

Capitolo 4

Classificazione e filogenesi degli animali

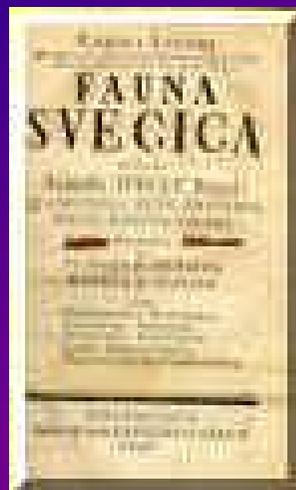
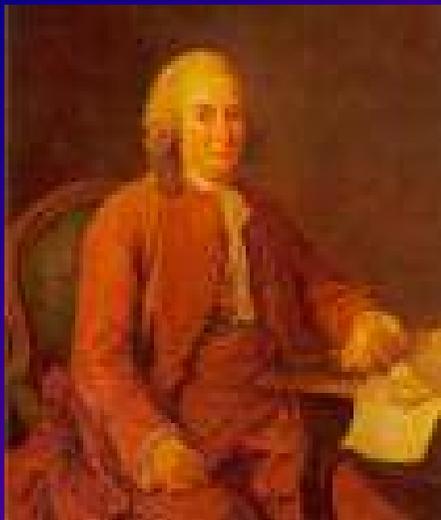
La **sistematica** è lo studio scientifico della diversità degli organismi e delle loro relazioni evolutive. La **biodiversità** si riferisce alla varietà degli organismi viventi e degli ecosistemi che costituiscono.

La **tassonomia** è la branca della sistematica che si occupa di attribuire i nomi scientifici, descrivere e classificare gli organismi. Il processo di assegnazione degli organismi a particolari gruppi, sulla base delle loro somiglianze o delle loro relazioni evolutive, è chiamato **classificazione**. Essa aiuta i biologi ad organizzare le loro conoscenze.

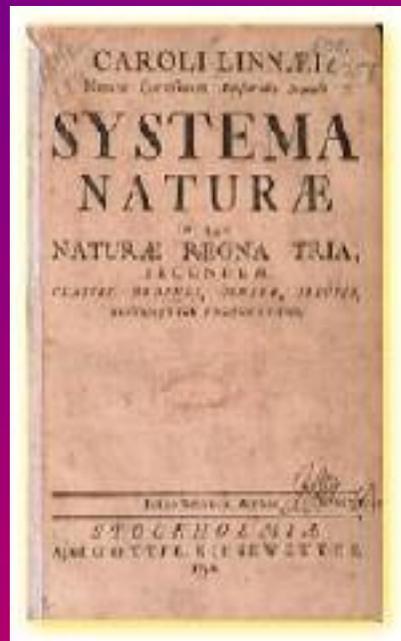
I nomi scientifici sono importanti in quanto permettono ai biologi di diversi paesi, che hanno lingue diverse, di comunicare riguardo agli organismi.; poiché essi devono essere certi di studiare gli stessi organismi nel caso di lontananza.

I biologi usano il **sistema binomiale di nomenclatura**, sviluppato da Linneo verso la metà del XVIII sec. In questo sistema l'unità di base della classificazione è la **specie**.

Il nome di ciascuna specie è formato da 2 parti: il nome del **genere** seguito dall'**epiteto specifico**. Ad es. il nome scientifico dell'uomo è *Homo sapiens*, mentre quello della quercia bianca è *Quercus alba*.



Fauna Svecica: Sistens
Animalia Sveciæ Regni;
Quadrupedia, Aves, Amphibia,
Pisces, Insecta, Vermes,
Distributa per Classes &
Ordines, Genera & Species
cum Differentiis Specierum,
Synonymis Autorum,
Nominibus Incolarum, Locis
Habitationum, Descriptionibus
Insectorum. Stockholmia:
Sumtu & literis. Laurentii
Salvii, 1746.



Lo svedese Carl von Linné (1707-1778) è una figura centrale della Storia Naturale del Settecento. Nella sua opera *Systema naturae, siver tria regna naturae systematicae proposita per classes, ordines, genera et species* (1735) sviluppò e mise ordine nei vari tentativi di classificazione precedenti dei viventi.

Linneo si basò sull'osservazione delle strutture presenti negli organismi animali e vegetali, non prendendo in considerazione *...tutto ciò che non cade, con l'aiuto di una lente, sotto il dominio dei sensi...* analizzò l'organismo nelle sue varie parti, per poi confrontarle con quelle di organismi simili, concentrando l'osservazione su alcune caratteristiche chiave, come la disposizione relativa dei vari organi, il numero di zampe, il tipo di respirazione, la forma del fiore e così via. Convinto assertore della fissità dei viventi, riteneva che gli organismi appartenenti a ciascuna specie si avvicinasero tutti ad una forma tipica ideale.

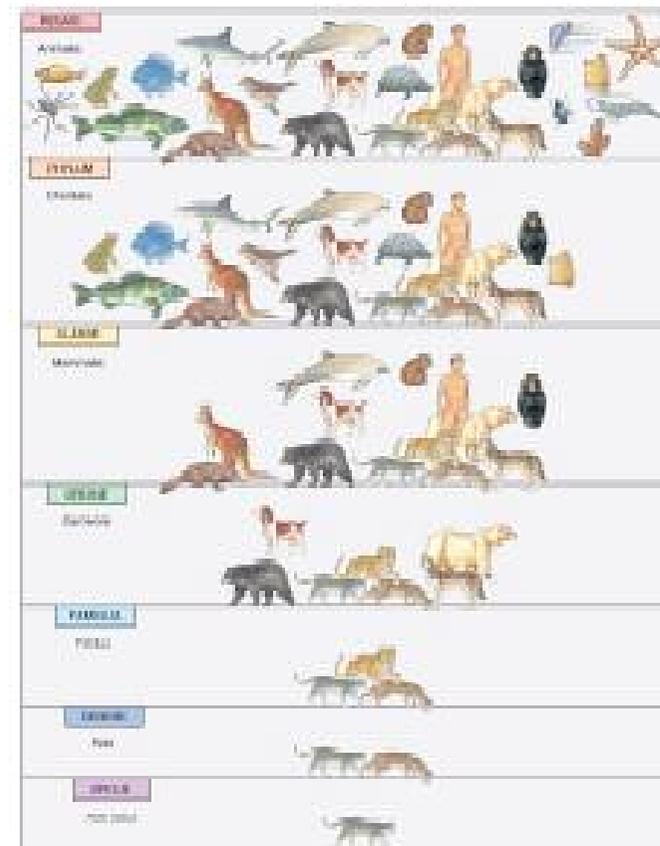
Sistema gerarchico – Nomenclatura binomia (latino) – Genere e Specie

Esempio di classificazione gerarchica: Tigre del Bengala

Taxon	Tigre del Bengala	Altri taxa
Regno	Animalia	Plantae, Fungi,...
Sottoregno	Metazoa	Protozoa
Phylum	Chordata	Mollusca, Annelida...
Subphylum	Vertebrata	Tunicata, Acranii
Classe	Mammalia	Aves, Amphibia...
Ordine	Carnivora	Primata, Rodentia...
Famiglia	Felidae	Canidae, Ursidae...
Genere	<i>Panthera</i>	<i>Felis</i> , <i>Acinonyx</i> ...
Specie	<i>Panthera tigris</i>	<i>P. leo</i> , <i>P. pardus</i> ...
Sottospecie	<i>Panthera tigris tigris</i>	<i>P.t. amurensis</i> , <i>P.t. altaica</i> ...

Il sistema gerarchico di classificazione comprende: **dominio, regno, phylum, classe, ordine, famiglia, genere e specie.**

Ad ogni livello, ogni raggruppamento formale rappresenta un **taxon**.



DEFINIZIONE | Un taxon (o taxone) è un gruppo di organismi che sono raggruppati insieme sulla base di caratteristiche comuni. Viene utilizzato per classificare gli organismi e per studiare le loro relazioni evolutive. È un concetto fondamentale in biologia e viene utilizzato in tutti i livelli di classificazione.

Il sistema di classificazione a 3 domini assegna gli organismi al dominio degli **Archea** o agli **Eubacteria** o agli **Eukarya**.

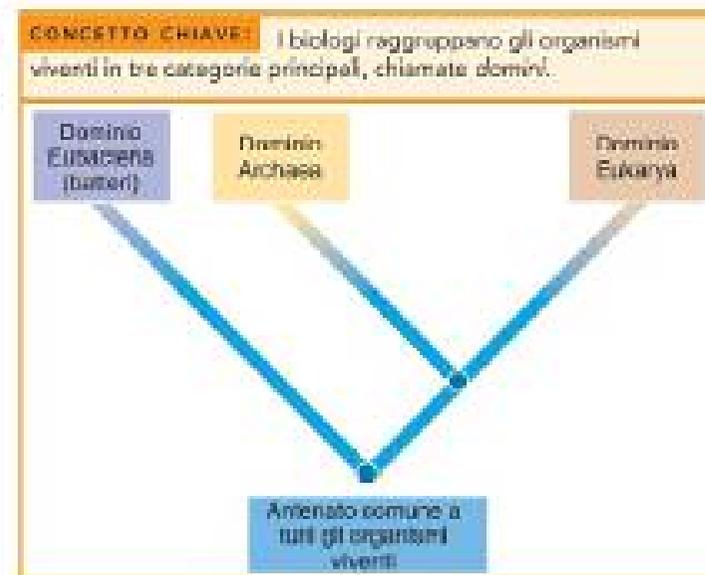


FIGURA 22-2

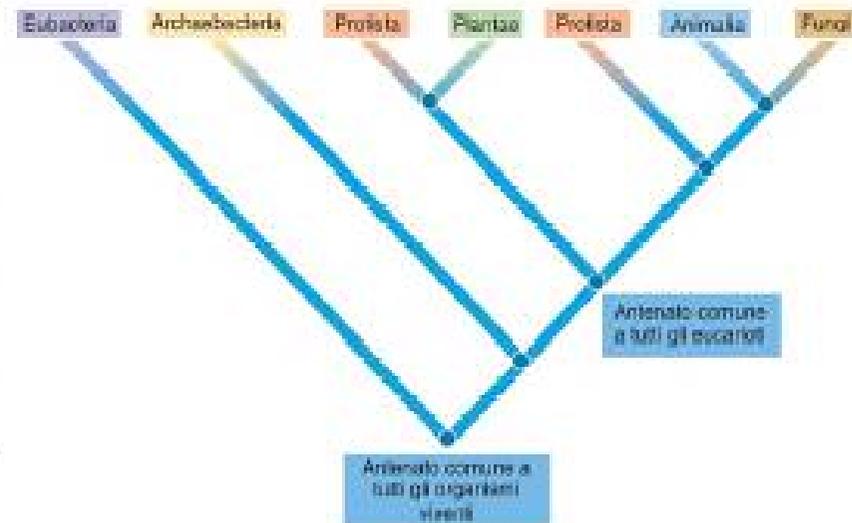
I tre domini.

Questo diagramma ramificato, detto cladogramma, illustra le relazioni evolutive tra gli organismi dei tre domini. I rami rappresentano l'evoluzione delle popolazioni ancestrali di ciascun gruppo nel tempo. Ogni nodo (pallino) rappresenta l'immediato antenato comune ai gruppi che da esso si diramano.

Il sistema a 6 regni
invece riconosce
gli
Archeobacteria,
Eubacteria,
Protista, Fungi,
Plantae e
Animalia.

FIGURA 22-3

Il sistema di classificazione a sei regni. Confrontare questo cladogramma con quello in Figura 22-2. È da notare che i regni Protista, Plantae, Animalia e Fungi possono essere assegnati al dominio Eukarya. I Protista sono un gruppo attualmente diversificato, con diversi rami principali che possono essere eventualmente suddivisi in due o più regni. Questo diagramma è estremamente semplificato. Come in Figura 22-2, i nodi rappresentano i punti di ramificazione dove una specie si divide e due o più popolazioni cominciano a divergere e ad evolvere in maniera indipendente.



Gli organismi appartenenti al dominio Eubacteria sono caratterizzati dalla presenza di peptidoglicani nelle pareti cellulari che sono assenti nelle pareti cellulari degli Archea.

Gli organismi appartenenti al dominio Archea presentano una combinazione di geni simili a quelli dei batteri e a quelli degli eucarioti e sembrano essere più strettamente correlati agli eucarioti che agli eubatteri.

Ad es. essi non hanno la semplice RNA-polimerasi tipica degli Eubacteria.

