



Corso di Zoologia.
(M-Z) 2021

12. Tassonomia



Tassonomia



La **Sistematica** biologica è la scienza che studia la diversità degli organismi viventi, la loro **Classificazione** e la loro **Filogenesi**.

La **Tassonomia** è la disciplina che studia i metodi e le procedure della **Classificazione**. In un certo senso è la componente applicativa della **Sistematica**.

La **Classificazione** biologica si prefigge di ordinare gli organismi in gruppi sulla base delle loro relazioni di similarità e/o di affinità.

La **Nomenclatura** biologica si occupa di stabilire il sistema dei nomi da attribuire agli organismi e ai diversi raggruppamenti riconosciuti dalla **Classificazione**. Potremmo considerarla il suo «linguaggio».

La **Filogenesi** può essere definita come la genealogia degli organismi nel corso della loro storia evolutiva.



A cosa serve la tassonomia?

“Spesso consideriamo la tassonomia la più noiosa delle discipline, come si vede in una quantità di metafore denigratorie: appendere gli indumenti all’attaccapanni della natura...; incollare francobolli nell’album della realtà....”

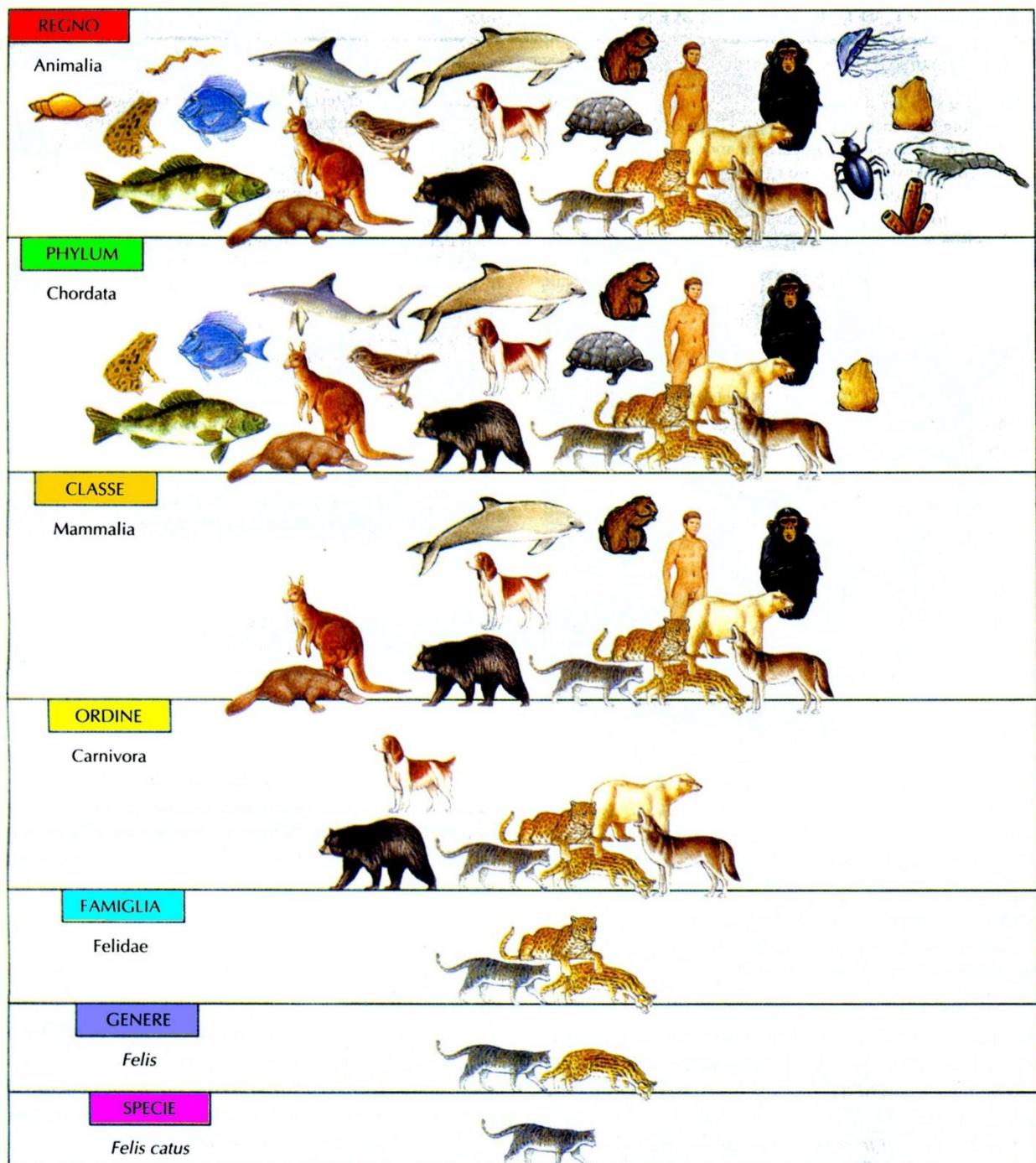
Tale visione riflette inoltre una menzogna fondamentale: il presupposto che «là fuori» esista una natura completamente oggettiva, che appare uguale a ogni osservatore privo di pregiudizi. Suppongo che, se un tale quadro fosse reale, la tassonomia diverrebbe davvero la più noiosa di tutte le scienze, dato che la natura presenterebbe una serie di ovvie caselle e i tassonomisti non dovrebbero far altro che cercarne i proprietari e ficcarceli dentro. Un’impresa che forse richiede diligenza, ma ben poca creatività o immaginazione.

Le **classificazioni non sono un mezzo passivo** per ordinare un mondo diviso oggettivamente in categorie ovvie. Le tassonomie sono decisioni prese dall'uomo e imposte sulla natura, teorie sulle cause dell'ordine naturale. La cronaca dei cambiamenti storici nella classificazione ci fornisce la via più elegante per analizzare le rivoluzioni concettuali del pensiero umano. La natura oggettiva esiste, ma possiamo dialogare con essa solo tramite la struttura del nostro sistema tassonomico.”

Stephen Jay Gould
da “Gli alberi non crescono fino in cielo”



Classificare



Nel costruire una classificazione occorre individuare 4 elementi:
le **unità elementari**, i **criteri di raggruppamento**, come definire delle **serie gerarchiche** e quale **nomenclatura** utilizzare.
In questo esempio di organizzazione gerarchica del sistema di classificazione zoologico, l'unità elementare è il gatto e ciascun livello gerarchico è più **inclusivo** di quello immediatamente inferiore.

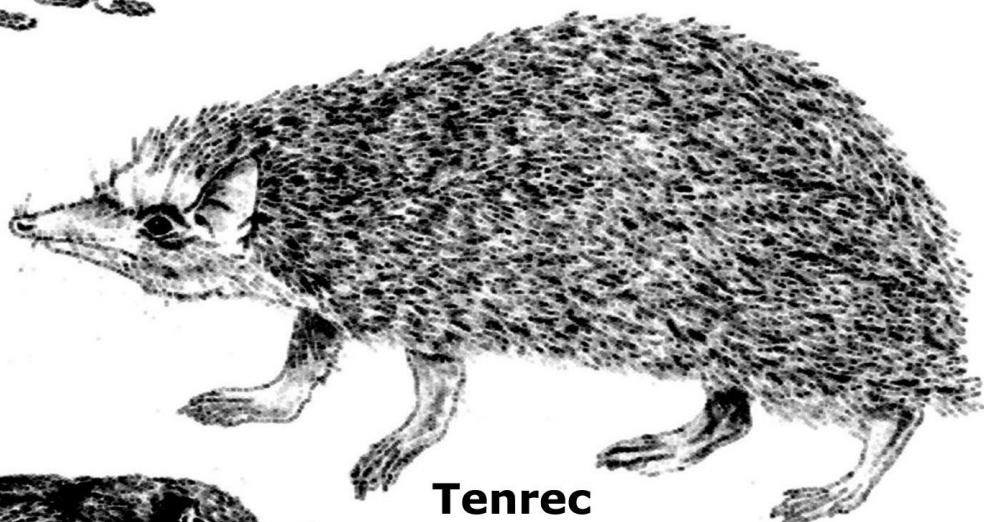
1. Unità elementari: concetto morfologico di specie



**Toporagno
riccio**



Riccio algerino



Tenrec

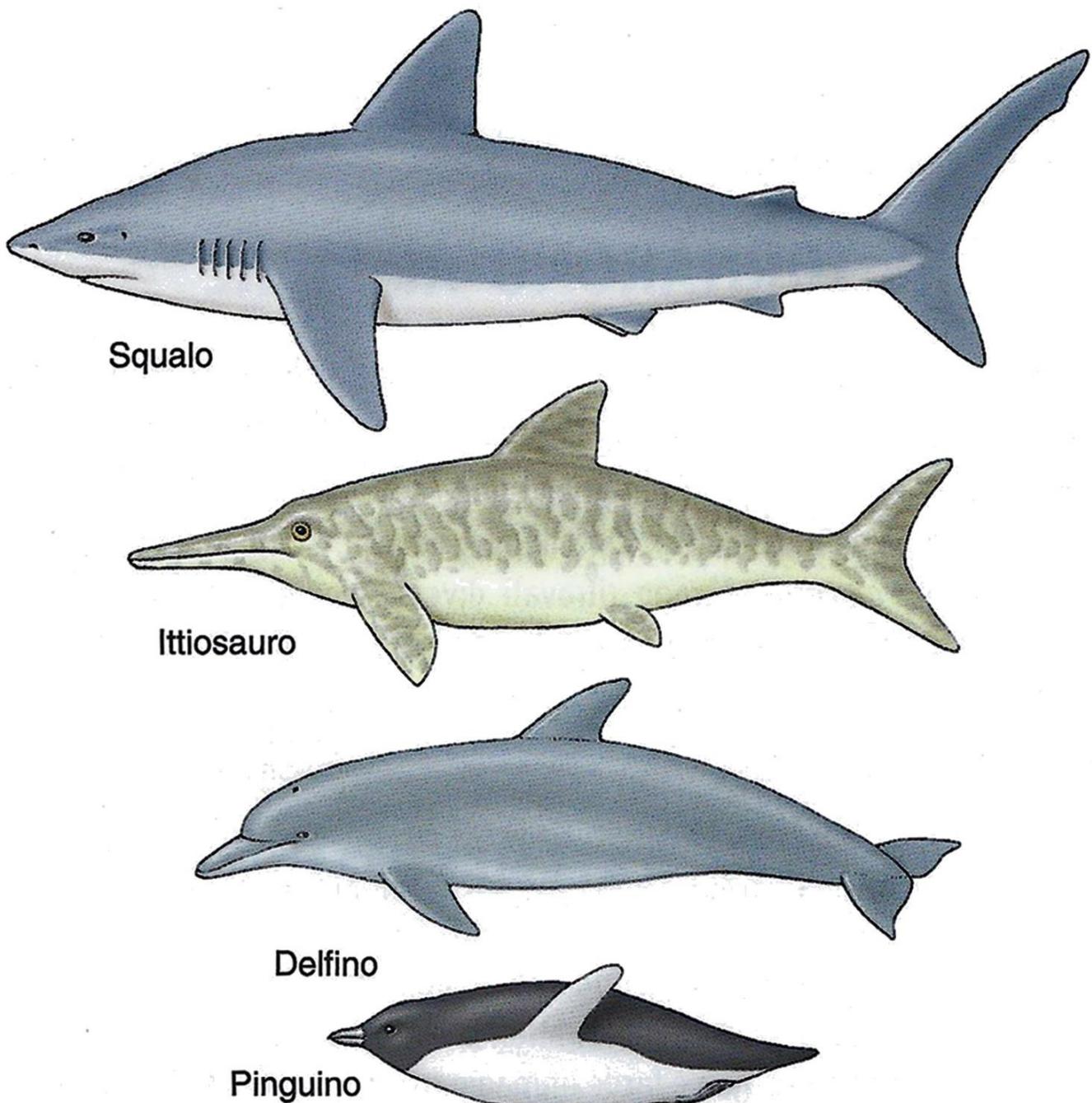


Tenrec a coda lunga

Animali caratterizzati da esigenze simili spesso si somigliano più di quanto somigliano ai loro parenti più stretti. Il riccio algerino (*Erinaceus algirus*) è un parente stretto del toporagno riccio (*Neotetracus sinensis*), mentre il tenrec (*Setifer setosus*) è un parente stretto del tenrec a coda lunga (*Microgale melanorrachis*). Le somiglianze, però, non corrispondono alle rispettive parentele.



