico; comparsa di **uova cleidoiche** provviste di **annessi embrionali**.
180 milioni di anni fa	Dai rettili hanno origine gli **uccelli**.	Comparsa dell'**omeotermia**; la circolazione doppia diventa **completa**.
160-140 milioni di anni fa	Dai terapsidi (rettili) hanno origine i **mammiferi**.	Comparsa della **corteccia cerebrale**.

L'EVOLUZIONE DEI VERTEBRATI



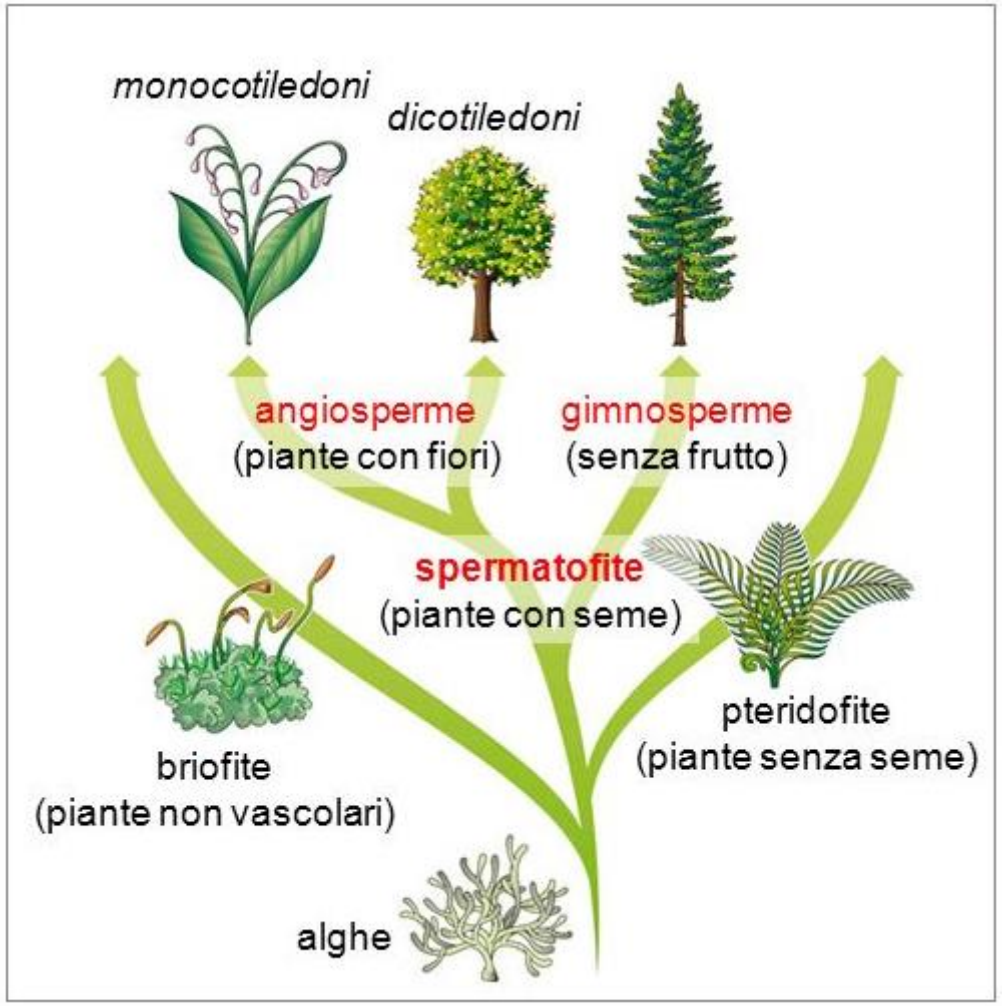
L'EVOLUZIONE DEI PRIMATI



Quali di questi animali sono amnioti?
Quali di questi animali sono omeotermi?

- Scrivi su Socrative la risposta alle due domande.