Il dominio Eukarya è costituito dagli eucarioti ed è suddiviso nei regni:

Protista, Fungi, Plantae ed Animalia

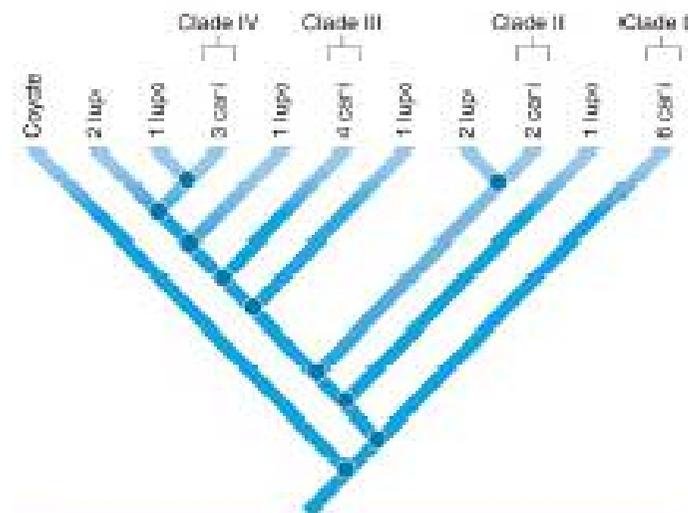
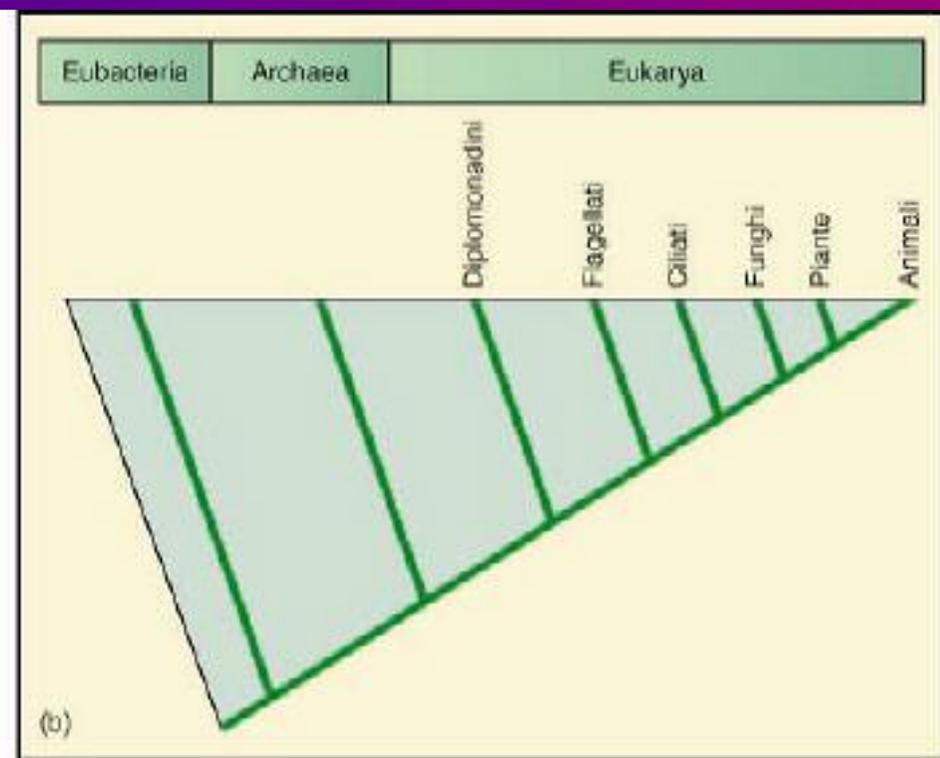
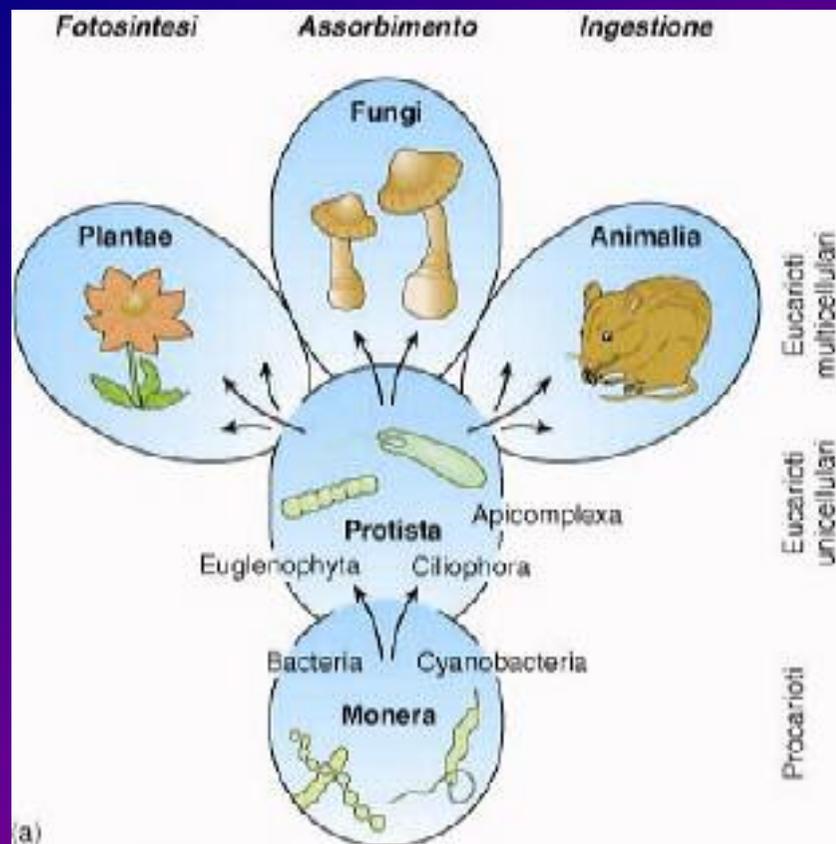


FIGURA 22-8 La tassonomia molecolare.

Diagramma delle relazioni tra 8 lupi e 15 cani basato su differenze a livello del DNA mitocondriale. Sono state analizzate e confrontate 1030 paia di basi di un frammento di DNA mitocondriale. Le sequenze nucleotidiche tra lupi e cani sono risultate molto simili, con differenze non superiori a 12 sostituzioni. Le sequenze nucleotidiche tra cani e coyote differivano invece per almeno 20 sostituzioni. Fra le varie linee di lupi sono state identificate quattro cladi (dicendone) separate di cani, suggerendo origini multiple.



Solomon, Berg, Martin
Biologia
EdSES

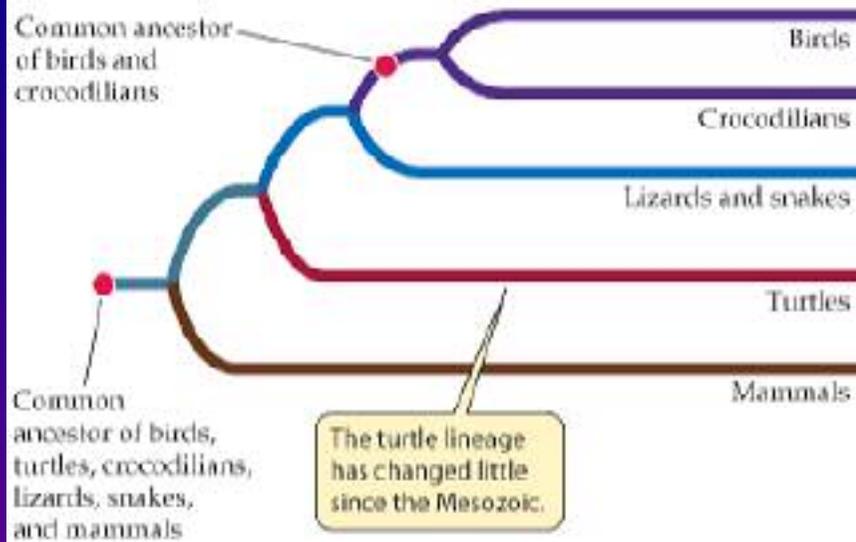


(a)

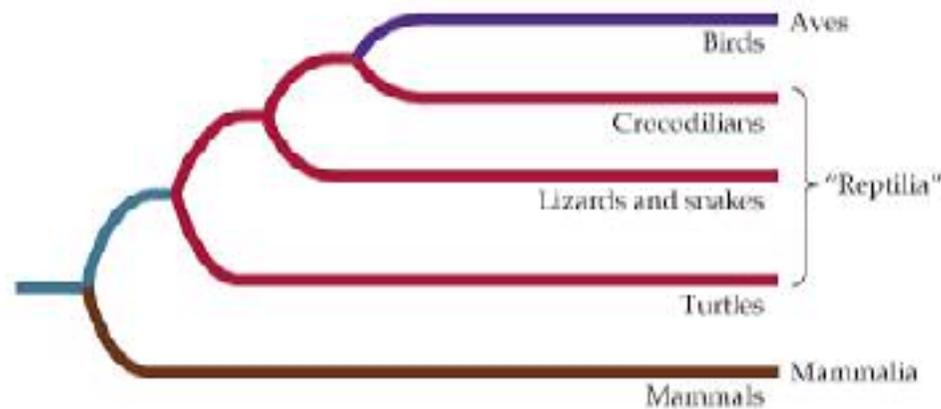
Figura 4.2

Classificazione degli organismi. (a) Nel 1969, Robert H. Whittaker descrisse un sistema di classificazione a cinque regni, basato sull'organizzazione delle cellule e sulla modalità di nutrizione. (b) Studi recenti sull'RNA ribosomiale indicano che il raggruppamento in tre domini rappresenta con maggior precisione le relazioni evolutive remote.

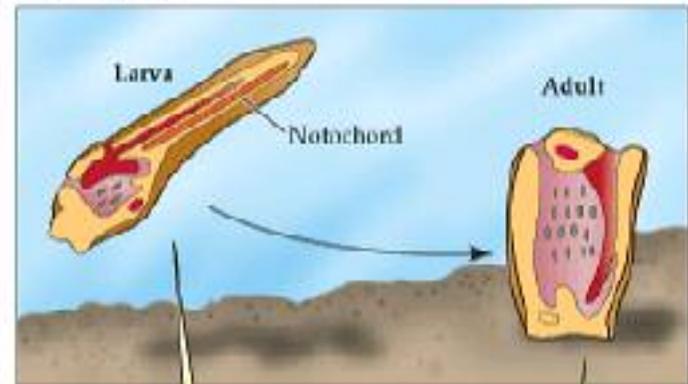
(a) The evolutionary relationships



(b) The traditional classification

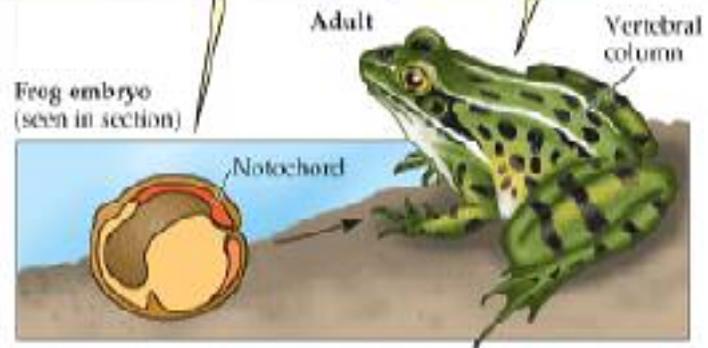


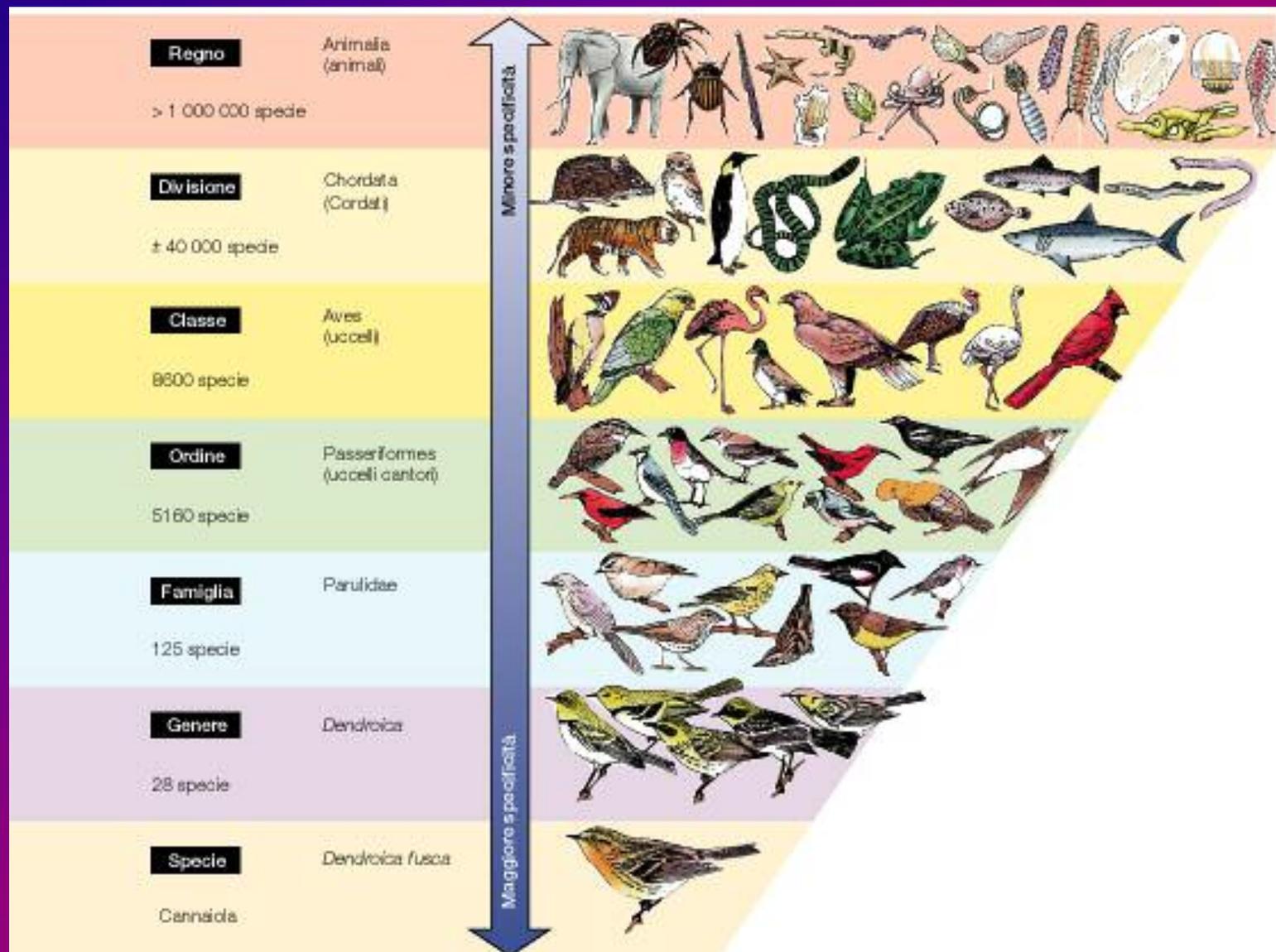
Sea squirt (seen in section)



Sea squirt larvae and the vertebrate embryo (frog) both have a notochord for body support.