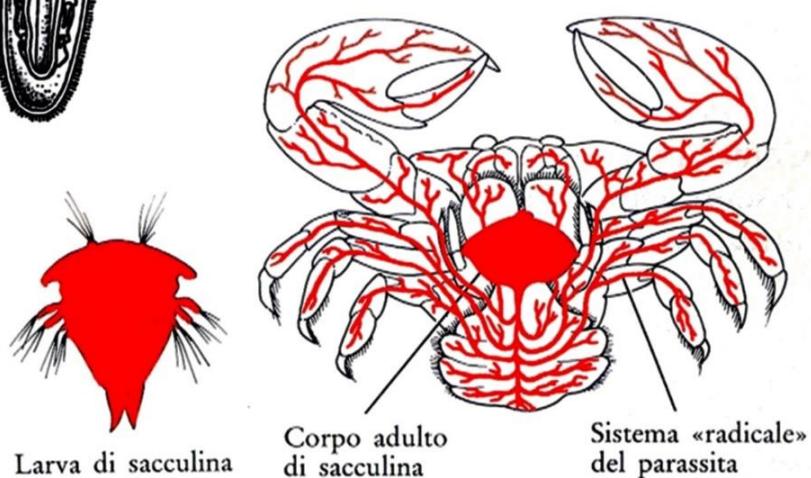
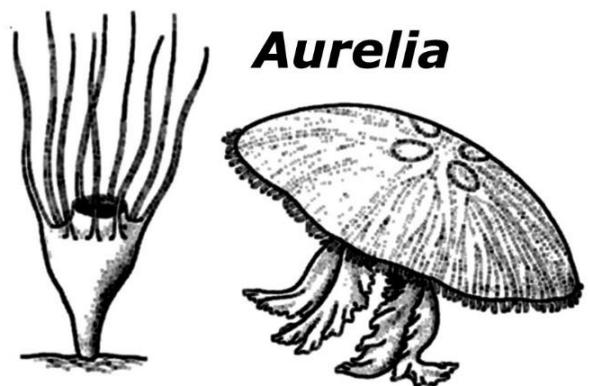
Convergenza adattativa



L'**idrodinamismo**, come forma di adattamento alla vita acquatica, si è evoluto **indipendentemente** in diversi gruppi di animali marini: squali (condroitti), ittiosauri (rettili estinti), delfini (mammiferi) e pinguini (uccelli). È interessante notare come i dettagli rivelino una evoluzione indipendente. Per quanto riguarda la pinna caudale: nei delfini è orizzontale e non verticale, negli squali la colonna vertebrale si continua nel lobo superiore, negli ittiosauri in quello inferiore.



Variabilità intraspecifica



Perfino casi di **dimorfismo sessuale** non estremi possono costituire un problema. Lo stesso Linneo sbagliò nel classificare i germani reali chiamando *Anas boschas* il maschio e *Anas platyrhynchos* la femmina. Per quanto riguarda le larve, non a caso, spesso presentano un nome specifico; infatti appena scoperte appartenevano a una specie ignota.

Concetto biologico di specie



Specie



Ibrido



Agamospecie

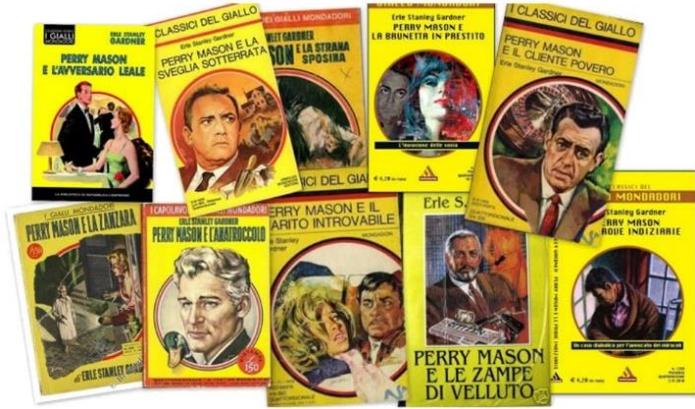


Fossile

Il **concetto biologico** è migliore di quello **morfologico**. La **specie** è una **comunità riproduttiva potenziale**, i cui membri possono incrociarsi tra loro, originando **prole feconda**, mentre risultano **isolati** da analoghe comunità riproduttive, le quali formano altrettante specie distinte. Il concetto biologico non si riesce però ad applicare alle specie **uniparentali** e a quelle **fossili**.



2. Criteri di raggruppamento



Non esiste un **unico criterio** che ci consenta di ordinare una serie di oggetti e criteri differenti possono risultare più o meno utili in circostanze diverse. È possibile stabilire se un criterio è migliore di un altro? Immaginiamo di dover sistemare alcuni libri negli scaffali di una libreria. Possiamo ordinarli, cioè in ultima analisi possiamo classificarli, per:

- il colore della copertina,**
- per autore,**
- in ordine alfabetico,**
- per genere letterario,**
- per argomento.**

Potremmo anche ordinarli in base a quanto ci sono piaciuti oppure nell'ordine preciso in cui li abbiamo letti o acquistati.



Soggettivo vs oggettivo

Ordinati in base al gradimento personale

Titolo	Titolo originale	Autore	Genere	Nazionalità autore	1ª ed. originale
Signore degli anelli Il	Lord of the Rings The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1955
Storia infinita La	Unendliche Geschichte Die	Ende M	Fantasy	Tedesco	1979
Silmarillion Il	Silmarillion The	Tolkien JRR	Fantasy, mitopoesi, epico.	Britannico	1977
Hobbit o la riconquista del tesoro Lo	Hobbit or There and Back Again The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1937
Ragazzi della via Pál I	Pál utcai fiúk A	Molnár F	Ragazzi.	Ungherese	1907
Storia di una capinera	Storia di una capinera	Verga G	Epistolare.	Italiano	1871
Isola del tesoro L'	Treasure Island	Stevenson RL	Avventura.	Britannico	1883
Vita dei campi	Vita dei campi	Verga G	Raccolta di novelle.	Italiano	1880
Signore delle mosche II	Lord of the Flies	Golding W	Romanzo.	Britannico	1954
Isola misteriosa L'	Île misterieuse L'	Verne J	Avventura, fantascienza.	Francese	1875
Avventure di Pinocchio Le	Avventure di Pinocchio Le	Collodi C	Ragazzi, fantastico.	Italiano	1881
Momo	Momo	Ende M	Romanzo.	Tedesco	1973
Isola di Arturo L'	Isola di Arturo L'	Morante E	Romanzo.	Italiano	1957
Vita violenta Una	Vita violenta Una	Pasolini PP	Romanzo.	Italiano	1959
Avventure di Tom Bombadil Le	Adventures of Tom Bombadil The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1962
Avventure di Jim Bottone Le	Jim Knopf und Lukas der Lokomotivführer	Ende M	Fantasy, ragazzi.	Tedesco	1960
Avventure del capitano Hatteras Le	Voyages at aventures du capitaine Hatteras	Verne J	Avventura.	Francese	1864
Avventure di Ettore Servadac Le	Hector Servadac	Verne J	Romanzo fantastico.	Francese	1877
Avventure di Huckleberry Finn Le	Adventures of Huckleberry Finn The	Twain M	Ragazzi.	Statunitense	1884
Avventure di Tom Sawyer Le	Adventures of Tom Sawyer The	Twain M	Ragazzi.	Statunitense	1876
Signore di Ballantrae Il	Master of Ballantrae The	Stevenson RL	Avventura, storico.	Britannico	1888
Storia della Colonna Infame.	Storia della Colonna Infame.	Manzoni A	Storico, saggio.	Italiano	1840
Ragazzi di vita	Ragazzi di vita	Pasolini PP	Romanzo.	Italiano	1955

Classificazione soggettiva (o arbitraria)

Due bibliotecari riporranno, probabilmente, lo stesso libro in ripiani differenti.

Osservazioni

I libri che non ho letto come li sistemo? Come posso confrontare diverse librerie se non ne conosco tutti i libri? I bibliotecari dovrebbero leggerli tutti oppure limitarsi ad ordinare quelli che hanno letto. E se poi i gusti cambiano?



Oggettivo vs soggettivo

Ordinati in base all'anno della prima pubblicazione

Titolo	Titolo originale	Autore	Genere	Nazionalità autore	1ª ed. originale
Storia della Colonna Infame.	Storia della Colonna Infame.	Manzoni A	Storico, saggio.	Italiano	1840
Avventure del capitano Hatteras Le	Voyages at aventures du capitaine Hatteras	Verne J	Avventura.	Francese	1864
Storia di una capinera	Storia di una capinera	Verga G	Epistolare.	Italiano	1871
Isola misteriosa L'	Île misterieuse L'	Verne J	Avventura, fantascienza.	Francese	1875
Avventure di Tom Sawyer Le	Adventures of Tom Sawyer The	Twain M	Ragazzi.	Statunitense	1876
Avventure di Ettore Servadac Le	Hector Servadac	Verne J	Romanzo fantastico.	Francese	1877
Vita dei campi	Vita dei campi	Verga G	Raccolta di novelle.	Italiano	1880
Avventure di Pinocchio Le	Avventure di Pinocchio Le	Collodi C	Ragazzi, fantastico.	Italiano	1881
Isola del tesoro L'	Treasure Island	Stevenson RL	Avventura.	Britannico	1883
Avventure di Huckleberry Finn Le	Adventures of Huckleberry Finn The	Twain M	Ragazzi.	Statunitense	1884
Signore di Ballantrae II	Master of Ballantrae The	Stevenson RL	Avventura, storico.	Britannico	1888
Ragazzi della via Pál I	Pál utcai fiúk A	Molnár F	Ragazzi.	Ungherese	1907
Hobbit o la riconquista del tesoro Lo	Hobbit or There and Back Again The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1937
Signore delle mosche II	Lord of the Flies	Golding W	Romanzo.	Britannico	1954
Ragazzi di vita	Ragazzi di vita	Pasolini PP	Romanzo.	Italiano	1955
Signore degli anelli II	Lord of the Rings The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1955
Isola di Arturo L'	Isola di Arturo L'	Morante E	Romanzo.	Italiano	1957
Vita violenta Una	Vita violenta Una	Pasolini PP	Romanzo.	Italiano	1959
Avventure di Jim Bottone Le	Jim Knopf und Lukas der Lokomotivführer	Ende M	Fantasy, ragazzi.	Tedesco	1960
Avventure di Tom Bombadil Le	Adventures of Tom Bombadil The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1962
Momo	Momo	Ende M	Romanzo.	Tedesco	1973
Silmarillion II	Silmarillion The	Tolkien JRR	Fantasy, mitopoesi, epico.	Britannico	1977
Storia infinita La	Unendliche Geschichte Die	Ende M	Fantasy	Tedesco	1979

Classificazione oggettiva, ma artificiale

Due diversi bibliotecari riporranno lo stesso libro nella medesima posizione. I nuovi libri verranno posizionati facilmente man mano che vengono acquistati.

Osservazioni

Una classificazione che segua un criterio oggettivo può essere considerata "migliore", in quanto più funzionale, di una classificazione soggettiva. Nelle librerie però non si ordina per data. Il motivo fondamentale è che bisognerebbe ricordare a memoria la data per ogni libro per trovarlo. Questa classificazione risulta utile a chi già la conosce e quindi può trovare ogni elemento. Il criterio risulta poi potenzialmente ambiguo perché gli anni sono in numero limitato.



Artificiale vs naturale

Ordinati in base al titolo, in ordine alfabetico

Titolo	Titolo originale	Autore	Genere	Nazionalità autore	1ª ed. originale
Avventure del capitano Hatteras Le	Voyages at aventures du capitaine Hatteras	Verne J	Avventura.	Francese	1864
Avventure di Ettore Servadac Le	Hector Servadac	Verne J	Romanzo fantastico.	Francese	1877
Avventure di Huckleberry Finn Le	Adventures of Huckleberry Finn The	Twain M	Ragazzi.	Statunitense	1884
Avventure di Jim Bottone Le	Jim Knopf und Lukas der Lokomotivführer	Ende M	Fantasy, ragazzi.	Tedesco	1960
Avventure di Pinocchio Le	Avventure di Pinocchio Le	Collodi C	Ragazzi, fantastico.	Italiano	1881
Avventure di Tom Bombadil Le	Adventures of Tom Bombadil The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1962
Avventure di Tom Sawyer Le	Adventures of Tom Sawyer The	Twain M	Ragazzi.	Statunitense	1876
Hobbit o la riconquista del tesoro Lo	Hobbit or There and Back Again The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1937
Isola del tesoro L'	Treasure Island	Stevenson RL	Avventura.	Britannico	1883
Isola di Arturo L'	Isola di Arturo L'	Morante E	Romanzo.	Italiano	1957
Isola misteriosa L'	Île misterieuse L'	Verne J	Avventura, fantascienza.	Francese	1875
Momo	Momo	Ende M	Romanzo.	Tedesco	1973
Ragazzi della via Pál I	Pál utcai fiúk A	Molnár F	Ragazzi.	Ungherese	1907
Ragazzi di vita	Ragazzi di vita	Pasolini PP	Romanzo.	Italiano	1955
Signore degli anelli II	Lord of the Rings The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1955
Signore delle mosche II	Lord of the Flies	Golding W	Romanzo.	Britannico	1954
Signore di Ballantrae II	Master of Ballantrae The	Stevenson RL	Avventura, storico.	Britannico	1888
Silmarillion II	Silmarillion The	Tolkien JRR	Fantasy, mitopoesi, epico.	Britannico	1977
Storia della Colonna Infame.	Storia della Colonna Infame.	Manzoni A	Storico, saggio.	Italiano	1840
Storia di una capinera	Storia di una capinera	Verga G	Epistolare.	Italiano	1871
Storia infinita La	Unendliche Geschichte Die	Ende M	Fantasy	Tedesco	1979
Vita dei campi	Vita dei campi	Verga G	Raccolta di novelle.	Italiano	1880
Vita violenta Una	Vita violenta Una	Pasolini PP	Romanzo.	Italiano	1959

Classificazione oggettiva

Due diversi bibliotecari riporranno lo stesso libro nella medesima posizione.
I nuovi libri verranno posizionati facilmente man mano che vengono acquistati.