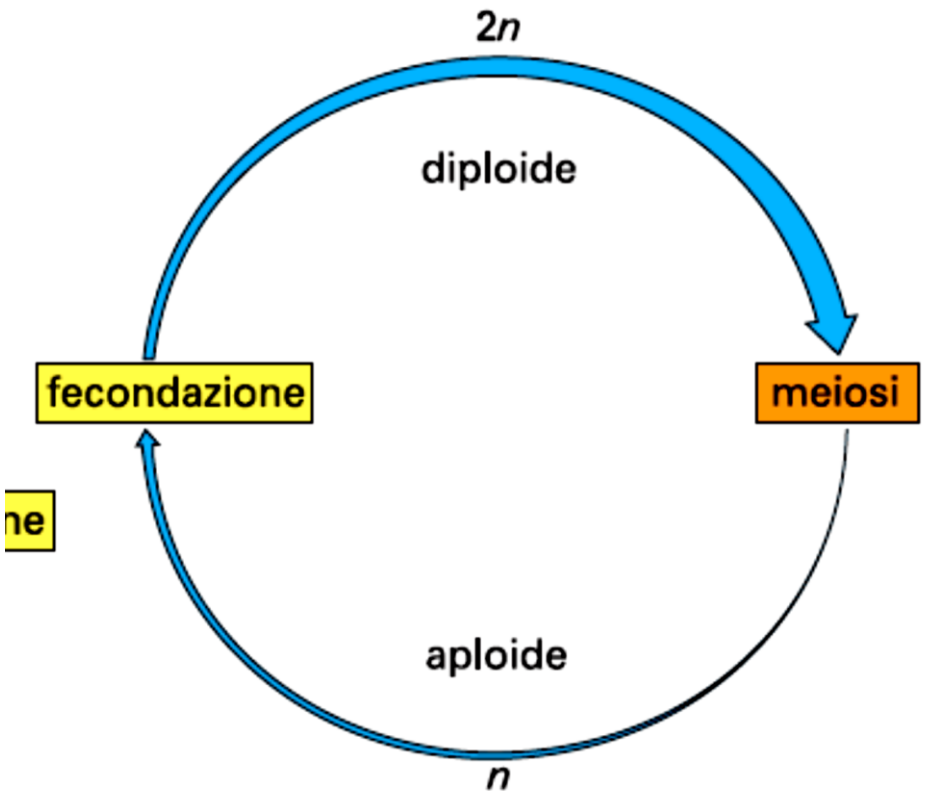
L'evoluzione delle piante

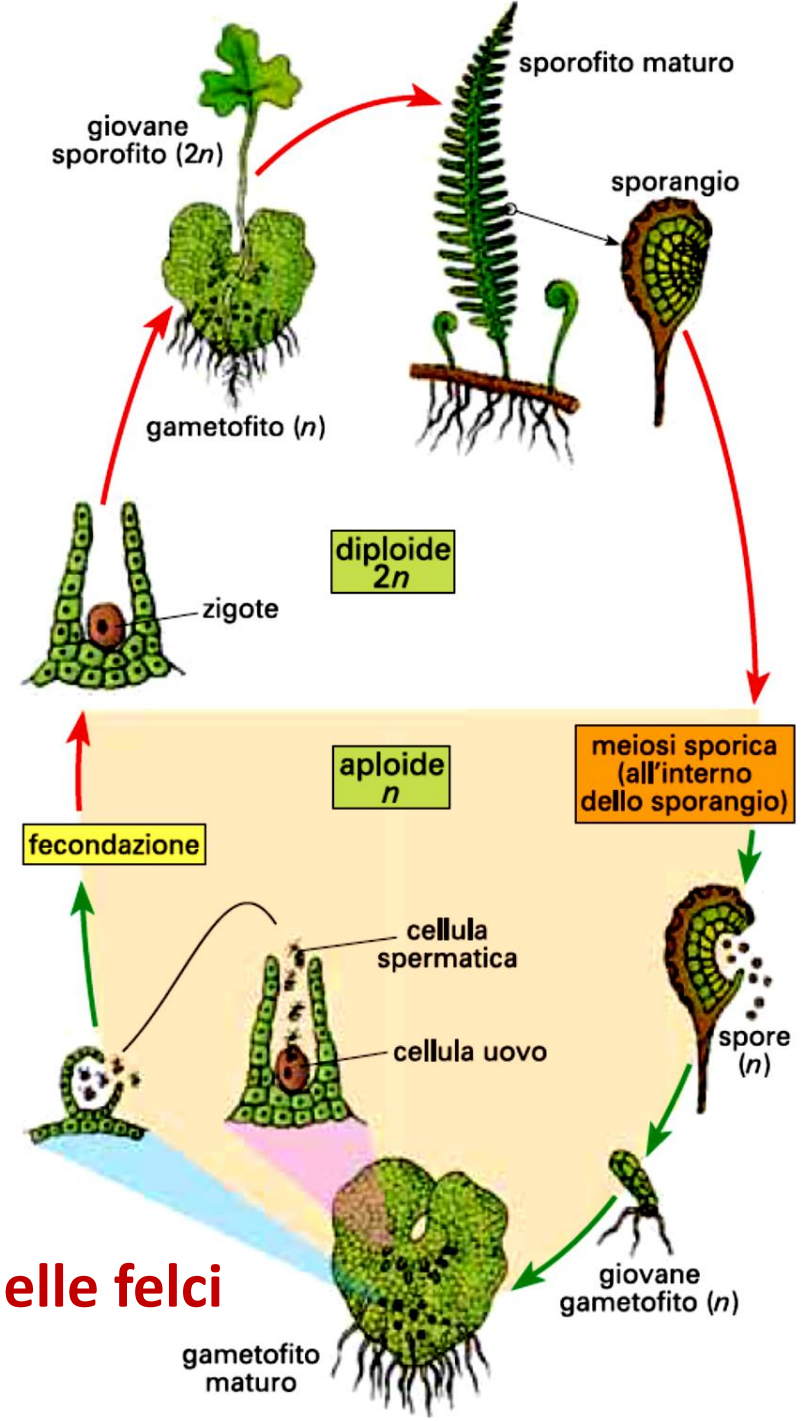


Le piante sono organismi autotrofi pluricellulari formati da cellule con pareti costituite da cellulosa. Il regno piante comprende due grandi divisioni (la divisione è l'analogo del phylum del regno animale): le briofite, i primi vegetali che iniziarono la colonizzazione delle terre emerse, e le tracheofite, i primi a presentare veri e propri tessuti vascolari. Le piante sono

A quale livello di organizzazione ci situiamo?

L'alternanza di generazioni





ciclo delle felci

Le briofite: muschi ed epatiche

Non hanno tessuti specializzati

Le **briofite** sono i primi organismi vegetali che conquistarono la terraferma. In esse sono già presenti diversi adattamenti alla vita terrestre, ma il processo di sganciamento dall'acqua è solo parziale.

muschio

un'epatica

Le tracheofite
Tracheofite primitive: licopodi ed equiseti

Hanno il tessuto conduttore

licopodi

Equiseto arvense o coda di cavallo

Le tracheofite: felci

Hanno il tessuto conduttore e organi (radice, fusto e foglia)

felce

COME LE BRIOFITE LE FELCI SONO ANCORA LEGATE ALL'ACQUA PER LA RIPRODUZIONE

Le tracheofite: gimnosperme

Hanno il seme (spermatofite): seme «nudo»