Both the adult form of the sea squirt and the adult vertebrate lack notochords.



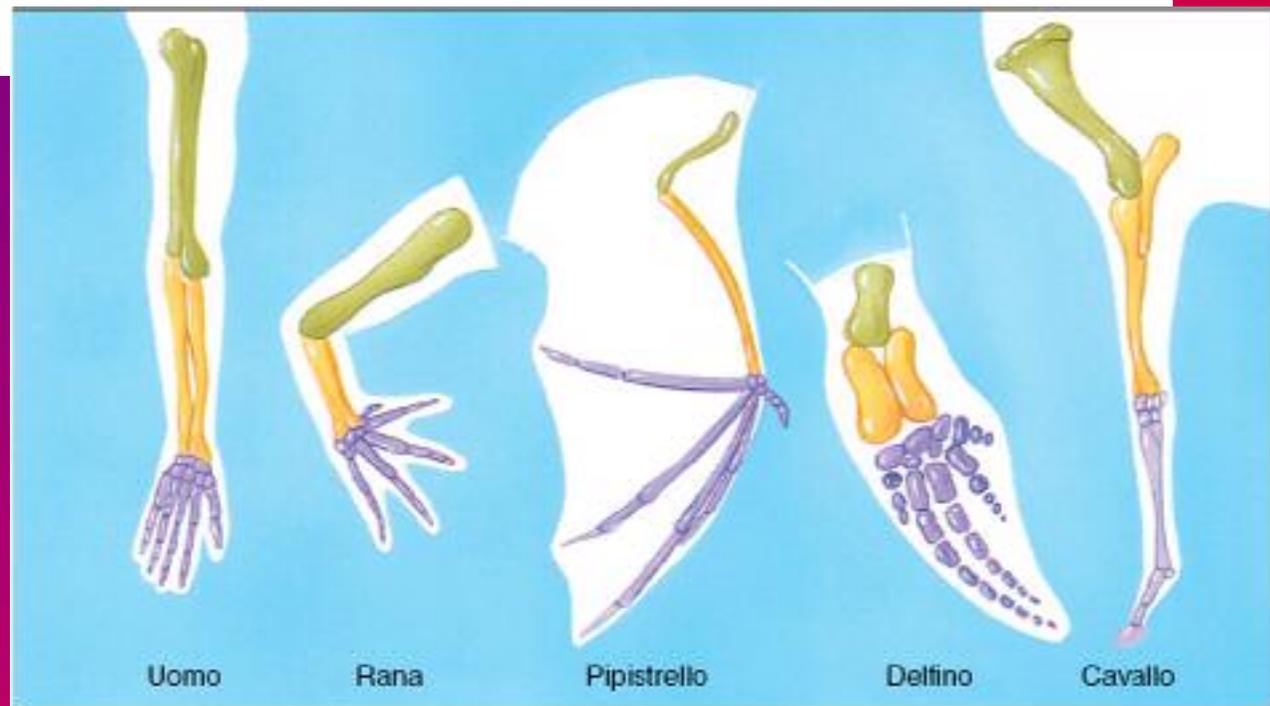


Lo scopo della sistematica è di determinare le correlazioni evolutive, o **filogenesi**, basate su caratteri condivisi. Gli scienziati si sono basati principalmente sulle similarità strutturali per prendere decisioni in merito alla filogenesi.

L'**omologia**, la presenza in due o più specie di strutture derivate da un recente antenato comune, implica l'evoluzione da tale antenato.

Il termine **omoplasia** fa riferimento a caratteri superficialmente simili, ma non omologhi, perché evolutisi indipendentemente.

I biologi oggi utilizzano vari criteri per determinare le correlazioni evolutive. La decisione di quali siano i caratteri che meglio riflettono la filogenesi è ancora controversa



I **caratteri condivisi ancestrali** o **plesiomorfi**, testimoniano l'esistenza di un lontano antenato comune.

I **caratteri condivisi derivati** o **sinapomorfi**, indicano invece la presenza di un recente antenato comune.

La **sistematica molecolare** usa metodi di comparazione di macromolecole come gli acidi nucleici e le proteine per stabilire le correlazioni evolutive.

Recentemente il confronto tra le sequenze nucleotidiche degli RNA ribosomiali hanno condotto a decisioni tassonomiche molto importanti per quanto riguarda i domini, i regni e le specie.

Un **taxon monofiletico** comprende tutti i discendenti del suo antenato comune più recente.

Un **taxon parafiletico** comprende un antenato comune e solo una parte dei suoi discendenti.

Gli organismi di un **gruppo polifiletico** si sono evoluti da antenati differenti.

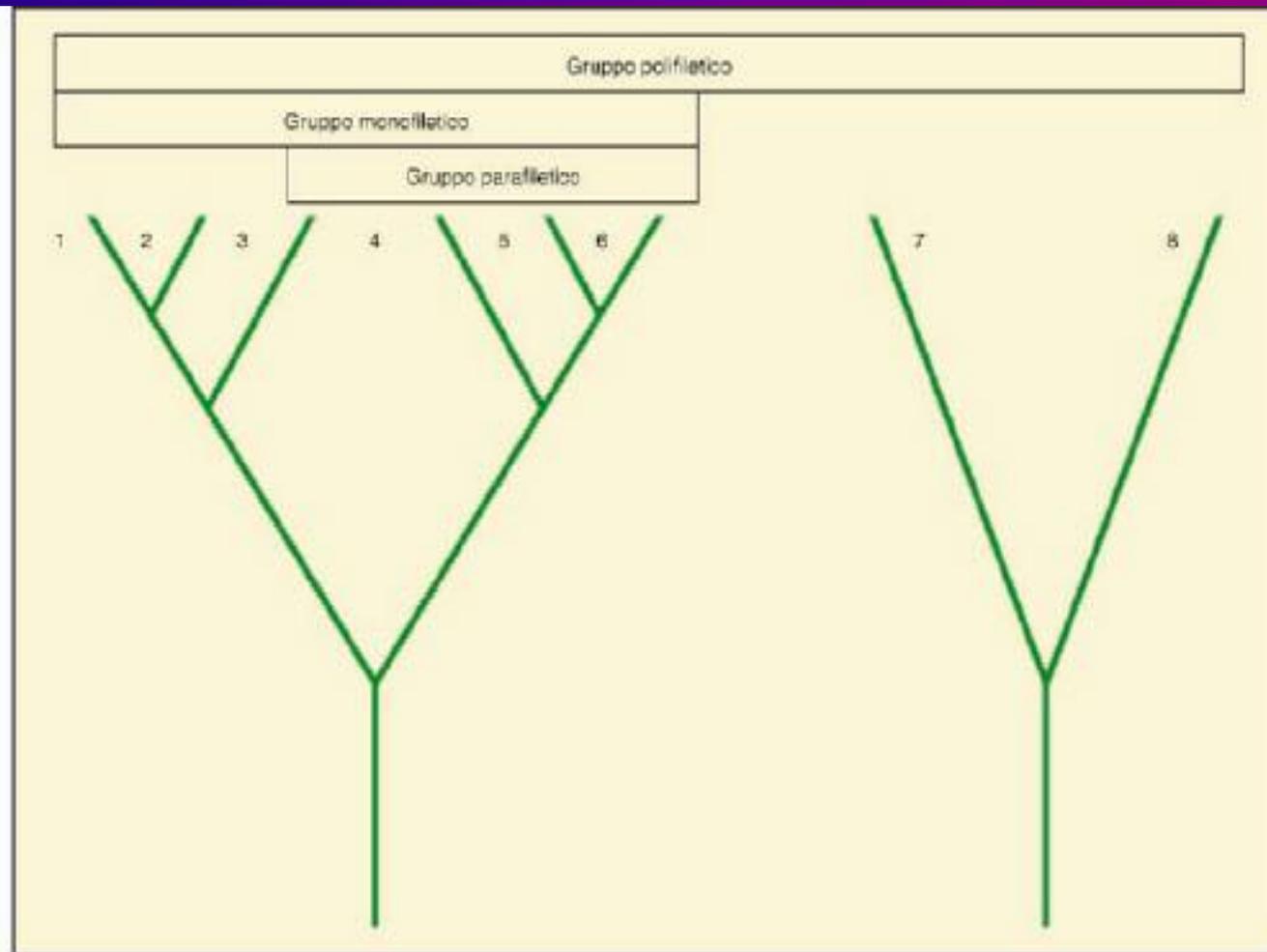


Figura 4.3

Gruppi evolutivi. L'insieme di specie da 1 a 8 rappresenta un gruppo polifiletico, perché le specie da 1 a 6 hanno un progenitore diverso da quello delle specie 7 e 8. L'insieme di specie da 3 a 6 è un gruppo parafiletico, perché le specie 1 e 2 condividono lo stesso progenitore delle specie da 3 a 6, ma sono al di fuori del gruppo. L'insieme di specie da 1 a 6 è un gruppo monofiletico perché comprende tutti i discendenti di un singolo progenitore.

La **sistemica evolutiva** considera sia le ramificazioni evolutive sia il grado di divergenza degli organismi in esame. Essa è basata su caratteri condivisi sia derivati che ancestrali.

La **cladistica**, chiamata anche **sistemica filogenetica**, pone l'accento sul fatto che tutti i taxon debbano essere monofiletici. Ciascun taxon monofiletico, o **clade**, comprende un antenato comune e tutti i suoi discendenti.

I cladisti utilizzano i caratteri condivisi derivati per determinare le relazioni evolutive, che vengono illustrate poi mediante diagrammi, i **cladogrammi**.