Osservazioni

Anche in questo caso bisogna ricordare precisamente il titolo di ogni libro.
In effetti la prima classificazione venne ideata da botanici che proposero veramente una classificazione delle piante in ordine alfabetico. Questo tipo di classificazione è utile a chi già la conosce e quindi può ritrovarne facilmente ogni elemento. Inoltre, ordinando in base al titolo in ordine alfabetico tutte le altre informazioni, ad esempio gli autori e i generi risultano disordinati.
Il problema è che il titolo non è correlato con altri elementi intrinseci del libro.



Naturale vs artificiale

Ordinati in base al genere letterario

Titolo	Titolo originale	Autore	Genere	Nazionalità autore	1ª ed. originale
Isola misteriosa L'	Île misterieuse L'	Verne J	Avventura, fantascienza.	Francese	1875
Avventure del capitano Hatteras Le	Voyages at aventures du capitaine Hatteras	Verne J	Avventura.	Francese	1864
Signore di Ballantrae II	Master of Ballantrae The	Stevenson RL	Avventura, storico.	Britannico	1888
Isola del tesoro L'	Treasure Island	Stevenson RL	Avventura.	Britannico	1883
Storia di una capinera	Storia di una capinera	Verga G	Epistolare.	Italiano	1871
Storia infinita La	Unendliche Geschichte Die	Ende M	Fantasy	Tedesco	1979
Avventure di Jim Bottone Le	Jim Knopf und Lukas der Lokomotivführer	Ende M	Fantasy, ragazzi.	Tedesco	1960
Silmarillion II	Silmarillion The	Tolkien JRR	Fantasy, mitopoiesi, epico.	Britannico	1977
Hobbit o la riconquista del tesoro Lo	Hobbit or There and Back Again The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1937
Signore degli anelli II	Lord of the Rings The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1955
Avventure di Tom Bombadil Le	Adventures of Tom Bombadil The	Tolkien JRR	Fantasy.	Britannico	1962
Vita dei campi	Vita dei campi	Verga G	Raccolta di novelle.	Italiano	1880
Avventure di Pinocchio Le	Avventure di Pinocchio Le	Collodi C	Ragazzi, fantastico.	Italiano	1881
Ragazzi della via Pál I	Pál utcai fiúk A	Molnár F	Ragazzi.	Ungherese	1907
Avventure di Tom Sawyer Le	Adventures of Tom Sawyer The	Twain M	Ragazzi.	Statunitense	1876
Avventure di Huckleberry Finn Le	Adventures of Huckleberry Finn The	Twain M	Ragazzi.	Statunitense	1884
Avventure di Ettore Servadac Le	Hector Servadac	Verne J	Romanzo fantastico.	Francese	1877
Signore delle mosche II	Lord of the Flies	Golding W	Romanzo.	Britannico	1954
Momo	Momo	Ende M	Romanzo.	Tedesco	1973
Isola di Arturo L'	Isola di Arturo L'	Morante E	Romanzo.	Italiano	1957
Ragazzi di vita	Ragazzi di vita	Pasolini PP	Romanzo.	Italiano	1955
Vita violenta Una	Vita violenta Una	Pasolini PP	Romanzo.	Italiano	1959
Storia della Colonna Infame.	Storia della Colonna Infame.	Manzoni A	Storico, saggio.	Italiano	1840

Classificazione oggettiva e naturale

Due diversi bibliotecari riporranno lo stesso libro nella medesima posizione.
I nuovi libri verranno posizionati facilmente man mano che vengono acquistati.

Osservazioni

Ordinando in base al genere trovo frequentemente i libri dello stesso autore posizionati vicini e quindi finisco per ordinare anche per periodo storico e per nazionalità perché ogni autore è vissuto in un certo periodo ed è nato in un solo luogo. Alcuni generi letterari poi sono legati a una particolare epoca storica (si pensi al giallo, all'horror o, in quanto genere di grande successo, al fantasy).



Conclusioni

Possiamo considerare **artificiale** una classificazione se il criterio scelto per ordinare gli oggetti risulta in pratica indipendente dagli altri criteri che li caratterizzano. Perciò ordinando la serie di oggetti basandosi su questo criterio tutti gli altri criteri non risulteranno a loro volta ordinati.

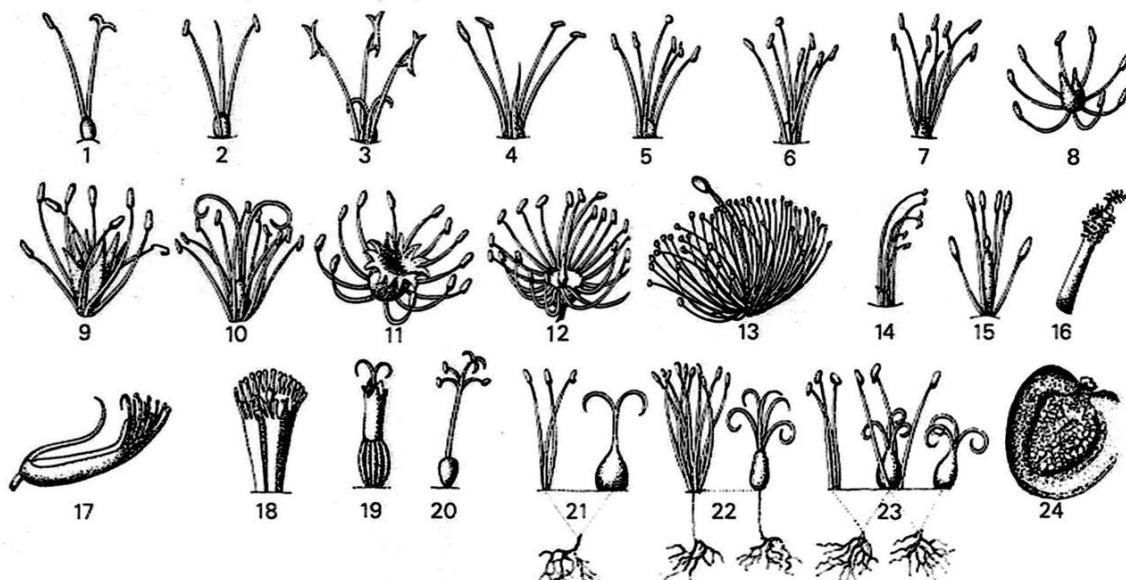
Possiamo considerare **naturale** una classificazione se il criterio scelto risulta collegato intrinsecamente ad una serie di altri criteri che sia la più ampia possibile (anche se, in pratica, alcuni criteri risulteranno sempre esclusi). Ordinando la serie di oggetti basandosi su questo criterio automaticamente si tende ad ordinare anche per gli altri.

Per quanto riguarda la specie il concetto **morfologico** è oggettivo, ma spesso risulta **artificiale**, mentre quello **biologico** è più **naturale**. Infatti se due specie sono imparentate si somiglieranno per un numero molto elevato di caratteri, mentre se sono superficialmente simili lo saranno per un numero di caratteri inferiori.

Classificazione artificiale di oggetti naturali

Sistema "sessuale" di Linneo

	CLASSI
1 in ciascun fiore	1. <i>Monandria</i>
2 » » » »	2. <i>Diandria</i>
3 » » » »	3. <i>Triandria</i>
4 » » » »	4. <i>Tetrandria</i>
5 » » » »	5. <i>Pentandria</i>
6 » » » »	6. <i>Esandria</i>
7 » » » »	7. <i>Ettandria</i>
8 » » » »	8. <i>Ottandria</i>
9 » » » »	9. <i>Ennandria</i>
10 » » » »	10. <i>Decandria</i>
da 11 a 19 »	11. <i>Dodecadria</i>
20 o più perigini	12. <i>Icosandria</i>
ipogini	13. <i>Poliandria</i>
S uguali	14. <i>Didinamia</i>
S liberi fra di loro	15. <i>Tetradinamia</i>
S e P non aderenti fra di loro	16. <i>Monadelphia</i>
S e P riuniti nello stesso fiore	17. <i>Diadelphia</i>
S e P non riuniti nello stesso fiore	18. <i>Poliadelphia</i>
S e P riuniti sullo stesso individuo nello stesso fiore	19. <i>Singenesia</i>
S e P riuniti su individui distinti	20. <i>Ginandria</i>
S e P in parte riuniti e in parte non riuniti nello stesso fiore	21. <i>Monecia</i>
S e P non visibili (Crittogame)	22. <i>Diecia</i>
	23. <i>Poligamia</i>
	24. <i>Crittogamia</i>



Per classificare le piante Linneo adotta una **classificazione discendente** che utilizza un principio di **divisione**: si procede attraverso una progressiva **negazione di caratteri**, scelti arbitrariamente. Una classificazione dovrebbe invece essere **agglomerativa e ascendente**, e i criteri dovrebbero essere scelti **a posteriori**, dopo uno studio comparativo degli elementi.

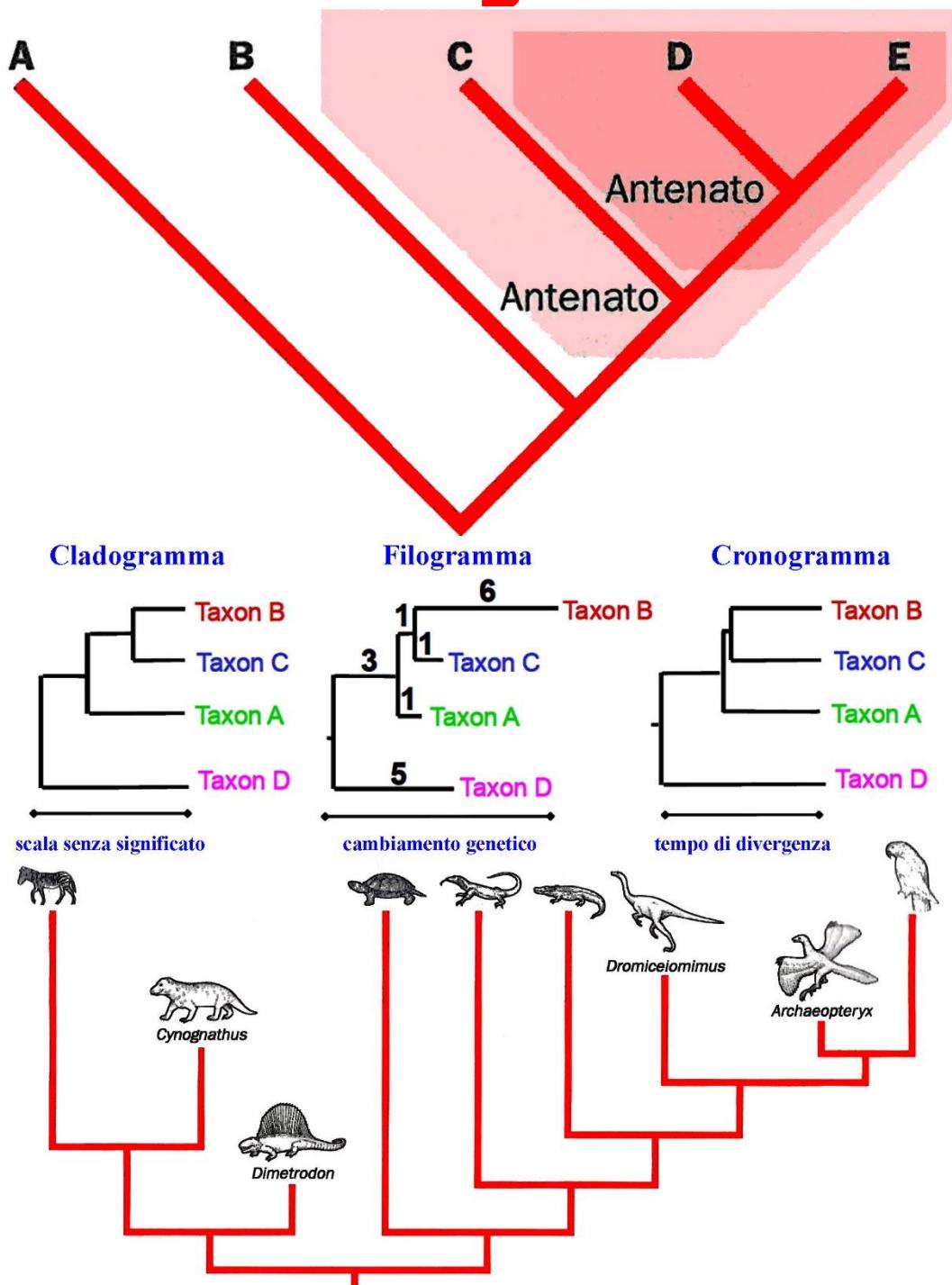


Classificazione discendente

1.	Insetti alati	2
	Insetti atteri o con ali rudimentali	28
2.	Un paio di ali	3
	Due paia di ali	7
3.	Corpo simile a quello di una cavalletta, con zampe posteriori molto sviluppate e pronoto che si prolunga sull'addome	
		<i>Orthoptera</i> , p. 93
	Insetti che non corrispondono a questa descrizione	4
4.	Addome con prolungamenti filiformi	5
	Addome senza prolungamenti filiformi	6
5.	Insetti di meno di 5 mm di lunghezza, con antenne relativamente lunghe; ali con una sola venatura biforcata	
		<i>Hemiptera</i> , p. 127
	Insetti più grandi, con antenne corte e con numerose venature sulle ali. Cerci molto lunghi	
		<i>Ephemeroptera</i> , p. 73
6.	Ali anteriori in forma di bilancieri aventi l'aspetto di clava	
		<i>Strepsiptera</i> , p. 330

