

Introduzione alla Biologia Marina



ELEMENTI DI SISTEMATICA

Anche se spesso i termini di tassonomia e sistematica sono usati con significato sinonimo e intercambiabile, in realtà indicano due concetti diversi, per quanto interconnessi l'un l'altro. Infatti:

* la **tassonomia** (dalle parole greche *taxis* = ordine e *nomos* = regole) è la scienza che si occupa di definire le regole e le modalità con cui si deve operare per classificare gli esseri viventi.;

* la **sistematica**, invece, è la scienza che, facendo ricorso ai dettami tassonomici, si occupa di classificare gli esseri viventi, ovvero di suddividerli in gruppi di individui dotati di un certo tipo di caratteristiche anatomiche, fisiologiche ed evolutive comuni, che li differenziano e li distinguono da tutti gli altri.

Questi gruppi, più propriamente denominati **taxa** (singolare taxon), non hanno né la stessa grandezza né la stessa importanza diagnostica nella definizione delle varie specie, per cui non sono fine a se stessi ma fanno parte di un preciso **ordinamento gerarchico di categorie tassonomiche** la cui sequenza, considerando solo quelle principali attualmente in uso può essere così schematizzata:

dimensione		diagnostica
	DOMINIO	
	REGNO	
	SOTTOREGNO	
	PHYLUM – DIVISIONE	
	SUBPHYLUM	
	SUPERCLASSE	
	CLASSE	
	SOTTOCLASSE	
	ORDINE	
	SOTTORDINE	
	FAMIGLIA	
	GENERE	
	SPECIE	
	SOTTOSPECIE	
	RAZZA - VARIETA'	

Le categorie sistematiche sopracitate sono in gran parte ancora quelle proposte da naturalista svedese Linneo nel Sistema Naturae, a parte il dominio e i taxa intermedi (sottoclasse, infraclasse, superordine, sottordine...ecc) che sono poi stati introdotti dai ricercatori moderni.

Per quanto riguarda la **dimensione dei vari taxa**, si ha che:

1) l'ordinamento gerarchico va **dall'alto verso il basso**, nel senso che la categoria sistematica posta all'apice della sequenza (il dominio) è quella più grande di tutte e, quindi in grado, di contenere le altre;

2) nella suddetta sequenza, **un taxon è sempre più grande del taxon che precede** (cioè una classe è più grande di un ordine) ma è più piccolo di quello da cui è preceduto (cioè una classe è più piccola di un phylum);

3) pertanto **un taxon contiene in sé tutti i taxa che lo seguono** nell'ordinamento gerarchico (una classe contiene una o più sottoclassi, uno o più ordini, una o più famiglie...ecc) ma è a sua volta contenuto in quelli che la precedono (una classe è contenuta in un phylum, in un sottoregno e, da ultimo, nel regno)

4) si noti che un taxon può contenere più taxa dello stesso tipo se sono posti più in basso di lui nella sequenza gerarchica (un ordine può includere in sé più famiglie), ma può appartenere a una e una sola categoria sistematica che lo precede (una famiglia può far parte di un solo ordine) per cui, in definitiva, una singola specie può appartenere a un solo genere, a una sola famiglia, a un solo ordine, a una sola classe e così via

Per quanto riguarda, invece, l'**importanza diagnostica dei vari taxa**, si ha che:

1) l'ordinamento gerarchico va **dal basso verso l'alto**, nel senso che la categoria sistematica posta alla base della sequenza (la specie) è quella che meglio di ogni altra definisce le caratteristiche tipiche di un animale, differenziandolo così da tutte le altre specie

2) **salendo verso l'alto** nella gerarchia, i vari taxa definiscono un animale/vegetale **in modo sempre più generico e aspecifico**, dato che essi tendono a individuare le caratteristiche che accomunano le varie specie piuttosto che quelle che invece le rendono uniche

3) pertanto, un singolo genere (che può annoverare più specie) definisce solo la maggior parte delle caratteristiche di un animale/vegetale ma non tutte, proprio come una singola famiglia (che può comprendere più generi) definisce solo le principali caratteristiche di un genere (cioè quelle in comune con altri generi) ma non tutte, e così via per tutti gli altri taxa della gerarchia

4) di conseguenza, dire - per esempio - che un animale appartiene al **phylum** Mollusca è un'informazione meno accurata di quella che lo annovera nella **classe** Lamellibranchia, a sua volta un'informazione meno accurata di quella che lo inquadra nell'**ordine** Ostreoida e, poi, nella **famiglia** Ostreidae, perché ciò che da perfettamente l'idea di quali siano le caratteristiche tipiche dell'animale cui ci si riferisce sono i taxa che individuano il **genere** e la **specie**: *Ostrea edulis*, *Crassostrea gigas*, *Pecten jacobaeus*...ect

LE ORIGINI DELLA SISTEMATICA

Cronologicamente si fanno risalire ad **Aristotele** (384-322 a.C.) le prime osservazioni tassonomiche, raccolte nei vari scritti scientifici come *Ricerche sugli animali*, *Le parti degli animali* e *Sulla generazione degli animali*. Sebbene venga spesso considerato il padre fondatore della Zoologia moderna, Aristotele non propose mai un sistema tassonomico esaustivo e scientifico. I suoi studi erano per lo più annotazioni di carattere ora scientifico, ora fisiologico ora etologico, senza applicare in nessun caso un mero progetto tassonomico teorico.