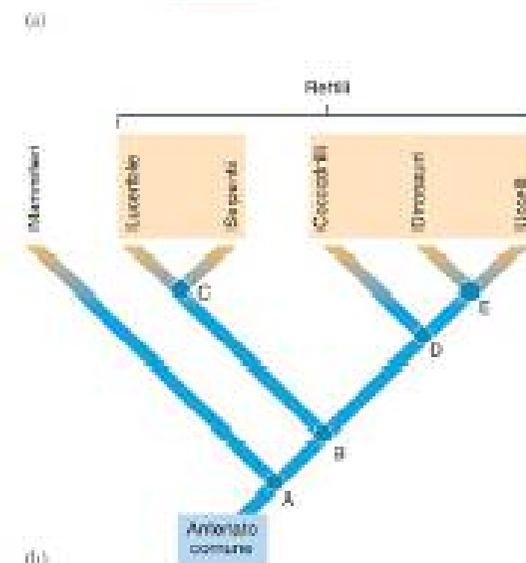
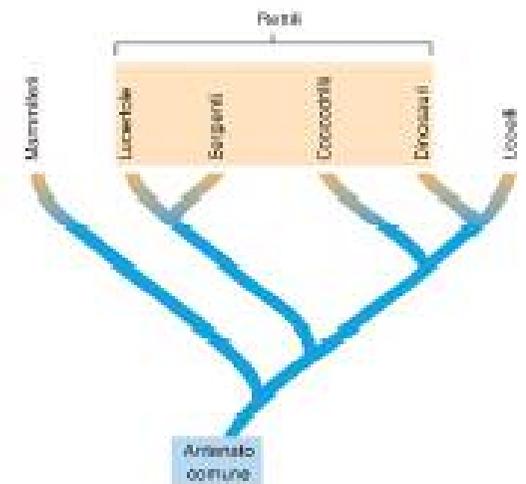
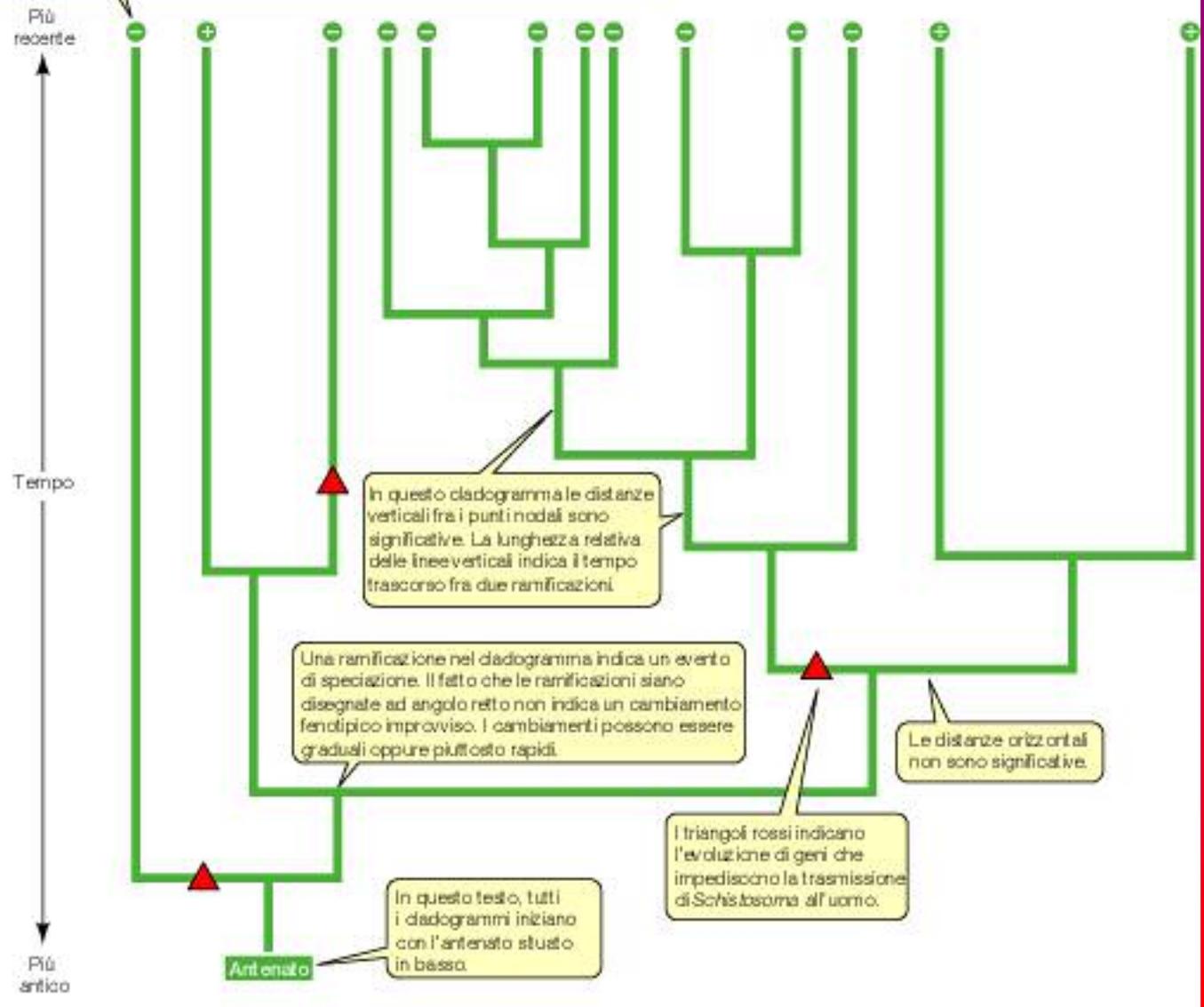


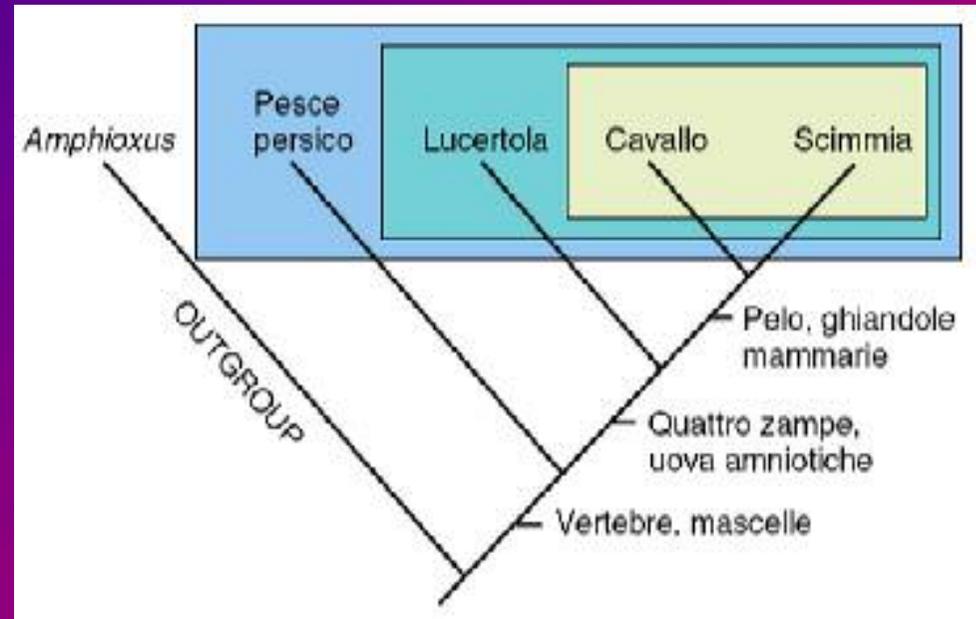
FIGURA 22-7 Due approcci per la classificazione di rettili, uccelli e mammiferi.

Tutti i taxa attuali che discendono da un artenato comune sono riportati in alto. Le specie in grado di trasmettere il parassita *Schistosoma* vengono indicate con il segno (+), quelle che non ne sono in grado con il segno (-).



Un cladogramma rappresentato come gerarchia di taxa a livelli crescenti.

Amphioxus è l'**outgroup** (gruppo esterno) e il gruppo in studio è formato da quattro vertebrati. Vengono utilizzati quattro caratteri: presenza o assenza di quattro zampe, uova amniotiche, pelo e ghiandole mammarie. Per tutti e quattro i caratteri l'assenza rappresenta lo stato primitivo, in quanto è la condizione presente nell'outgroup, *Amphioxus*; per ciascun carattere la presenza è invece lo stato derivato nei vertebrati. Poiché condividono la presenza di quattro zampe e di uova amniotiche come sinapomorfie, la lucertola, il cavallo e la scimmia formano un clado in relazione con il persico. Questo clado è ulteriormente suddiviso da due sinapomorfie (presenza di pelo e ghiandole mammarie) che uniscono cavallo e scimmia in relazione alla lucertola. Dal confronto di animali ancora più lontanamente imparentati sappiamo anche che vertebre e mascelle costituiscono sinapomorfie dei vertebrati e che *Amphioxus*, mancando di questi caratteri, è posizionato al di fuori del clado dei vertebrati = outgroup.



I cladisti usano la **outgroup analysis** per determinare, in un dato gruppo, quali caratteri siano ancestrali e quali derivati. Un outgroup è un taxon che rappresenta la condizione ancestrale in quanto si è separato prima di qualsiasi altro taxon in studio.

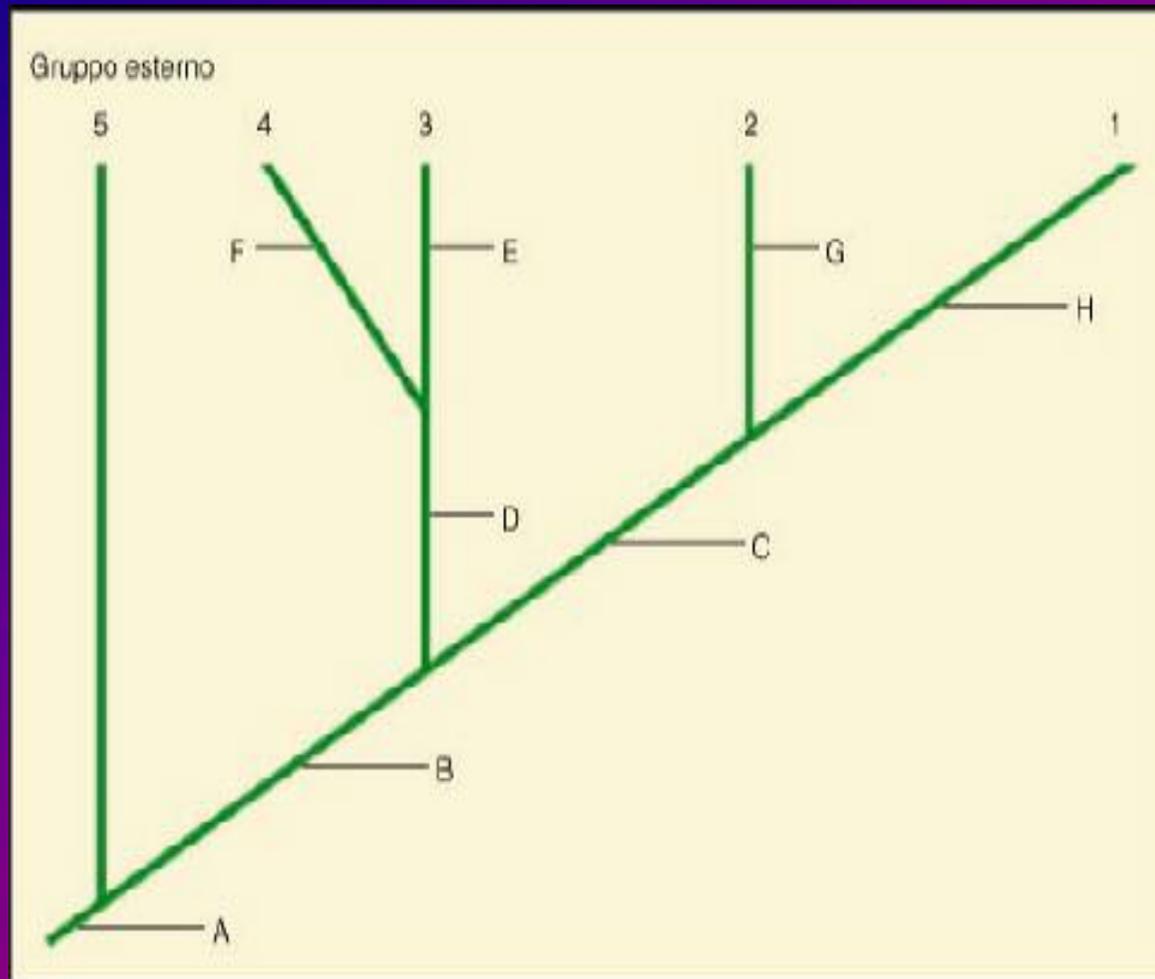


Figura 4.5

Interpretazione dei cladogrammi. Questo ipotetico cladogramma rappresenta cinque taxa (1-5) e i caratteri (A-H) utilizzati per dedurre le relazioni tassonomiche. Il carattere A è simplesiomorfo per l'intero gruppo. Il taxon 5 è il gruppo esterno poiché condivide solo quel carattere ancestrale con i taxa da 1 a 4. Tutti gli altri caratteri sono derivati più recentemente. Quale carattere è una sinapomorfia per i taxa 1 e 2, che li separa da tutti gli altri taxa?