Una classificazione può essere utile anche se non è né **oggettiva**, né **naturale**. Nel caso delle **chiavi dicotomiche** per il riconoscimento delle specie, il principio è **discendente**, per negazione di caratteri arbitrari, ma in questo caso si tratta di un modo per adoperare una classificazione già stabilita, non per costruirla *ex novo*. Questa mostrata è una chiave per la determinazione degli ordini di insetti europei.

Dendrogrammi

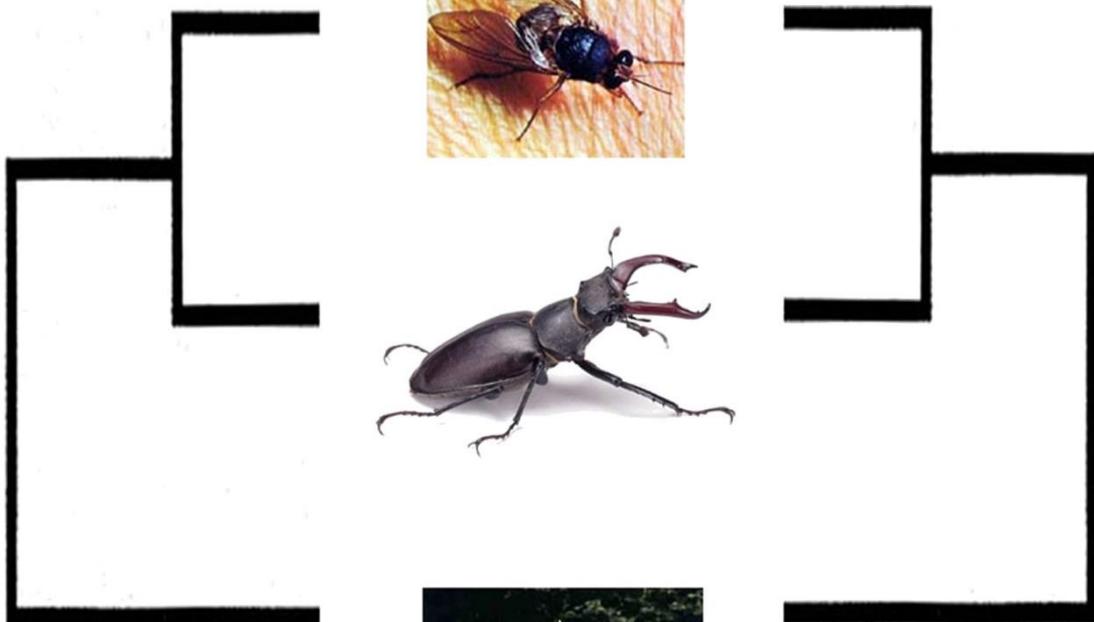


Tutti questi grafi ad albero sono **dendrogrammi**. Il gruppo che contiene anche **C** è più **inclusivo** di quello che contiene solo **D** ed **E**. I **fenogrammi** sono il risultato di analisi/metodi fenetici, mentre i **cladogrammi** sono il prodotto di analisi/metodi cladistici. I **filogrammi** sono grafi ad albero che rappresentano il numero di cambiamenti di caratteri che intercorrono fra le ramificazioni e i **cronogrammi** fanno lo stesso con il tempo che intercorre tra le ramificazioni.

Scuola evoluzionistica classica



Scuola evoluzionistica classica o eclettica



**Scuola cladistica
o filogenetica**



**Scuola fenetica
o numerica**

Le principali **scuole tassonomiche** sono quella **classica**, quella **cladistica** e quella **fenetica**. Sia la prima che la seconda sono evoluzionistiche. In alto la classificazione che trovate su tutti i testi, sotto le altre due. Per poterle confrontare prendiamo tre specie e vediamo come le classificano. In questo primo caso tutte e tre le scuole considerano più strettamente imparentati il cervo volante e la mosca, degli insetti, rispetto al cervo nobile, un mammifero.



Scuola fenetica



Scuola evoluzionistica classica o eclettica



**Scuola cladistica
o filogenetica**



**Scuola fenetica
o numerica**

La scuola **fenetica** considera solo caratteristiche oggettive, quantificabili, ma non necessariamente naturali. In questo secondo caso, ipotetico, la scuola classica e la cladistica considerano più strettamente imparentati il balano e il granchio, due crostacei, rispetto alla patella, un mollusco. La scuola fenetica invece, in base alla somiglianza morfologica, potrebbe considerare più prossimi la patella e il balano. Un tempo, infatti, il balano era classificato tra i molluschi.

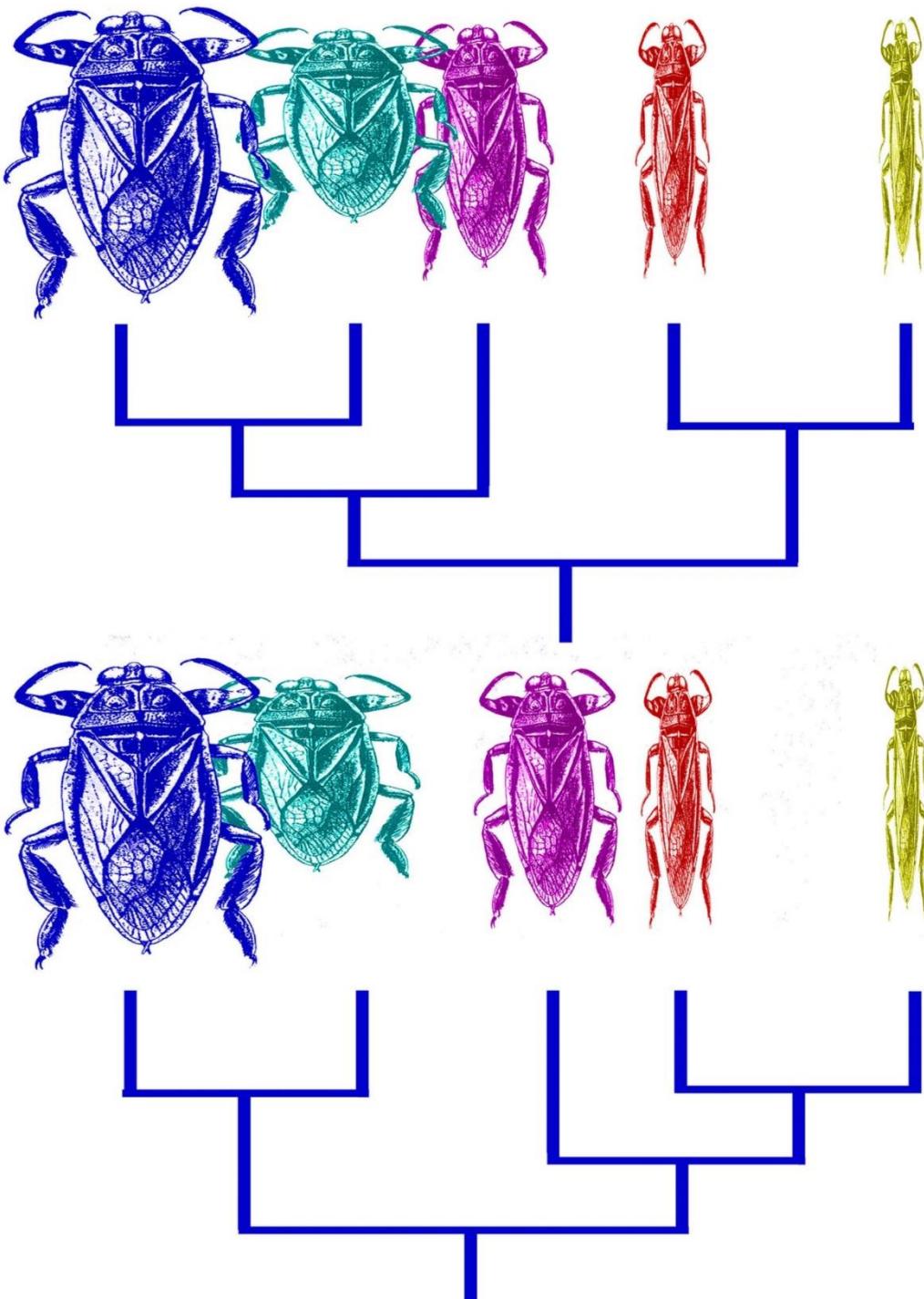


Prendiamo 5 insetti





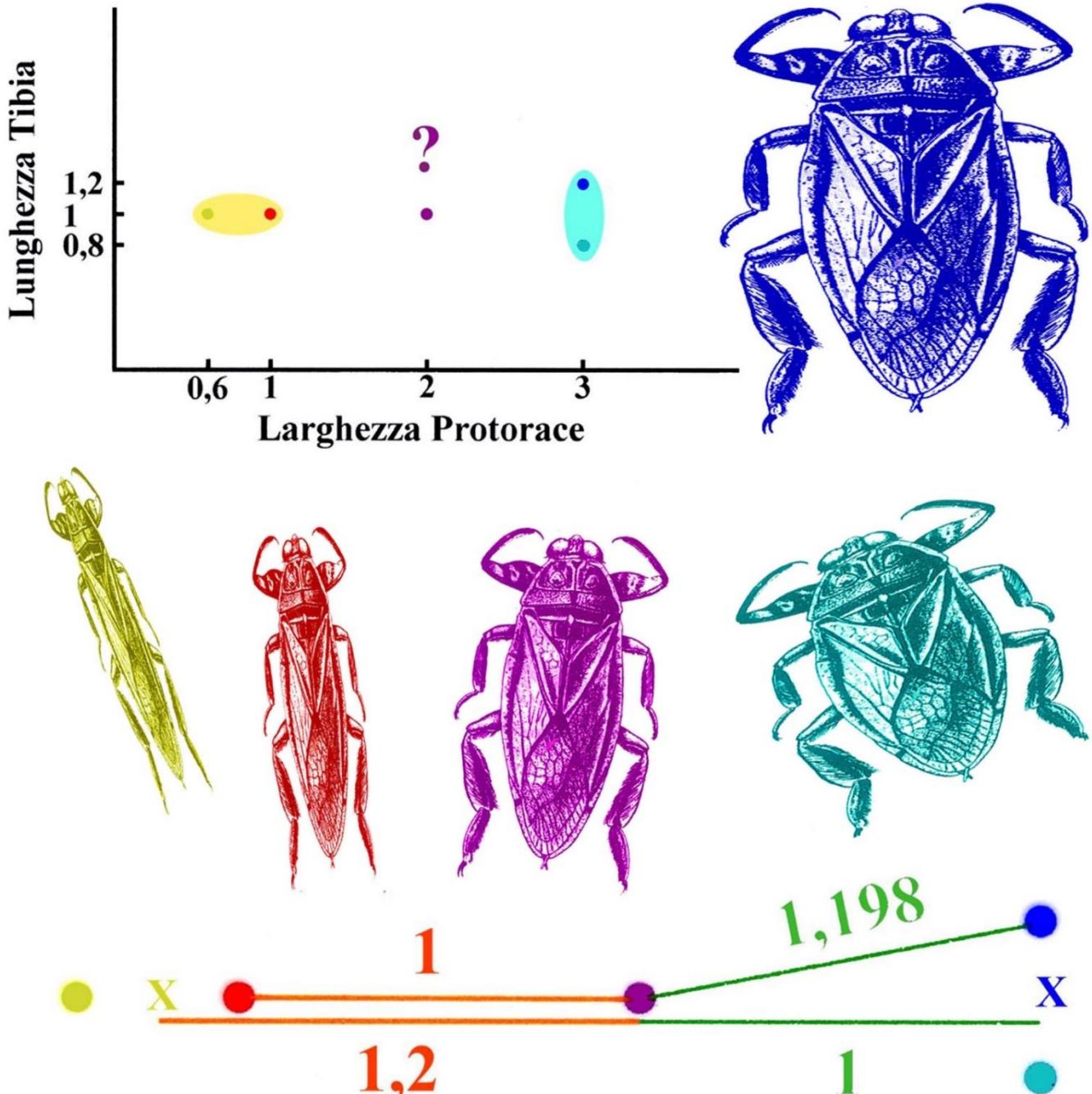
Qual è l'albero giusto?