conifere

cicadee

ginkgoine

LE GIMNOSPERME SI SGANCIANO DALL'ACQUA PER LA RIPRODUZIONE

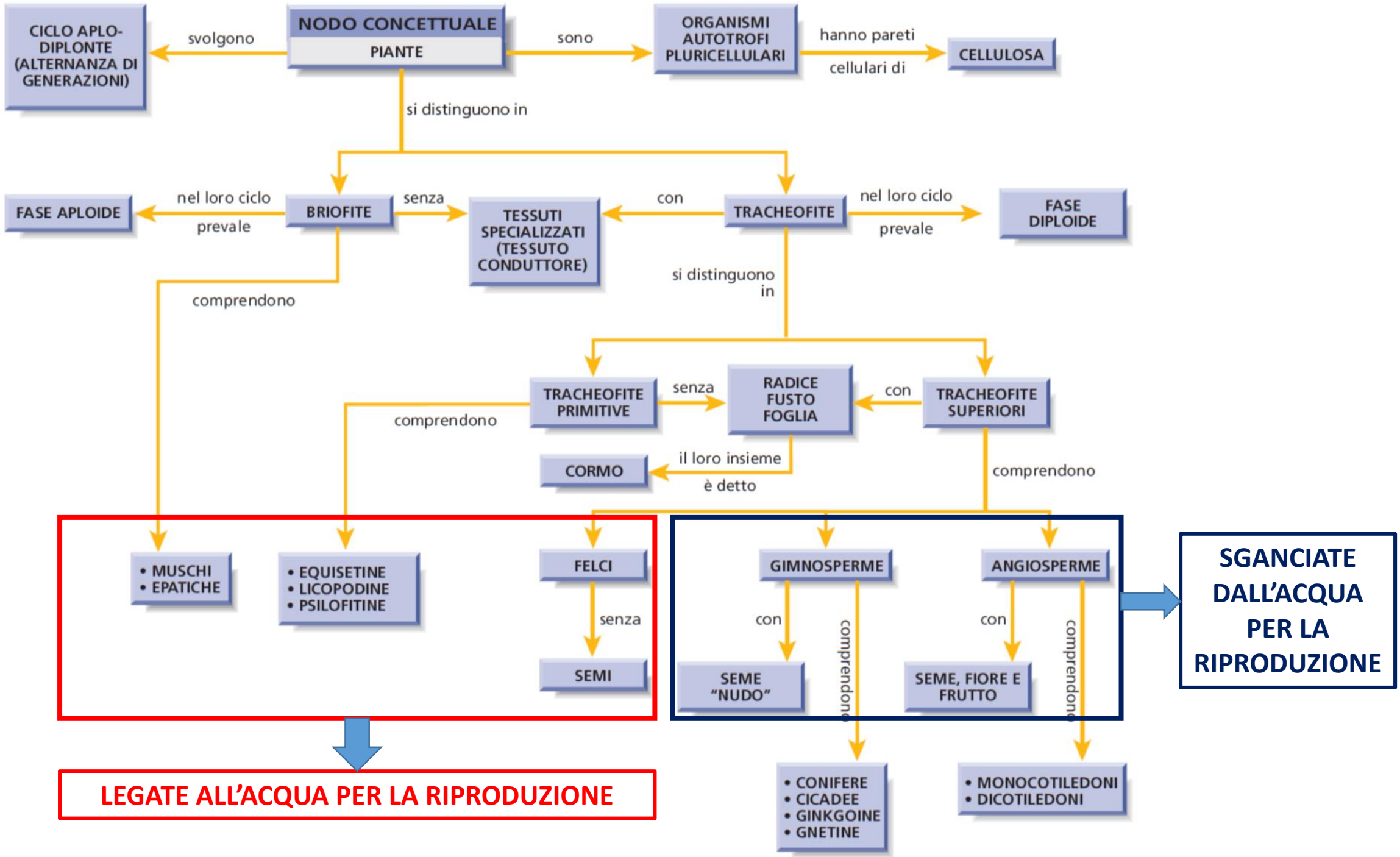
gnetine

Le tracheofite: angiosperme

Hanno il fiore: «seme protetto»

Monocotiledoni (grano)

Dicotiledoni (pisello)