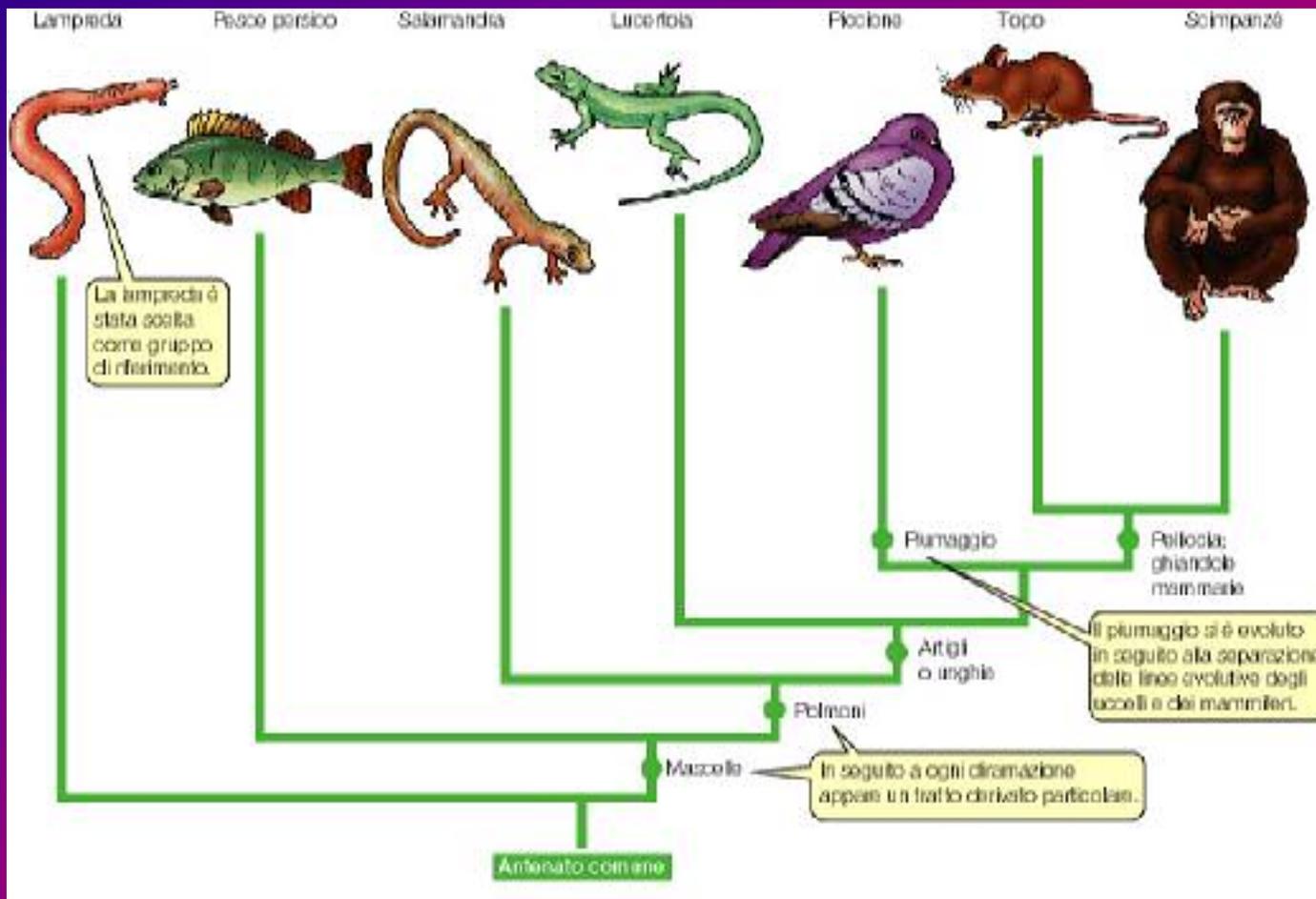




Figura 4.1

Il Phylum descritto più recentemente: Cyclophora. I sistematici classificano gli animali in base alle relazioni evolutive. Generalmente, il lavoro dei sistematici consiste nel disporre le specie recentemente descritte (o le specie di cui si conoscono nuove informazioni) in categorie tassonomiche superiori insieme con le specie studiate precedentemente. È raro che i sistematici descrivano nuovi gruppi tassonomici superiori perché è improbabile trovare un organismo così diverso da ogni altro prima descritto. *Symbion pandora* (nella foto) fu scoperto nel 1995 ed era così caratteristico da giustificare la descrizione di un phylum completamente nuovo, Cyclophora. Gli esemplari della foto ricoprono le appendici boccali di un'aragosta e misurano circa 0,3 mm di lunghezza.

- Nomenclatura e relazioni evolutive;
- Sistematica evolutiva
- Sistematica filogenetica (Cladistica)
- Animali = Monophylum?

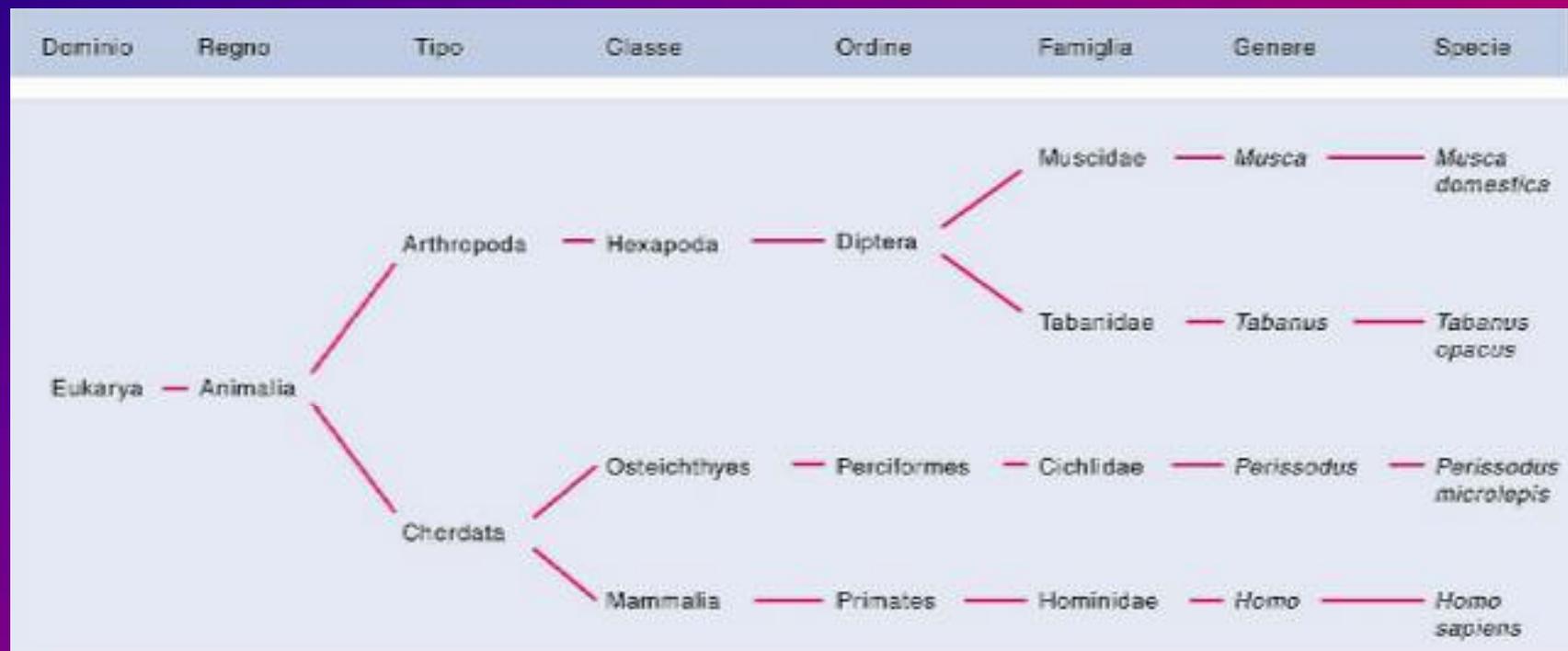
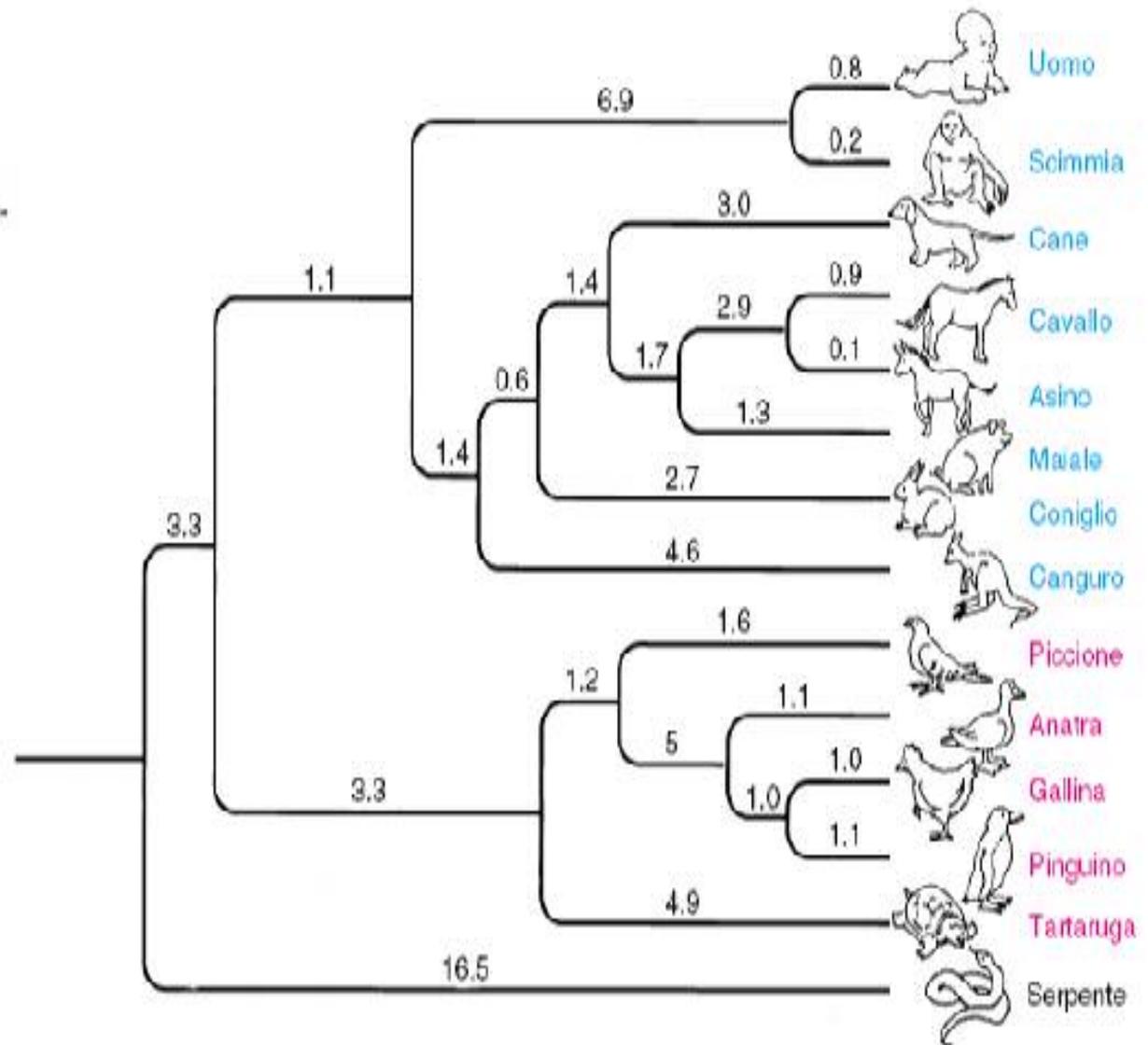


Figura 1.4

Gerarchia delle relazioni. La classificazione di una mosca domestica, un tafano, di un pesce ciclode e dell'uomo illustra come il sistema di classificazione evidenzi i gradi di parentela.

figura 4.3

Albero filogenetico di amnioti rappresentativi, basato su sostituzioni nucleotidiche nel gene che codifica per la proteina respiratoria citocromo c. I numeri sui rami indicano i tassi mutazionali nel gene nelle diverse linee filetiche.