Questi 5 insetti differiscono tra di loro esclusivamente per il rapporto tra la loro lunghezza e la loro larghezza. Come possiamo classificarli quantitativamente? Credo tutti siano d'accordo sul fatto che verde oliva e rosso siano parenti stretti (i magri) e turchese e blu lo siano tra di loro (i robusti). Il problema è se fucsia sia un magro o un robusto. Quale sarà l'albero giusto, il primo o il secondo?

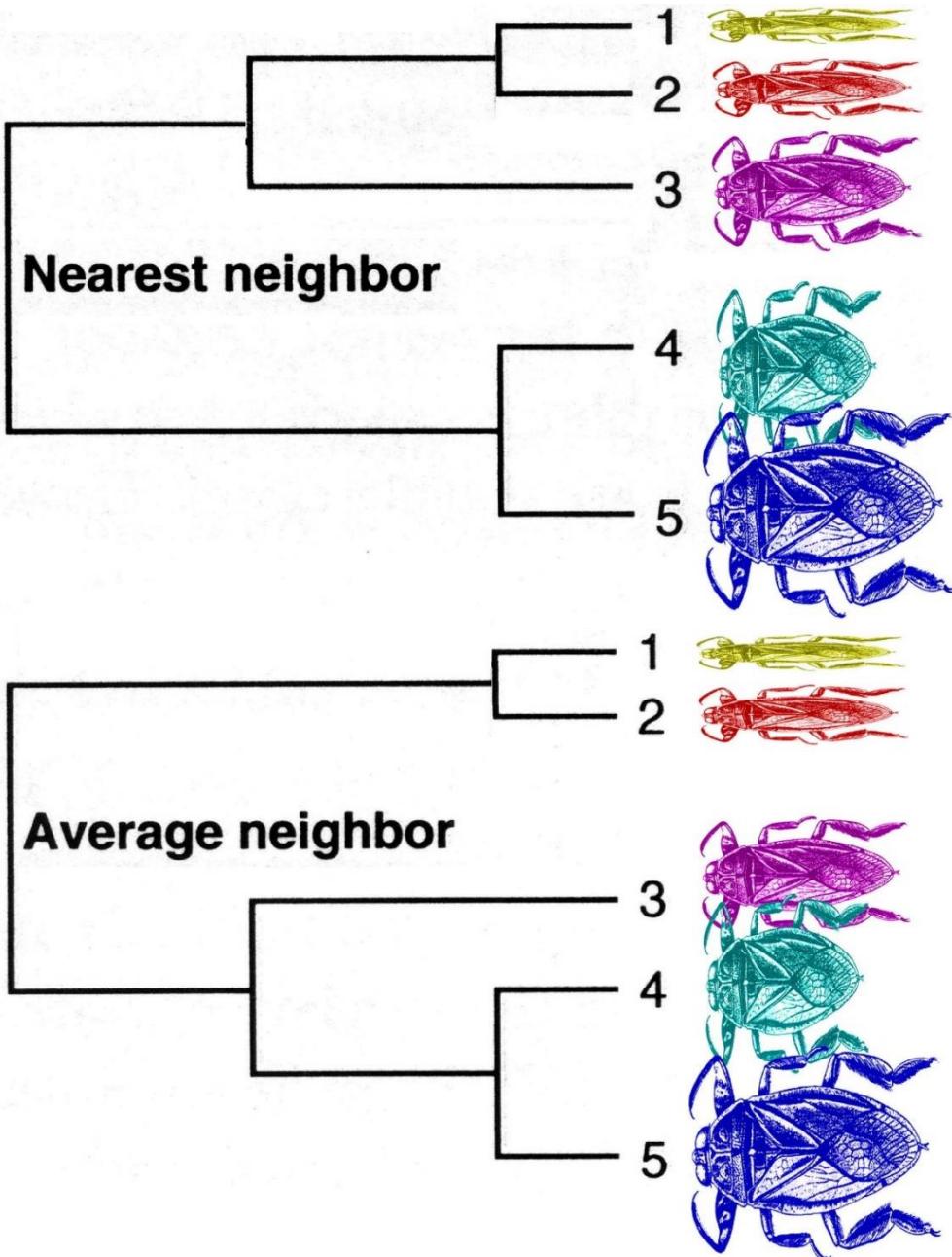


Come si misura la similarità?



Un possibile procedimento potrebbe essere il seguente. Misuriamo la distanza tra fucsia e la specie più prossima tra le 5 considerate in un piano cartesiano. Questa risulta la rossa quindi fucsia dovrebbe essere un magro. Però sia turchese che blu risultano più prossimi di verdeoliva. Se misuriamo la distanza tra fucsia e il valore medio dei due gruppi, magri e robusti, vediamo che fucsia è più prossimo ai robusti. In realtà non esiste un solo metodo per valutare le distanze, né un metodo "oggettivo".

Metodi per misurare la distanza



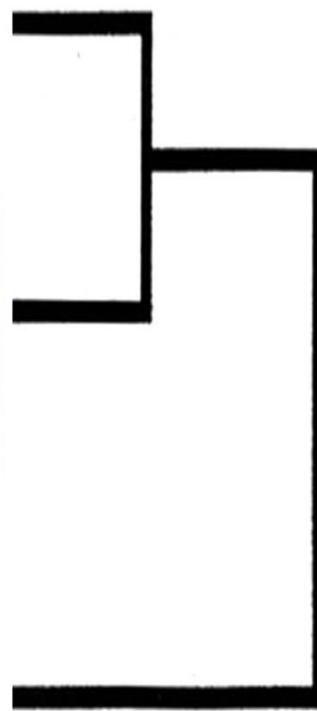
I due metodi utilizzati prima sono detti metodo del **Nearest neighbor** e metodo dell'**Average neighbor** e sono entrambi validi. La situazione è ancora più complessa nel caso i parametri quantificabili considerati si debbano misurare con grandezze diverse: lunghezza, peso, colore... Come li confronto? Ci sono poi dei caratteri che contano poco, perché trasversali (il colore), e altri che contano molto anche se devono essere interpretati da specialisti (es. notocorda e stomocorda). È corretto costruire una matrice in cui ogni carattere viene pesato esattamente allo stesso modo?



Scuola cladistica



Scuola evoluzionistica classica o eclettica

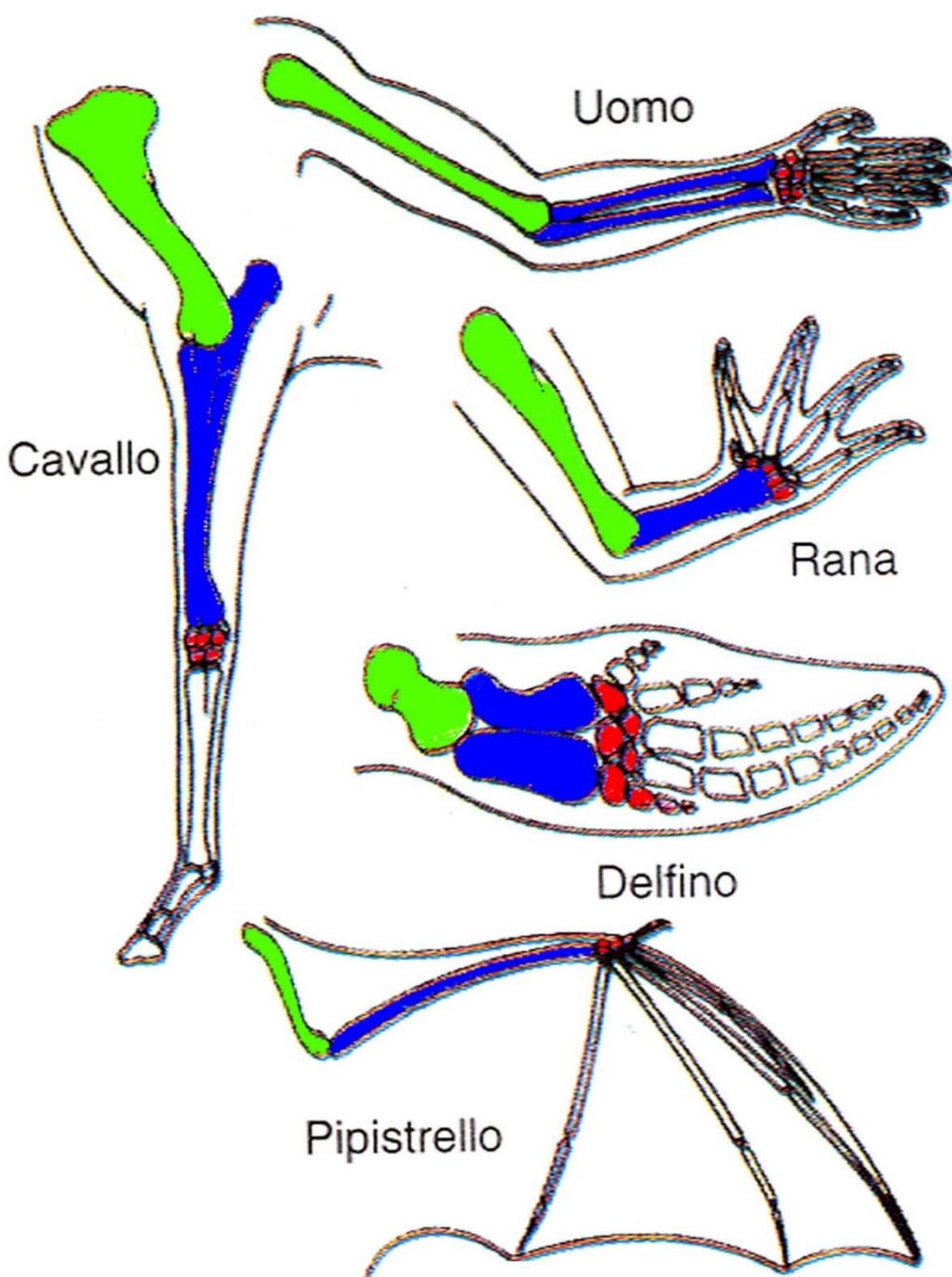


**Scuola cladistica
o filogenetica**

**Scuola fenetica
o numerica**

La scuola **cladistica** considera solo caratteristiche naturali, ovvero le parentele, le **affinità filogenetiche**. In questo terzo caso la scuola classica e la fenetica considerano più strettamente imparentati il varano e il coccodrillo, dei rettili, rispetto all'aquila, un uccello. La scuola cladistica invece, sulla scorta della più stretta parentela, considera più prossimi l'aquila e il coccodrillo (arcosauri). In questo caso la somiglianza morfologica dà indicazioni errate sulla filogenesi.