NODO CONCETTUALE
PIANTE
svolgono
CICLO APLO-DIPLONTE (ALTERNANZA DI GENERAZIONI)
sono
ORGANISMI AUTOTROFI PLURICELLULARI
hanno pareti cellulari di
CELLULOSA
si distinguono in
BRIOFITE
nel loro ciclo prevale
FASE APLOIDE
senza
TESSUTI SPECIALIZZATI (TESSUTO CONDUTTORE)
con
TRACHEOFITE
nel loro ciclo prevale
FASE DIPLOIDE
comprendono
si distinguono in
TRACHEOFITE PRIMITIVE
senza
RADICE FUSTO FOGLIA
con
TRACHEOFITE SUPERIORI
comprendono
CORMO
il loro insieme è detto
comprendono
• MUSCHI
• EPATICHE
• EQUISETINE
• LICOPODINE
• PSILOFITINE
FELCI
senza
SEMI
GIMNOSPERME
ANGIOSPERME
con
SEME "NUDO"
comprendono
con
SEME, FIORE E FRUTTO
comprendono
• CONIFERE
• CICADEE
• GINKGOINE
• GNETINE
• MONOCOTILEDONI
• DICOTILEDONI
LEGATE ALL'ACQUA PER LA RIPRODUZIONE
SGANCIATE DALL'ACQUA PER LA RIPRODUZIONE

Quale di queste affermazioni relative all'evoluzione vegetale è errata?

- Scrivi su Socrative la risposta a questa domanda.

socrative

L'EVOLUZIONE VEGETALE

LABORATORIO

	ANGIOSPERME	ALGHE VERDI (CLOROFITE)	BRIOFITE	FELCI	GIMNOSPERME	LICOPODI ED EQUISETI
Prevalenza della fase diploide	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?
Presenza di tessuto conduttore	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?
Presenza di radice, fusto e foglia	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?
Necessità di acqua per la fecondazione	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?
Presenza di semi	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?
Presenza di fiori	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?	SI/NO?

L'EVOLUZIONE VEGETALE

LABORATORIO

	ANGIOSPERME	ALGHE VERDI (CLOROFITE)	BRIOFITE	FELCI	GIMNOSPERME	LICOPODI ED EQUISETI
Prevalenza della fase diploide	SI	NO	NO	SI	SI	SI
Presenza di tessuto conduttore	SI	NO	NO	SI	SI	SI
Presenza di radice, fusto e foglia	SI	NO	NO	SI	SI	NO
Necessità di acqua per la fecondazione	N0	SI	SI	SI	NO	SI
Presenza di semi	SI	NO	NO	NO	SI	NO
Presenza di fiori	SI	NO	NO	NO	NO	NO

Una sesta conclusione

Nel corso dell'evoluzione sia animale sia vegetale si assiste alla comparsa di strutture via via più complesse e quindi sempre più dotate di meccanismi di regolazione

Bibliografia

1. V. Boccardi, «L'importanza della dimensione storico - epistemologica nell'insegnamento delle scienze naturali Parte Prima – La Biologia – SICSI - SCUOLA INTERUNIVERSITARIA CAMPANA DI SPECIALIZZAZIONE ALL'INSEGNAMENTO» (appunti per le lezioni di tirocinio indiretto).
2. V. Boccardi "I viventi come sistemi complessi: spunti didattici", Bollettino Sezione Campana ANISN, 46-48, 22, luglio 2001.
3. V. Boccardi, "Gli esseri viventi: un percorso sulla complessità", Didattica Delle Scienze, 5-9, 218, La Scuola, febbraio 2002.
4. V. Boccardi, "Gli esseri viventi: un percorso sulla complessità 2", Didattica Delle Scienze, 19-23, 219, La Scuola, aprile 2002.
5. V. Boccardi, Moduli di Biologia, Editrice La Scuola, 2002.
6. V. Boccardi, Moduli di Biologia per la riforma, Editrice La Scuola, 2009.