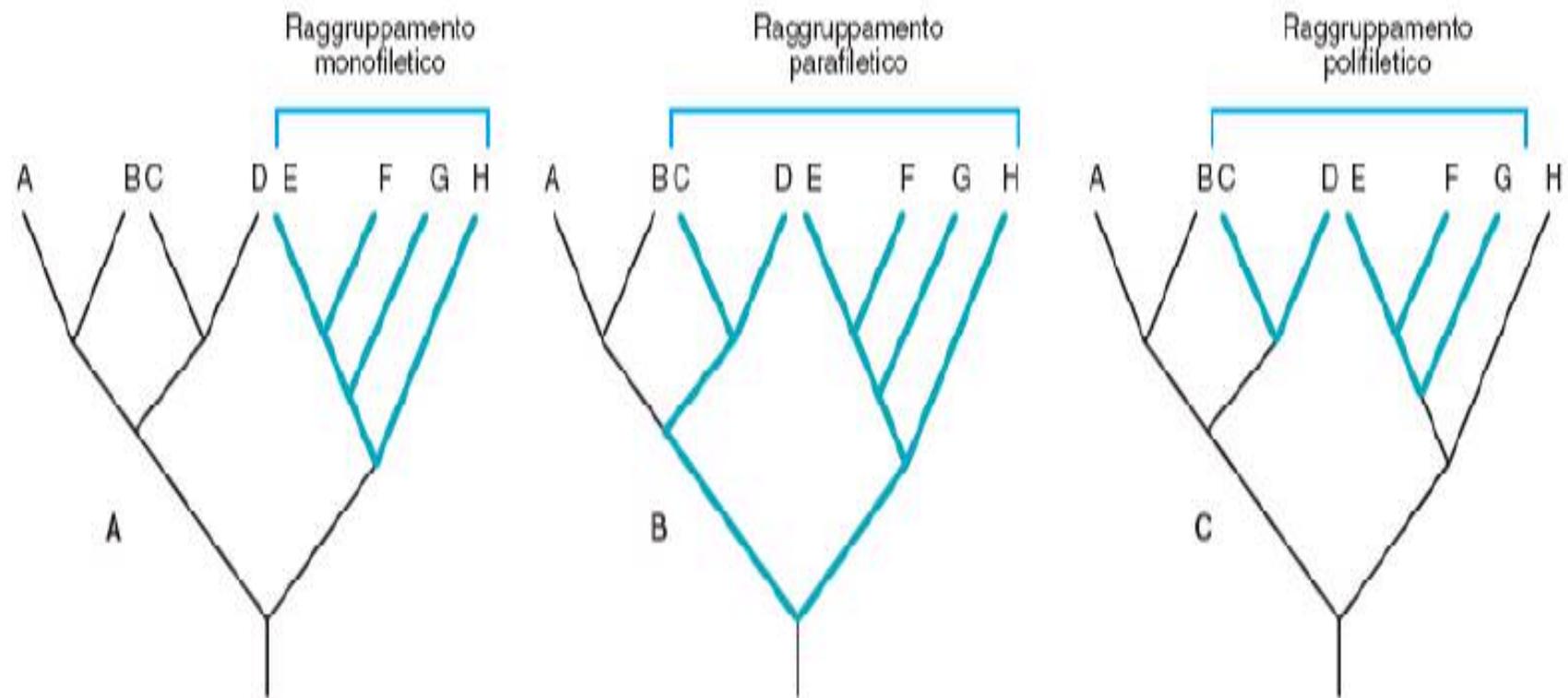


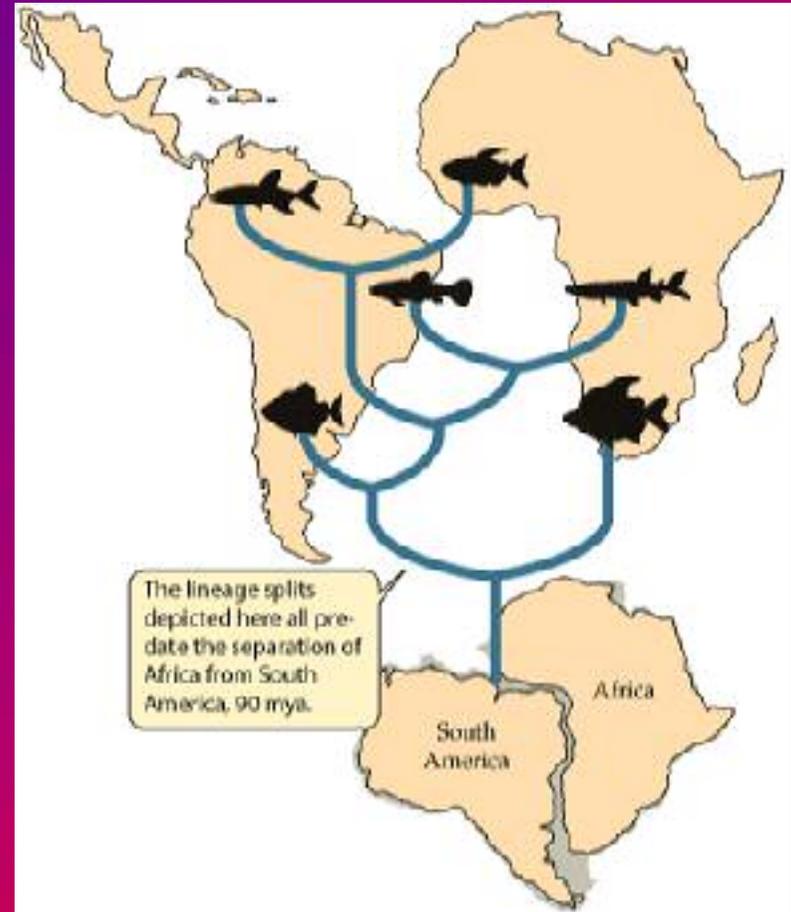
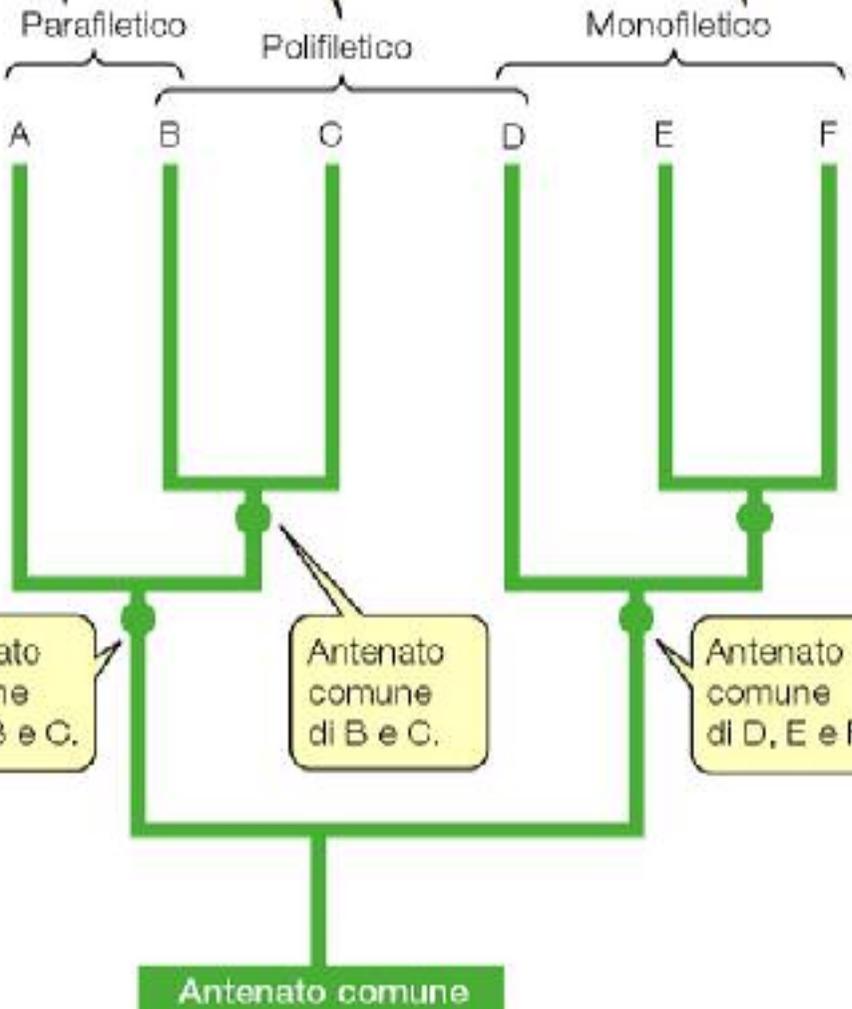
figura 4.4

Relazioni tra filogenesi e gruppi tassonomici, illustrate per un'ipotetica filogenesi di otto specie (da A a H). **A**, *monofilia*: un gruppo monofiletico comprende l'antenato comune più recente di tutti i membri del gruppo, più tutti i suoi discendenti. **B**, *parafilia*: un gruppo parafiletico contiene l'antenato comune più recente di tutti i membri del gruppo e alcuni, ma non tutti, i suoi discendenti. **C**, *polifilia*: un gruppo polifiletico non contiene l'antenato comune più recente di tutti i membri del gruppo, il che implica che il gruppo abbia avuto almeno due origini indipendenti separate.

Un taxon parafiletico comprende alcuni, ma non tutti, i discendenti di un singolo antenato.

Un taxon polifiletico include membri con più di un recente antenato comune.

Un taxon monofiletico comprende tutti i discendenti di un singolo antenato.

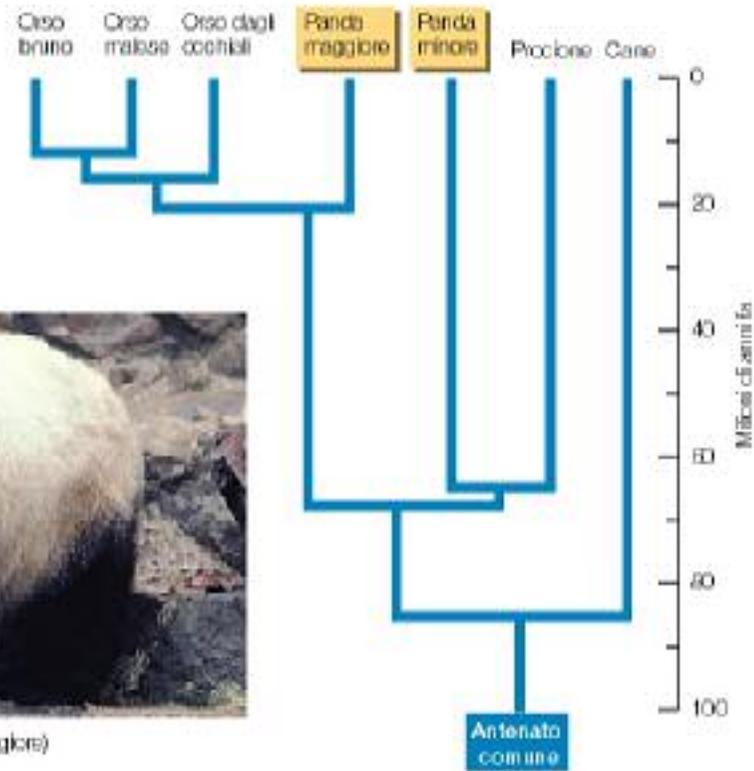


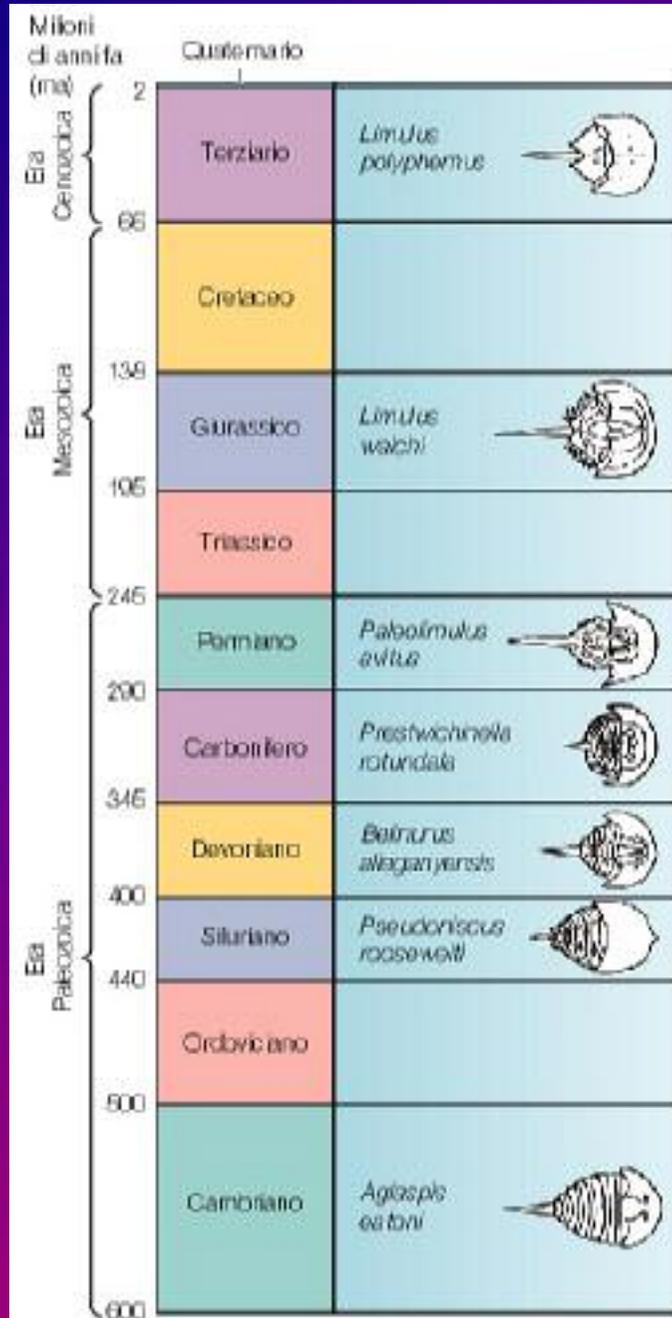


Ailurus fulgens
(panda minore)

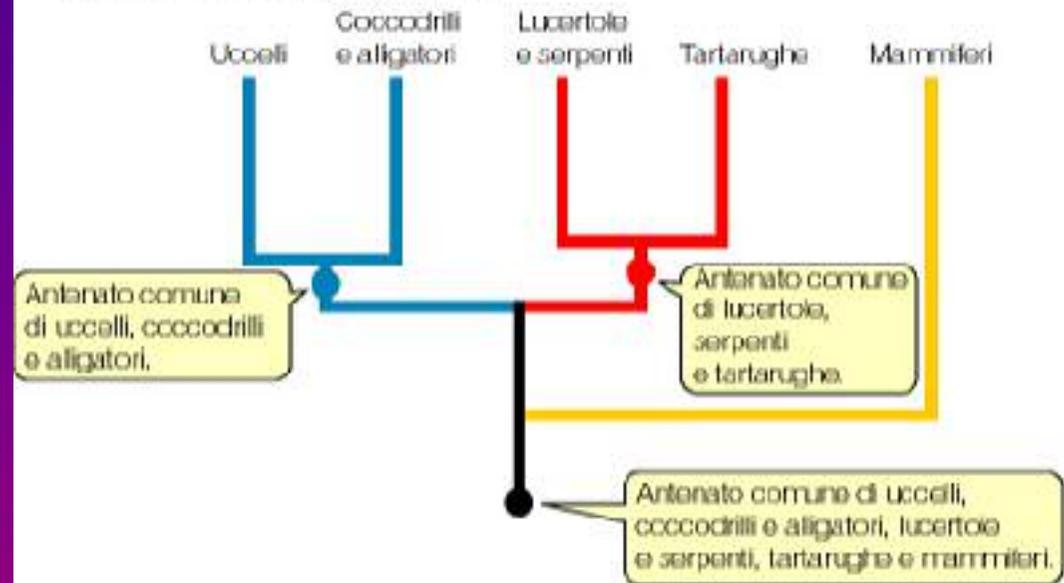


Ailuropus melanoleucus (panda maggiore)