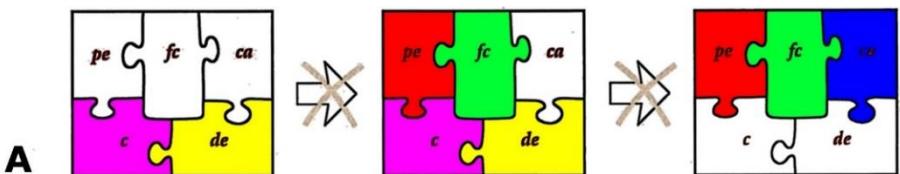
Strutture omologhe



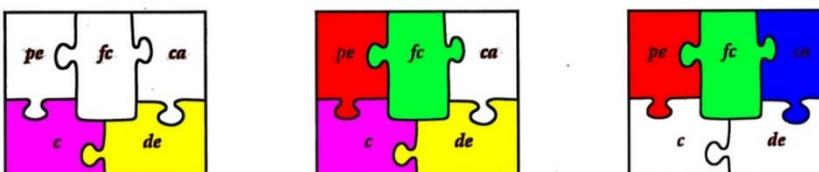
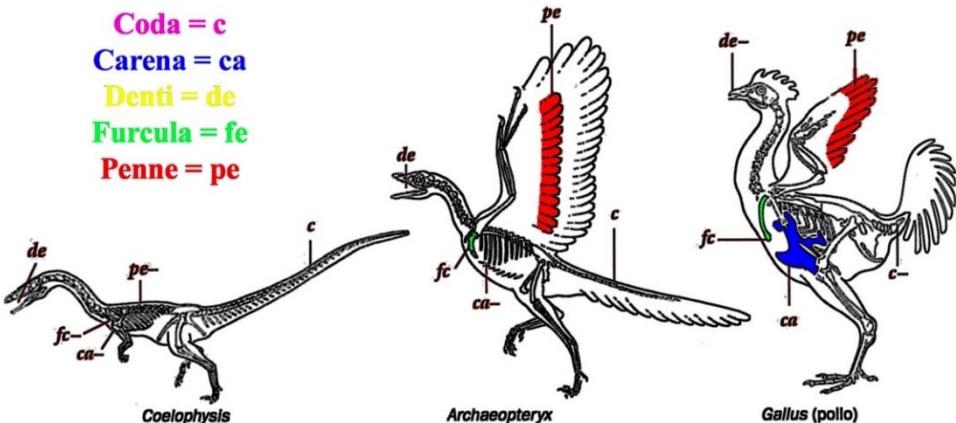
Abbiamo già notato che l'arto pentadattilo dei tetrapodi è la base da cui sono derivate, zampe, pinne e ali dei mammiferi. Sono quindi strutture **omologhe**, perché con una origine comune. Il fatto è che per classificare noi non consideriamo le specie, ma i loro caratteri. Un carattere ereditato da un antenato comune, anche se molto modificato, è infatti un indizio di parentela. Sono quindi queste omologie, a illuminarci sulla **filogenesi**.



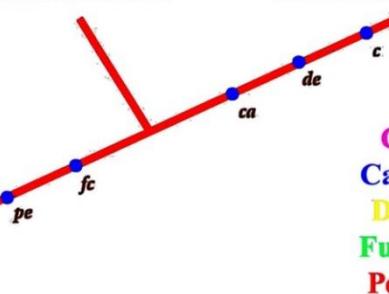
Forme intermedie



Coda = c
Carea = ca
Denti = de
Furcula = fe
Penne = pe



B

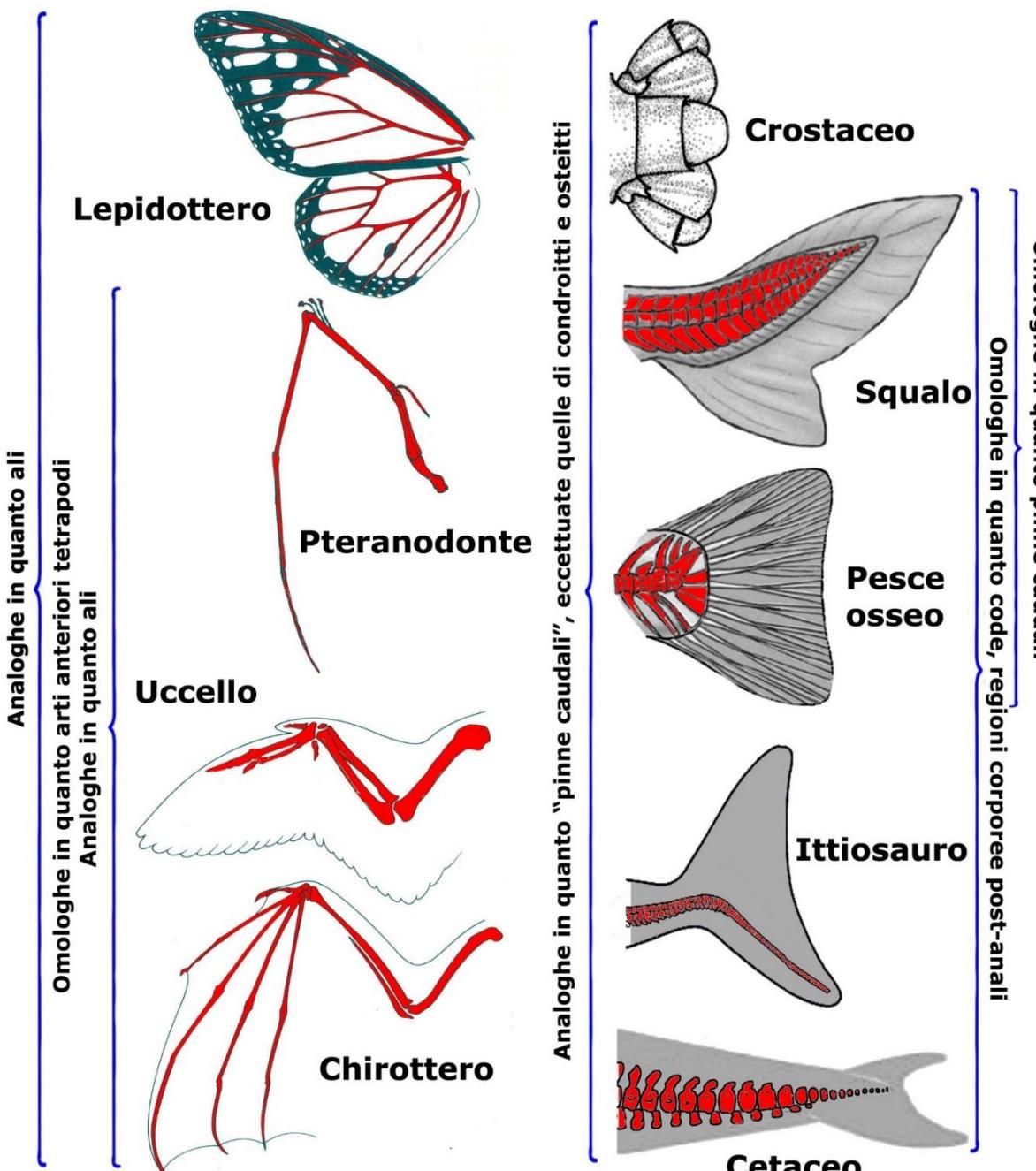


Coda = c
Carea = ca
Denti = de
Furcula = fe
Penne = pe

Il concetto di **anello di congiunzione** induce in errore. In **(A)** si ha una linea diretta rettile > *Archaeopteryx* > uccello e l'antenato è noto, mentre in **(B)**, sulla retta trovo gli antenati, sconosciuti, mentre gli organismi noti stanno sui vertici del dendrogramma. L'uomo non deriva dallo scimpanzé, ma entrambi derivano da una scimmia sconosciuta. È un lontano cugino, non un bisnonno. Gli organismi possono presentare una combinazioni di caratteri **evoluti** e **ancestrali**, ma sono solo i caratteri ad essere primitivi, non gli organismi. Un buon termine per sostituire **primitivo** ed **evoluto**, peggio ancora inferiore o superiore, sarebbe più o meno **derivato**. Prendiamo un nuovo modello di auto uscito nel 2019 e un vecchio modello uscito dalla fabbrica nel 2020. Il vecchio modello è più recente, ma i suoi pezzi non differiscono da quelli dello stesso modello immatricolato qualche anno prima. Tutte le amebe viventi sono più giovani di me, ma il mio modello è molto più recente. Io, uomo, sono **derivato**.



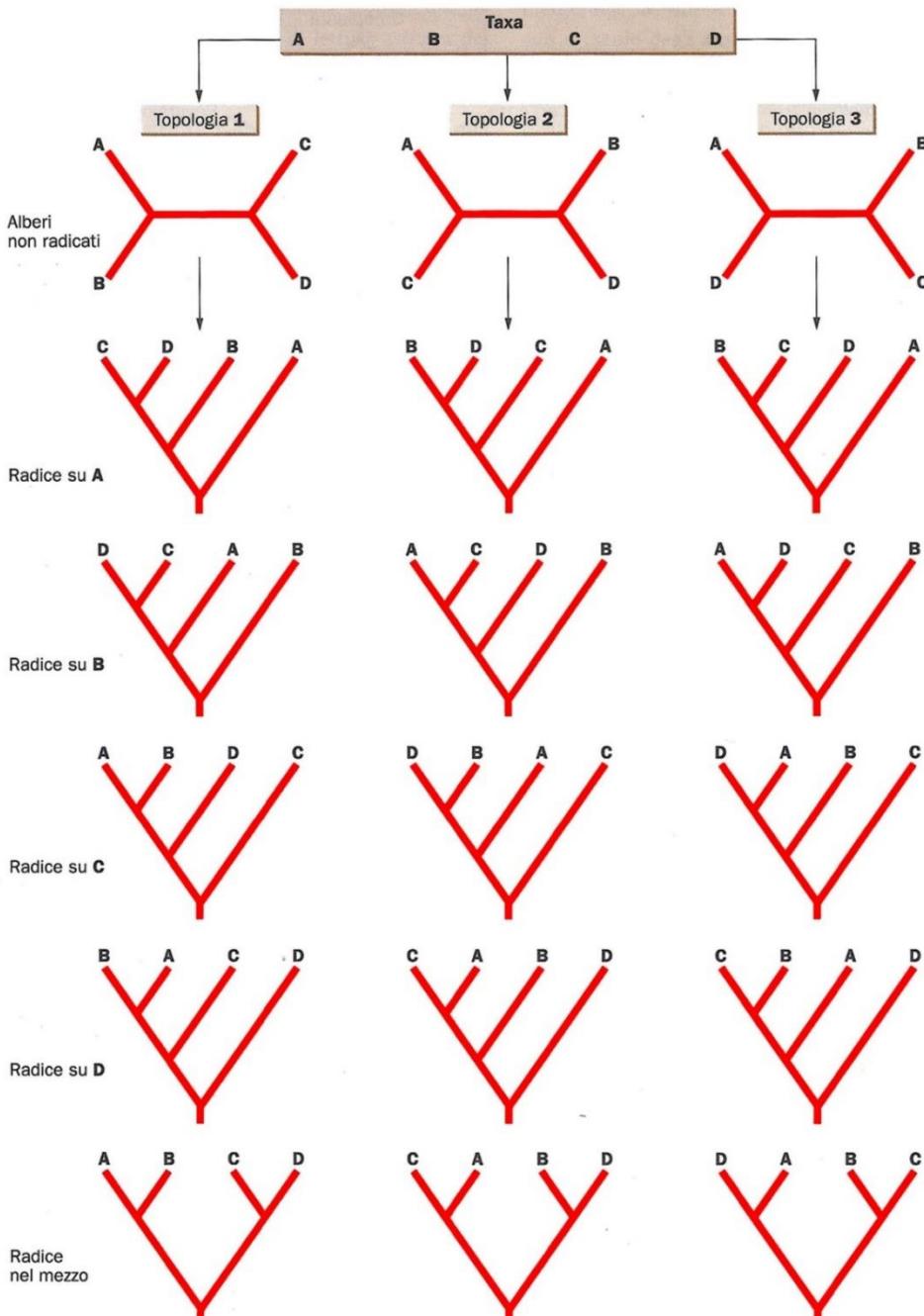
Analogia e omologia



Per stabilire se due strutture siano **analoghe** o **omologhe** bisogna chiedersi: queste strutture derivano da una stessa struttura già presente nell'antenato comune più recente? Strutture analoghe sono sempre simili perché si sono evolute indipendentemente per svolgere la stessa funzione. Strutture omologhe possono essere simili o diverse, ma sono le seconde, più insidiose, le più utili da analizzare. Le ali di un uccello e di un pipistrello sono **omologhe**, in quanto **arti** pentadattili, perché erano già presenti nell'antenato anfibio, ma **analoghe**, in quanto **ali**, perché l'antenato comune più recente, un rettile, non le aveva.



Alberi possibili



Presi 4 taxa sono possibili 18 diversi alberi. Se però inseriamo il fattore tempo, come faremo noi di seguito, cioè riconosciamo una **radice**, ovvero uno dei 4 è un **outgroup**, rimangono 3 soli alberi possibili. L'outgroup serve a stabilire la polarità dei caratteri, ovvero quale fosse lo stato primitivo e quale sia quello derivato. Per analizzare sole 50 specie esistono 3×10^{76} alberi non radicati mentre per le 30 milioni di specie probabilmente esistenti, ne esistono $10^{300.000}!$ In pratica il limite operativo, per i computer attuali, è di circa sole 25 specie.