(a) I rapporti filogenetici fra vertebrati

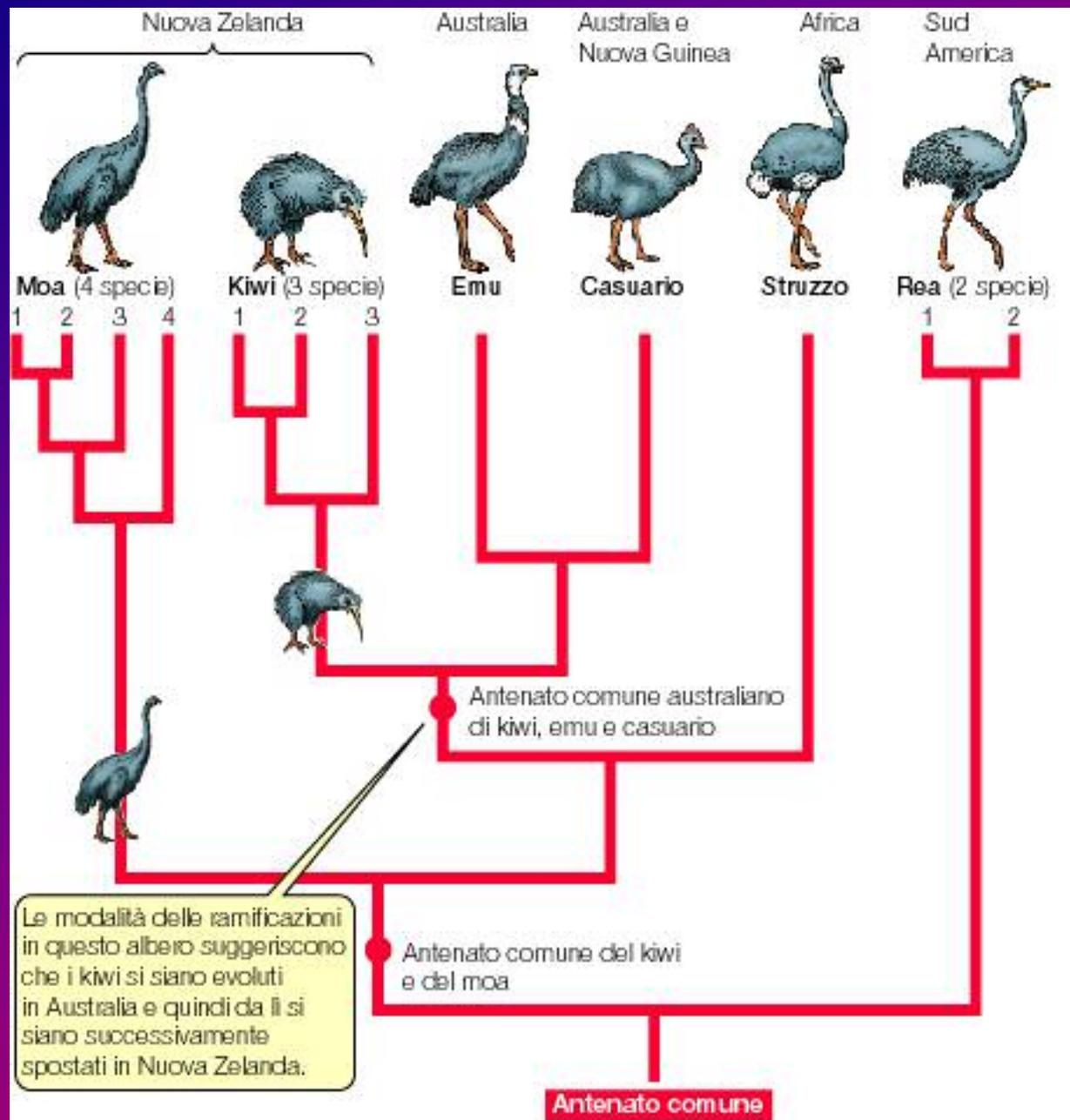


(b) Classificazione tradizionale di uccelli, rettili e mammiferi

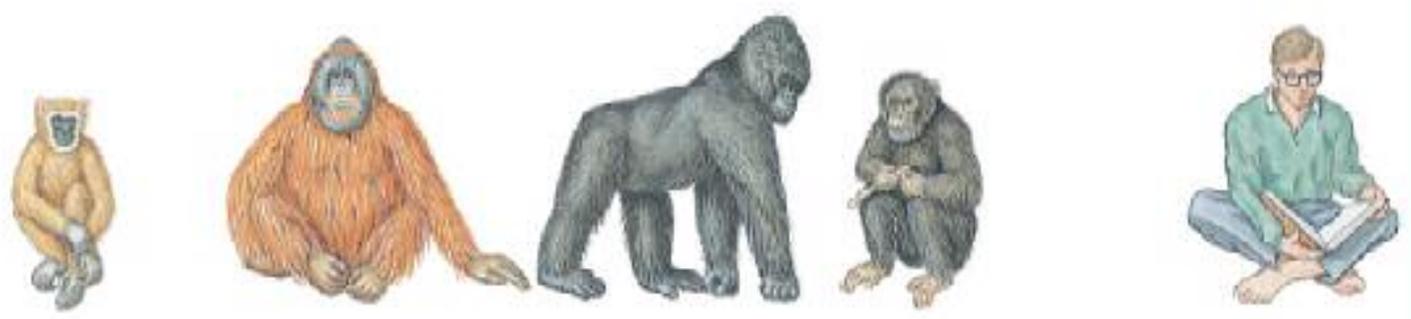


(c) Classificazione cladistica

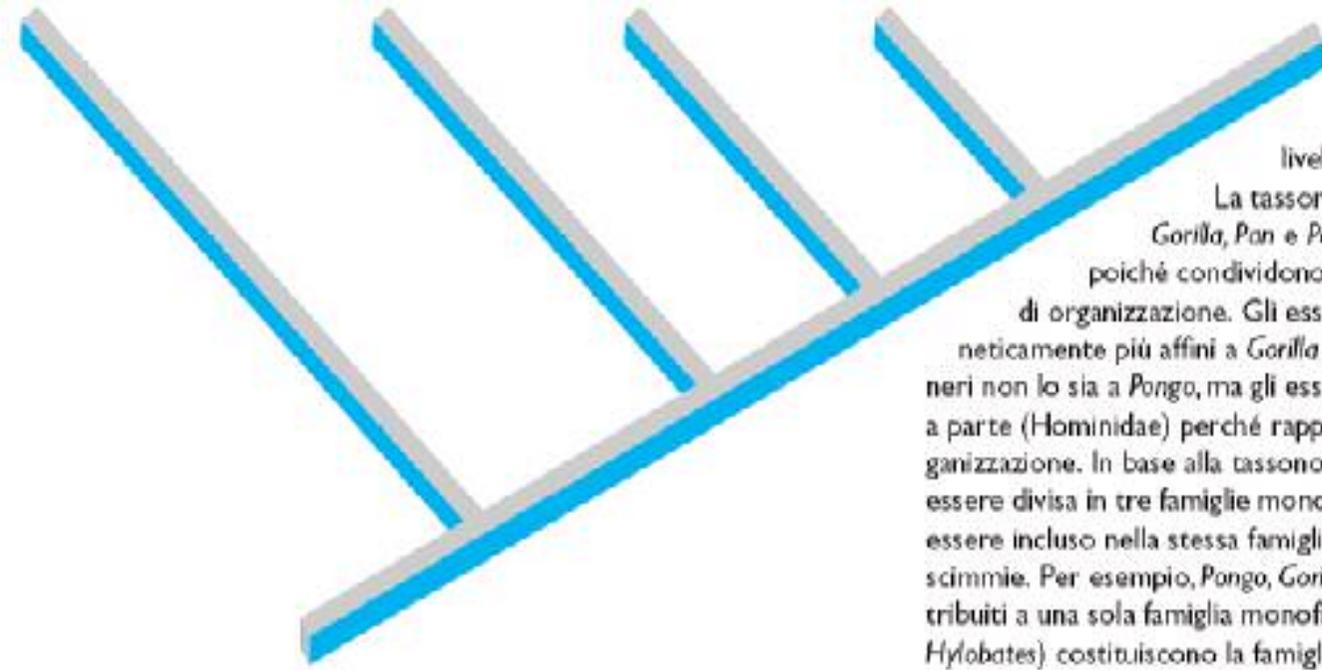




Hylobatidae Pongidae Hominidae



Hylobates Pongo Gorilla Pan Homo



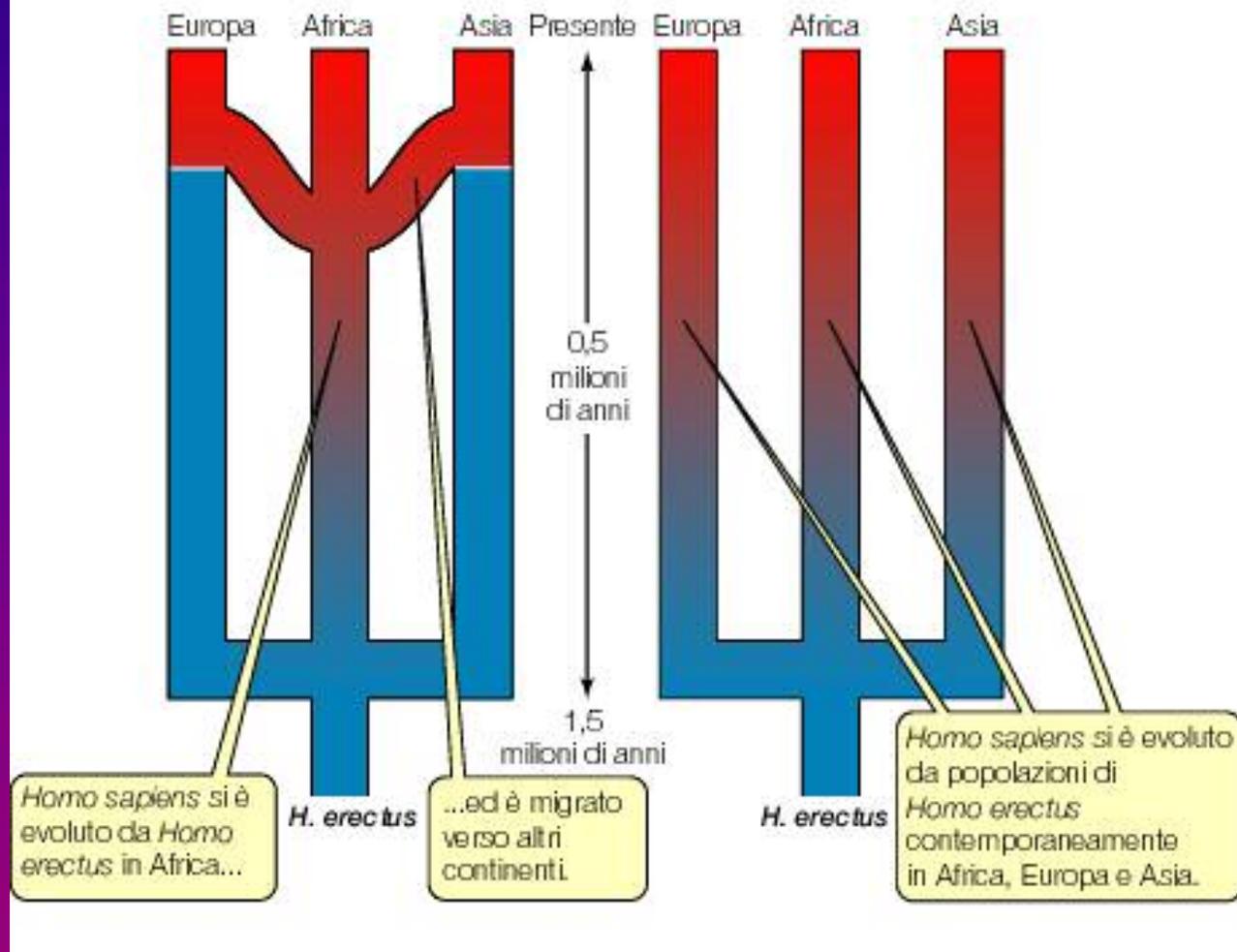
Classificazione a livello di famiglia in accordo con la tassonomia evoluzionistica, basata principalmente su zone adattive uniche.

figura 4.6

Filogenesi e classificazione a livello di famiglia nei primati antropoidei. La tassonomia evoluzionistica raggruppa i generi Gorilla, Pan e Pongo nella famiglia parafiletica Pongidae, poiché condividono la medesima zona adattativa o grado di organizzazione. Gli esseri umani (genere Homo) sono filogeneticamente più affini a Gorilla e Pan di quanto ciascuno di questi generi non lo sia a Pongo, ma gli esseri umani sono collocati in una famiglia a parte (Hominidae) perché rappresentativi di un differente grado di organizzazione. In base alla tassonomia cladistica la famiglia Pongidae deve essere divisa in tre famiglie monofiletiche, oppure il genere Homo deve essere incluso nella stessa famiglia tassonomica di alcune o di tutte le scimmie. Per esempio, Pongo, Gorilla, Pan e Homo potrebbero essere attribuiti a una sola famiglia monofiletica, gli Hominidae. I gibboni (genere Hylobates) costituiscono la famiglia monofiletica Hylobatidae, che è compatibile sia con la classificazione evoluzionistica sia con quella cladistica.