Caratteri e alberi



Pipi-strello

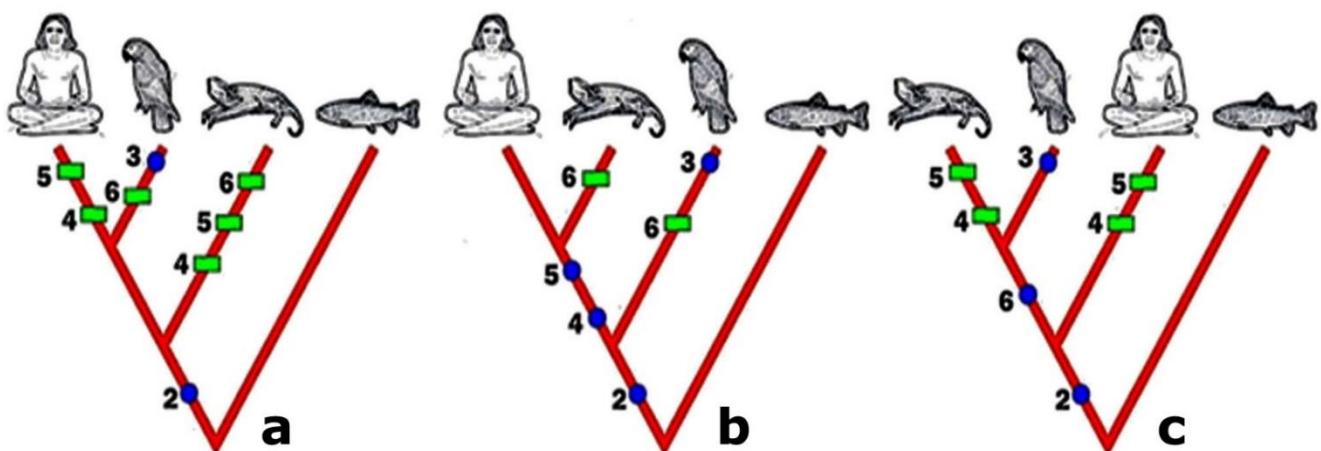


Pipi-strello



	Uomo	Pipi-strello	Uccello	Trota		Uomo	Pipi-strello	Uccello	Trota
1 Mascella	0	0	0	0	4 Struttura della mandibola	1	1	0	0
2 Appendici pari	1	1	1	0	5 Riserve vitelline dell'uovo	1	1	0	0
3 Denti	0	0	1	0	6 Ali	0	1	1	0

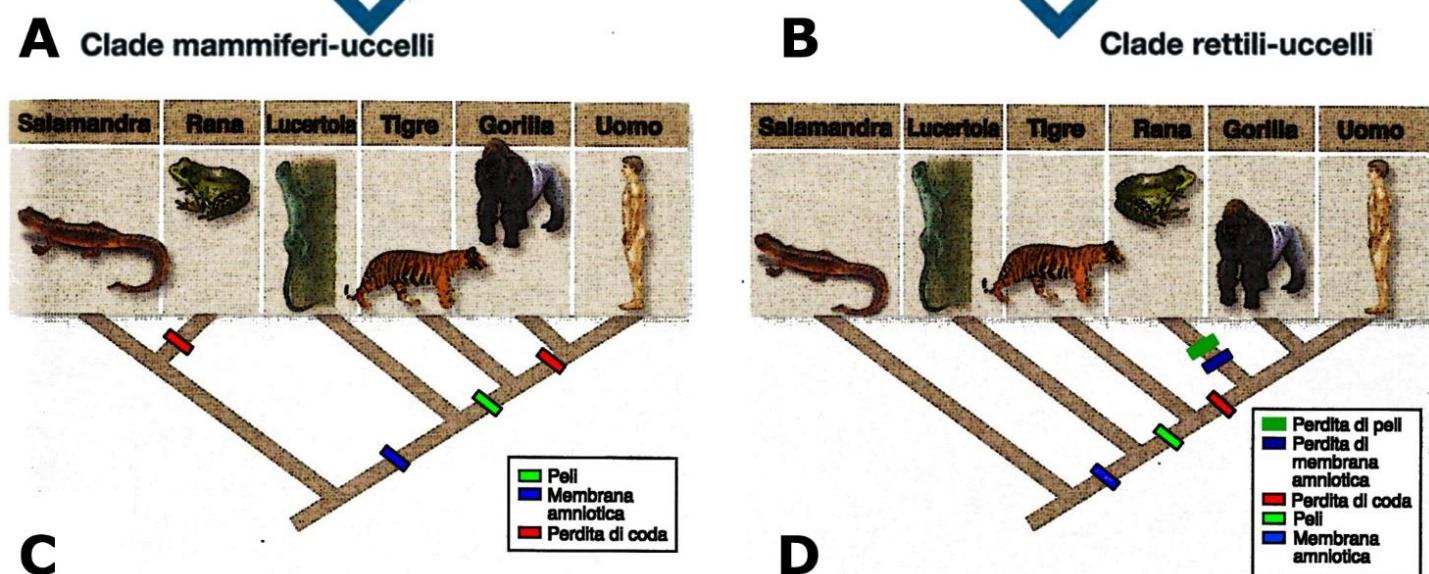
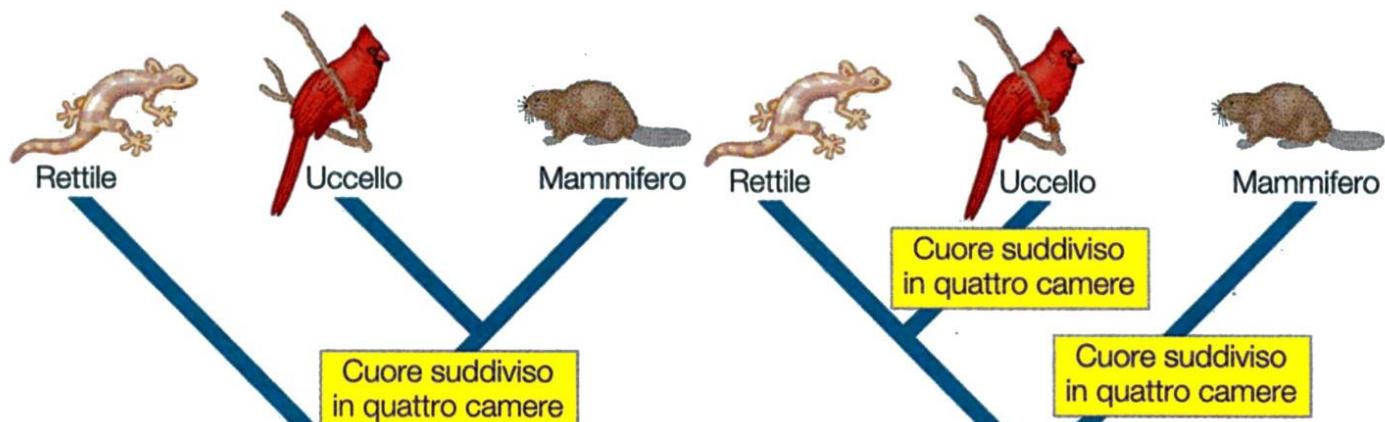
Matrice di caratteri. **1:** **mascelle** (presenza/assenza). **2:** **appendici pari** (da attinopterigio/da sarcopterigio). **3:** **denti** (presenza/assenza). **4:** **mandibola** (costituita da più ossa/costituita dal solo dentale). **5:** **riserve vitelline** (abbondanti/quasi nulle). **6:** **ali** (assenza/presenza).



Prese 3 specie, uomo, pipistrello e uccello, e 6 caratteri da analizzare per stabilire la polarità dei caratteri, cioè quale fosse la condizione ancestrale (**plesiomorfia**) devo prendere un antenato comune, un pesce, cioè l'**outgroup**. Un carattere, per essere informativo in una analisi cladistica, deve essere **diverso** in una delle tre specie prese in esame e **uguale**, ma **derivato e in comune (sinapomorfia)**, nelle altre due specie (ci devono essere due 1 e uno 0 nella matrice). La prima condizione non è verificata, né per il carattere 1, né per il 2. Il 3 non verifica la seconda condizione. In conclusione i primi tre non sono informativi! Dei tre informativi due sono in accordo tra di loro (4 e 5) e uno in disaccordo (6). In un albero, se non inserisco un pallino blu (**sinapomorfie**), devo inserire due rettangoli verdi (convergenze o **omoplasie**). Il numero degli eventi è dato dalla somma di pallini e rettangoli. L'albero **a** richiede 8 eventi, quello **b** 7, e quello **c** 6.



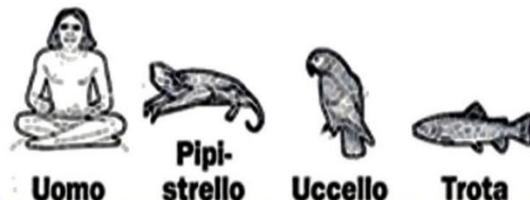
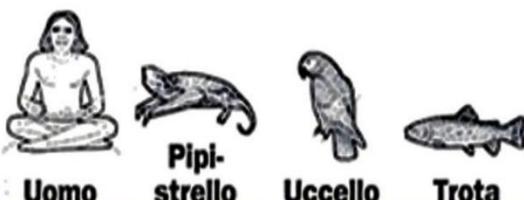
Principio di parsimonia



Basandoci sul **principio di parsimonia** il cladogramma che richiede il minor numero di cambiamenti evolutivi risulta quello maggiormente probabile. Occorre però prestare molta cautela. Nel caso del cuore tetraloculare di uccelli e mammiferi il principio di parsimonia suggerirebbe che il clade corretto sia quello uccelli-mammiferi (**A**), Haemothermia, e non quello rettili-uccelli (**B**), Sauropsida, ma in realtà è vero il contrario. In generale occorre prendere sempre in considerazione il maggior numero di caratteri possibili. Ad esempio anche se porre le rane come non strettamente correlate ai gorilla e agli uomini (**C**) richiede che la perdita della coda sia avvenuta due volte in maniera indipendente (**omoplasia**), questa rimane l'ipotesi migliore perché l'alternativa (**D**) richiederebbe due eventi verificatisi indipendentemente: la perdita di peli e dell'amnios.

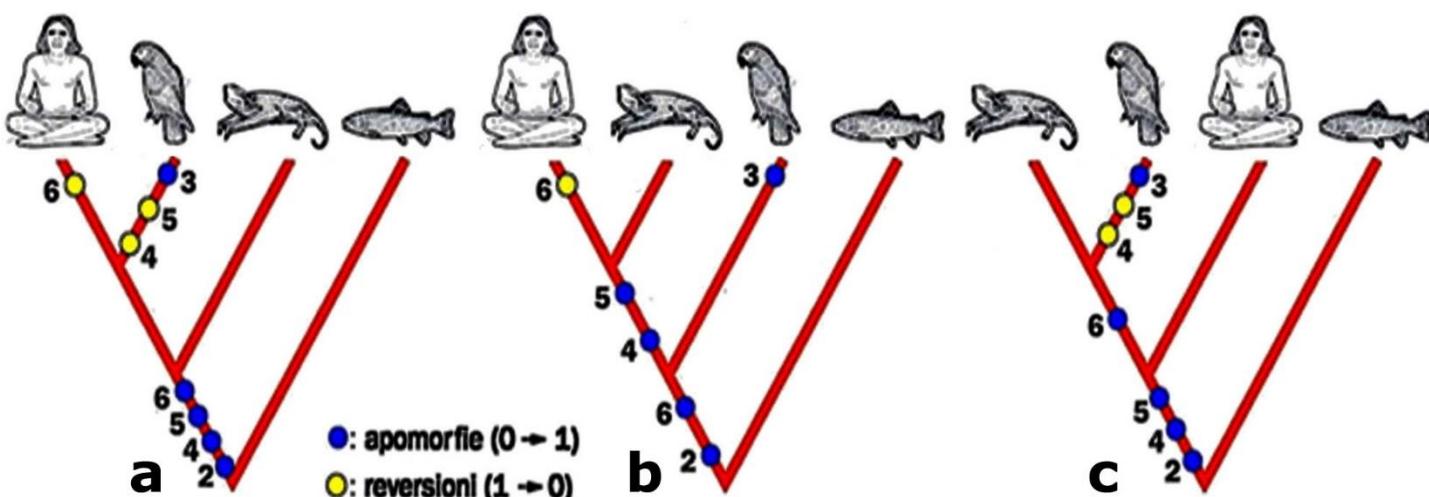


Reversione dei caratteri



1 Mascella	0	0	0	0	4 Struttura della mandibola	1	1	0	0
2 Appendici pari	1	1	1	0	5 Riserve vitelline dell'uovo	1	1	0	0
3 Denti	0	0	1	0	6 Ali	0	1	1	0

Matrice di caratteri. 1: **mascelle** (presenza/assenza). 2: **appendici pari** (da attinopterigio/da sarcopterigio). 3: **denti** (presenza/assenza). 4: **mandibola** (costituita da più ossa/costituita dal solo dentale). 5: **riserve vitelline** (abbondanti/quasi nulle). 6: **ali** (assenza/presenza).



Per quanto improbabile è sempre possibile che un carattere vada incontro a **reversione**. I pallini gialli suggeriscono una reversione del carattere se questo è presente nel clade (pallini blu, **apomorfia**), ma manca nella specie in esame. Per il **Principio di parsimonia** si considera il numero di eventi, ovvero la somma di pallini di ogni colore. Anche in questo caso l'albero **b** risulta il più parsimonioso. Sorprendentemente, però, in questo particolare caso si raggiunge la conclusione corretta pur partendo da un assunto falso, perché l'uomo non ha mai posseduto le ali.



Fenogrammi e cladogrammi

Taxa Caratteri

A	a	b	c	d	e	f	g
B	a'	b'	c'	d	e	f	g
C	a'	b	c	d'	e'	f'	g'
D	a'	b	c	d'	e	f	g

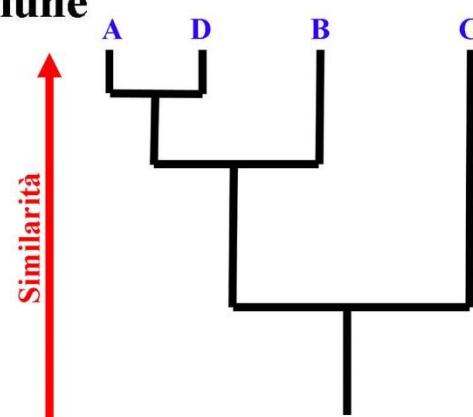
a = carattere plesiomorfo

a' = carattere apomorfo

Matrice dei caratteri in comune

	A	B	C	D
A	-	4	2	5
B		-	1	4
C			-	4
D				-

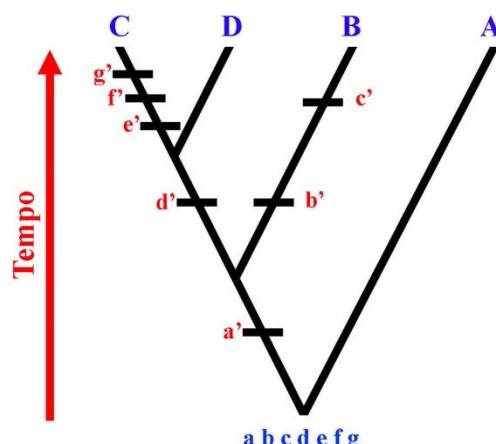
Fenogramma



Matrice dei caratteri derivati in comune (sinapomorfie)

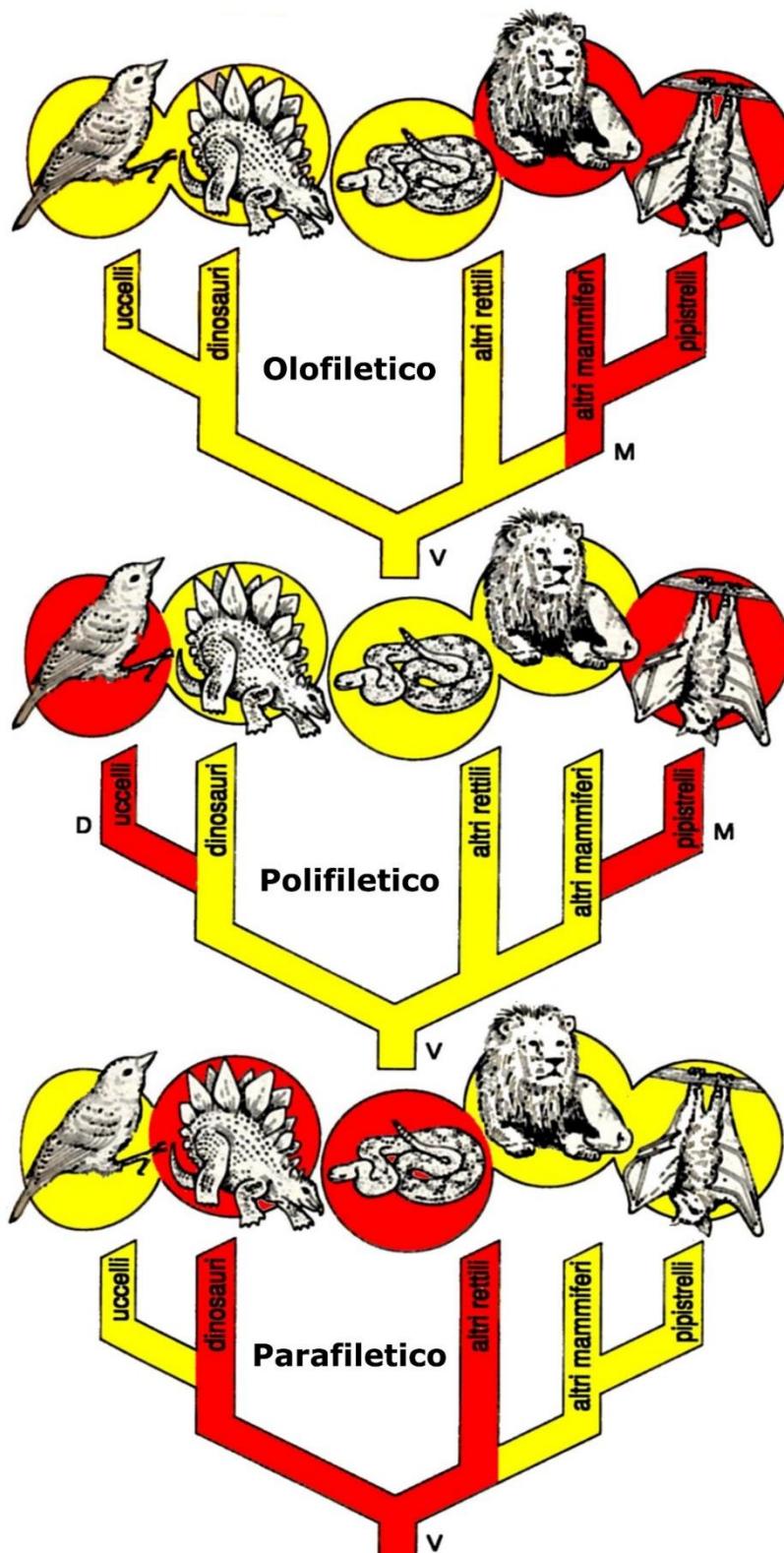
	A	B	C	D
A	-	0	0	0
B		-	1	1
C			-	2
D				-

Cladogramma



Un carattere nel suo stato primitivo è detto **plesiomorfo** o plesiomorfia. Se diversi taxa lo condividono si parla di **simplesiomorfia**. Un carattere nel suo stato **derivato** è detto **apomorfo** o apomorfia. Se diversi taxa lo condividono si parla di **sinapomorfia**. I fenogrammi considerano tutti i caratteri in comune, apomorfie, plesiomorfie e omoplasie. I cladogrammi esclusivamente i caratteri **sinapomorfi**. Gli alberi ottenuti sono diversi.

Gruppi tassonomici

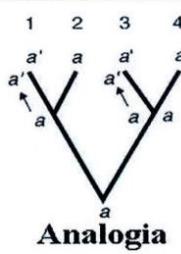
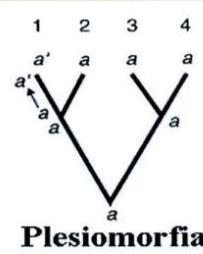
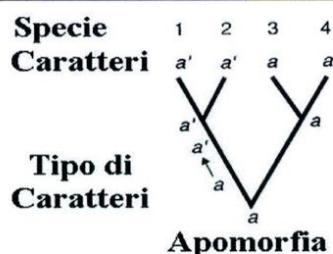


Sono **parafiletici** molti taxa tradizionali tra cui protisti, clorofite, briofite, gimnosperme, diblastici, crostacei, pesci e rettili.



Scuole tassonomiche

Scuola	Gruppi Accettati			Caratteri Utilizzati		
	Monofiletici			Analogie	Omologie	
	Olofiletici	Parafiletici	Polifiletici		Plesiomorfie	Apomorfie
Fenetica o Numerica	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Evoluzionistica Classica	SI	SI	NO	NO	SI	SI
Cladistica o Filogenetica	SI	NO	NO	NO	NO	SI

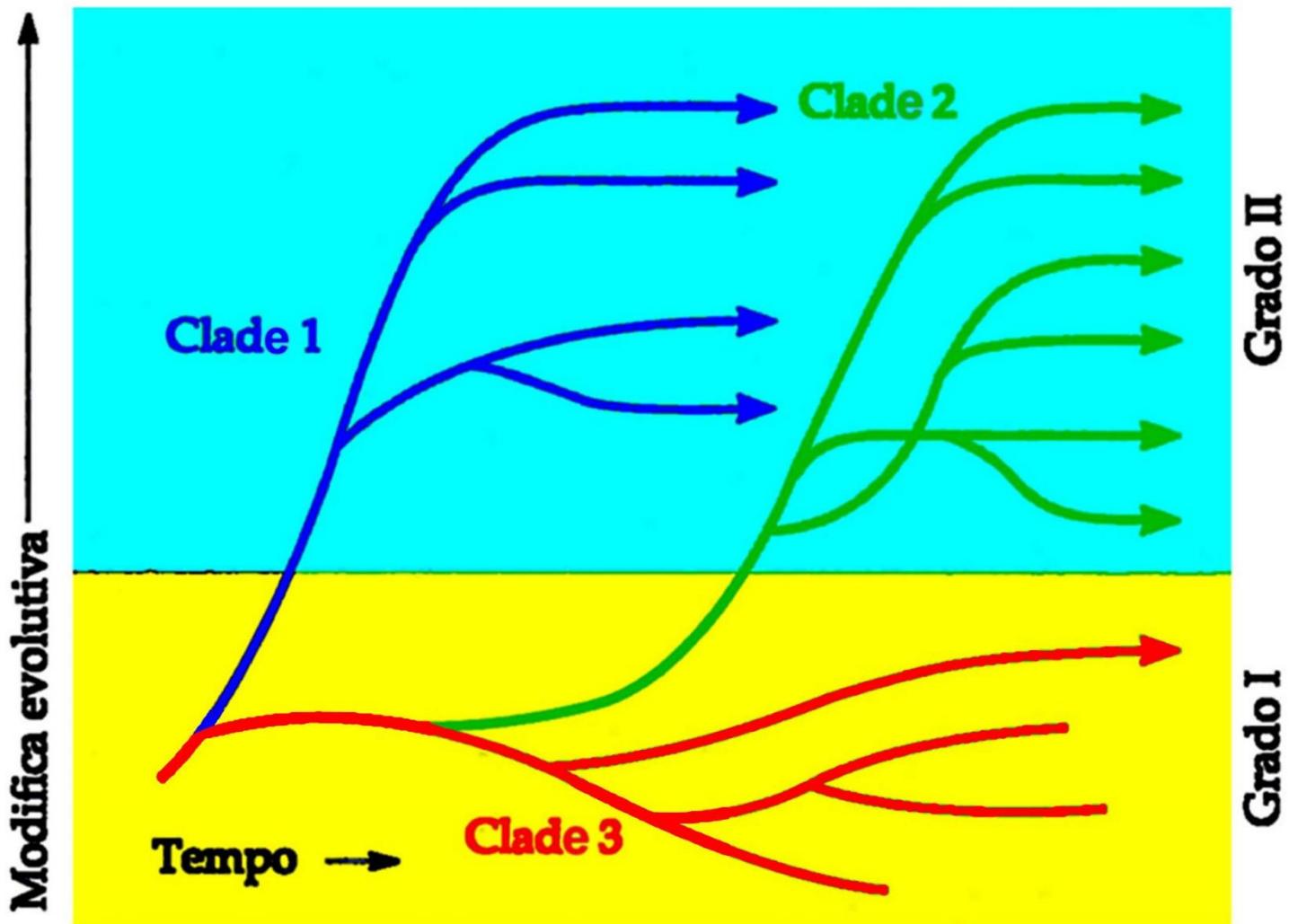


Omologia



I **fenetici** accettano tutti i caratteri e di conseguenza tutti i tipi di gruppi. I **sistematici classici** accettano tutti i tipi di **omologia**, ma non le **omoplasie** (analogie), per cui accettano solo gruppi **monofiletici**, cioè quelli che comprendono l'**antenato più recente in comune**. I **cladisti** accettano solo le **apomorfie** e quindi solo i gruppi **olofiletici**. Fate attenzione al fatto che alcuni tassonomi considerano monofiletici solo i gruppi olofiletici e non i parafiletici.

Cladi e gradi



I **cladi** sono **alberi olofletici** che possono presentare diversi livelli di ramificazione. I **gradi**, invece, sono gruppi di organismi classificati in base a un certo livello di complessità, morfologica o fisiologica, condiviso. Un grado può essere olofletico, parafiletico o polifiletico. Nell'esempio il grado I è parafiletico e comprende un unico clade, il 3); il grado II è polifiletico poiché il livello associato è stato raggiunto in maniera indipendente dai cladi 1 e 2. Per esempio, se 1 sono i mammiferi, 2 gli uccelli e 3 i rettili, il grado I potrebbe essere gli amnioti senza peli né penne, il grado II gli omeotermi.