(a) Ipotesi 1: una sola origine in Africa

(b) Ipotesi 2: origine parallela in Europa, Africa e Asia



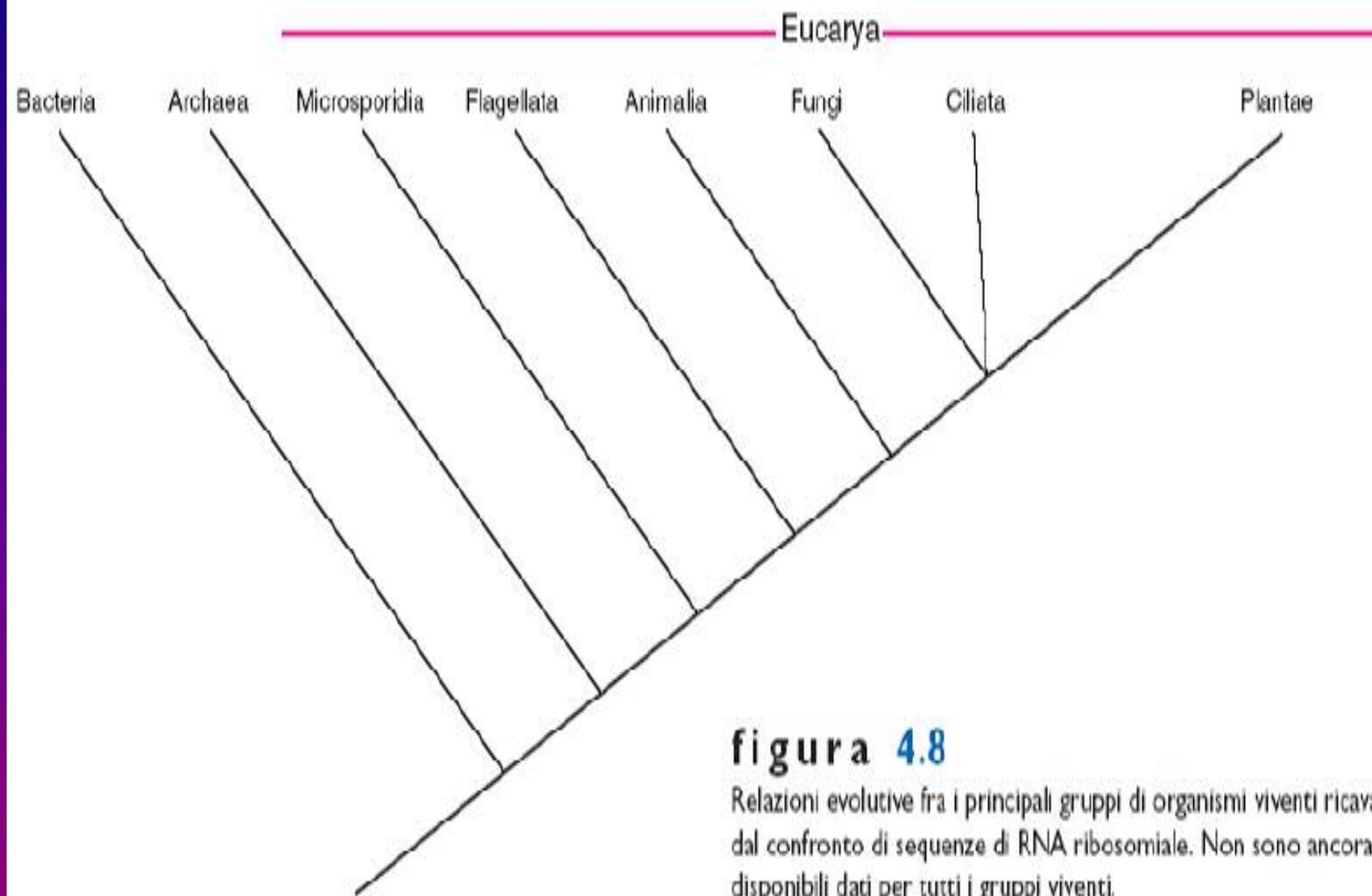
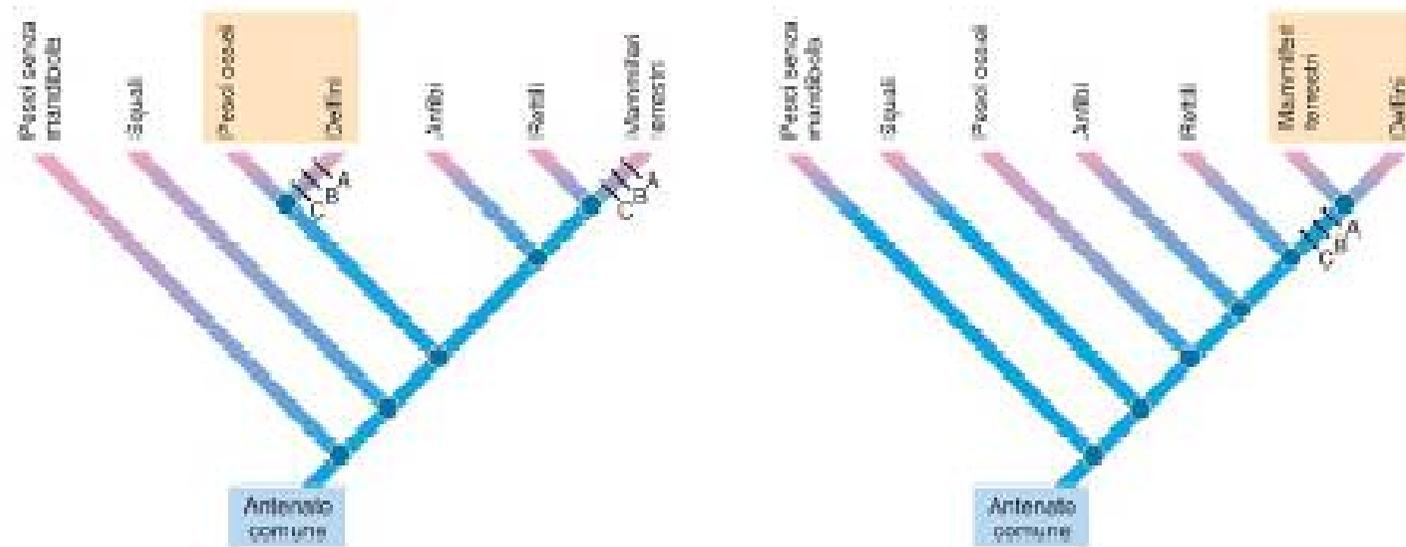


figura 4.8

Relazioni evolutive fra i principali gruppi di organismi viventi ricavate dal confronto di sequenze di RNA ribosomiale. Non sono ancora disponibili dati per tutti i gruppi viventi.

La cladistica utilizza il principio della **parsimonia**: si sceglie l'interpretazione più semplice per spiegare i dati.

Nell'interpretazione dei cladogrammi, le relazioni tra i taxon possono essere determinate solamente seguendo i rami all'indietro fino all'antenato comune più recente (rappresentato da un nodo nel cladogramma). Il cladogramma indica quali taxon condividono un antenato comune e quanto recentemente hanno condiviso tale antenato.



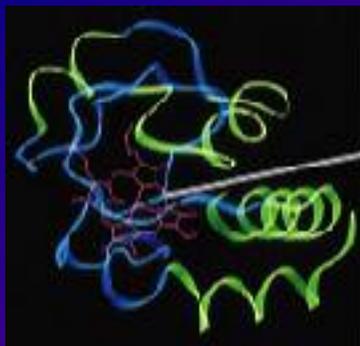
(a) Ipotesi 1: Delfini e pesci ossei sono molto correlati

(b) Ipotesi 2: Delfini e mammiferi terrestri sono molto correlati

FIGURA 22-8 Scegliere le ipotesi alternative di correlazioni evolutive utilizzando il criterio della parsimonia.

I delfini sono più strettamente correlati ai pesci ossei o ai mammiferi terrestri? Sono esaminati tre caratteri: carattere A = peli; B = ghiandola mammaria; C = ossicline dell'orecchio medio. Nell'ipotesi 1, tutti

e tre i caratteri esaminati devono essersi evoluti due volte indipendentemente. Si sceglie l'ipotesi 2, perché richiede che ogni carattere si sia evoluto solo una volta.



Gruppo eme

Il numero 1 indica una posizione invariante nella molecola del citocromo c (cioè in tutti gli organismi è presente sempre stesso amminoacido in quella posizione) e che tale posizione probabilmente è funzionalmente molto importante.

Le catene laterali segnate con le frecce rosse interagiscono con il gruppo eme.

- Acido: **D** Acido aspartico **E** Acido glutammico
- Basico: **H** Istidina **K** Lisina **R** Arginina
- Idrofobo: **F** Fenilalanina **I** Isoleucina **L** Leucina **M** Metionina
V Valina **Y** Tirosina **W** Triptofano **A** Alanina (moderatamente idrofoba)
- Altri: **C** Cisteina **P** Prolina **Q** Glutamina **N** Asparagina
S Serina **T** Treonina **G** Glicina (l'unico amminoacido privo della catena laterale)

Posizione in sequenza: -8 -5 -11 5 10 15 20 25 30 35 40

Numero di amminoacidi in organismi diversi nella posizione mostrata

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
Uomo, scimpanzé	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Muscaus Rhesus	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Cavallo	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Asino	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Mucca, maiale, pecora	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Cane	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Coniglio	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Balena grigia	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Canguro grigio	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Pola, tacchino	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Riccione	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Anitra marina	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Tartaruga	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Serpente e sonagli	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Rospo	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Torfo	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Pescocane	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Sarria cynbira (figiola)	C	L	A	I	K	C	E	F	I	V	Q	R	C	A	G	C	H	T	V	I	A	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A	
Tigola del verme del tabacco	C	L	A	D	N	G	K	K	I	F	Y	Q	R	C	A	G	C	H	T	V	I	A	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Falena	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Drosophila (moscerino della frutta)	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
lievito di birra	C	L	A	R	K	G	A	T	L	F	R	T	R	C	A	G	C	H	T	V	I	L	C	G	F	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Candida krusei (un lievito)	C	L	A	K	L	G	A	T	L	F	R	T	R	C	A	G	C	H	T	V	I	A	C	G	F	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Neurospora crassa (una muffa)	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Frumento	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Grano	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Fagiolo	C	L	A	R	K	G	A	T	L	F	R	T	R	C	A	G	C	H	T	V	I	L	C	G	F	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Riso	C	L	A	R	K	G	A	T	L	F	R	T	R	C	A	G	C	H	T	V	I	L	C	G	F	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A
Sesamo	G	D	V	I	L	G	K	K	I	F	I	M	K	C	S	G	C	H	T	V	I	K	C	G	K	I	K	T	G	F	N	L	I	G	L	T	G	K	T	G	C	A

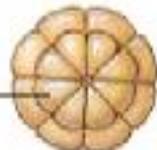
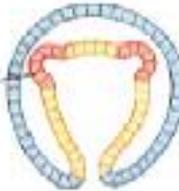
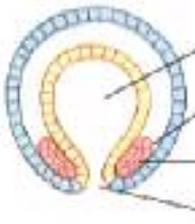
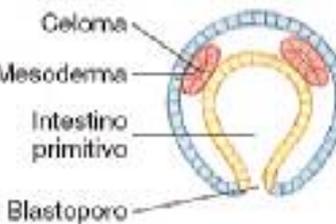
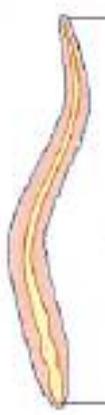
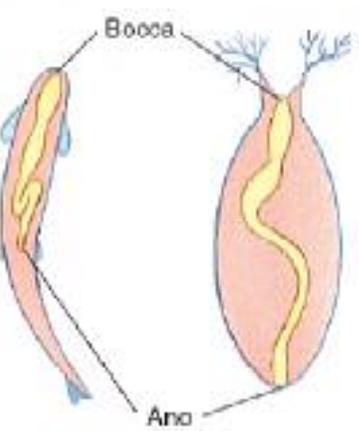
PROTOSTOMI		DEUTEROSTOMI	
 <p>Segmentazione spirale</p>	Segmentazione prevalentemente spirale	 <p>Segmentazione radiale</p>	Segmentazione prevalentemente radiale
 <p>Cellula che darà origine al mesoderma</p> <p>4d</p>	L'endomesoderma di solito si origina da un particolare blastomero, chiamato 4d	 <p>Endomesoderma si forma da tasche dell'intestino primitivo</p>	Endomesoderma si origina da evaginazione enterocelica (cordati esclusi)
 <p>Intestino primitivo</p> <p>Mesoderma</p> <p>Celoma</p> <p>Blastoporo</p>	Nei protostomi celomati, il celoma si forma a partire da bande mesodermiche (schizocoele)	 <p>Celoma</p> <p>Mesoderma</p> <p>Intestino primitivo</p> <p>Blastoporo</p>	Tutti celomati, il celoma si forma dalla fusione di tasche enteroceliche (eccetto i cordati, schizocelici)
 <p>Ano</p> <p>Anellida (lombrico)</p> <p>Bocca</p>	<p>La bocca deriva dal blastoporo, o da un'area a esso adiacente; ano di nuova formazione</p> <p>Embriologia prevalentemente determinata (a mosaico)</p> <p>Comprende i phyla Platyhelminthes, Nemertea, Annelida, Mollusca, Arthropoda e phyla minori</p>	 <p>Bocca</p> <p>Ano</p>	<p>L'ano deriva dal blastoporo o da un'area a esso adiacente; la bocca è di nuova formazione</p> <p>Embriologia di solito indeterminata (regolativa)</p> <p>Include i phyla Echinodermata, Hemichordata e Chordata, e in passato anche i phyla Chaetognatha, Phoronida, Ectoprocta, Brachiopoda.</p>

figura 4.10

Caratteristiche di base utili per la distinzione fra animali bilateri.