Dalle sue notazioni emerge comunque una primitiva suddivisione del **regno Animale** affine per certi aspetti a quella moderna. Aristotele infatti suddivideva gli animali in due primi gruppi, gli **Enaima** (*Animali con sangue*) ed **Anaima** (*Animali senza sangue*). Al primo gruppo appartenevano l'Uomo, i Quadrupedi, i Cetacei, i Pesci e gli Uccelli. Al secondo appartenevano la maggior parte dei Crostacei decapodi, dei Molluschi e quelli che Aristotele definiva **Entoma**, vale a dire un insieme più o meno confuso degli attuali Insetti, Miriapodi, Aracnidi, Anellidi e Vermi parassiti. Il criterio di classificazione che Aristotele adottò per gli Entoma fu la suddivisione del corpo degli animali in più segmenti ben individuabili, sulla faccia ventrale, dorsale o entrambe. Se si escludono gli Anellidi e i Vermi parassiti la definizione aristotelica di Entoma si avvicina molto a quella contemporanea degli Artropodi. Aristotele si interessò, seppure marginalmente, anche dei **Vegetali**.

Le sue intuizioni a riguardo non furono vicine a quelle moderne come invece è stato per gli Animali. Aristotele sosteneva infatti che le Piante si fossero originate a partire da animaletti dalle dimensioni modeste provvisti di un gran numero di zampe che, a causa di una vita sempre più immobile e sedentaria, avrebbero perso le articolazioni finali andando a sostituire le funzioni vitali svolte dalla bocca.

Le teorie zoologiche di Aristotele ricevettero molto successo nel corso del tempo rispetto a quelle botaniche, tant'è che perdurarono per circa duemila anni, soprattutto grazie alle adesioni che i suoi libri ricevettero da parte dei primi scrittori e teologi cristiani, come Origene, Sant'Agostino e San Tommaso d'Aquino

Anche durante il periodo dell'**Impero Romano** non mancarono approcci naturalistici, sebbene fossero caratterizzati da una continua riproduzione delle stesse tesi aristoteliche ma alcuni tentativi di innovazione furono espressi nei libri della *Storia Naturale* di **Plinio il Vecchio** (23-79 d.C.); tali innovazioni però, consideravano anche animali fantastici, piante miracolose ed altri esemplari delle leggende e della mitologia.

I lavori di Plinio saranno alla base della nascita dei cosiddetti **bestiari**, che, per tutto il **Medioevo** confonderanno la ricerca sistematica con quella della tradizione fiabesca popolare. Nonostante l'influsso del mitico va ricordato tra gli studiosi principali del "periodo oscuro" **Isidoro di Siviglia** (570-636 circa), che si occupò della natura in tre dei numerosi libri che costituiscono la sua enciclopedia *Sull'origine e l'etimologia delle cose*.

In particolare, suddivise il regno animale in tre gruppi principali, classificati in otto categorie e, cioè: bestiame e bestie da soma, bestie selvatiche, pesci, piccoli animali, piccoli animali alati (insetti), serpenti, uccelli e vermi, il cui taxon inglobava però anche i ragni, millepiedi, sanguisughe e differenti specie di cimici.

Le teorie di Isidoro influenzarono, nel XIII secolo, anche il filosofo domenicano **Alberto Magno** (1193-1280).

I suoi studi tassonomici e zoologici basati in gran parte sull'aristotelismo confluirono nel 1270 nell'enciclopedia *De Animalibus*, alquanto innovativa ma destinata a passare inosservata. Alberto Magno suddivide gli animali secondo la modalità di locomozione, quindi animali che camminano (uomo, quadrupedi), animali che volano (uccelli, pipistrelli), animali che nuotano (pesci, mammiferi marini, conchiglie) e animali che strisciano (serpen-

ti, coccodrilli, lucertole).L'ultimo libro della sua opera è dedicato agli animali molto piccoli e privi di sangue, ai quali assegna gli Entoma aristotelici ma anche rospi, rane, chiocciole e scorpioni.

Sebbene Alberto Magno non si discosti dall'orientamento scientifico del Medioevo, la sua indagine zoologica contiene una primitiva forma di metodo scientifico, in quanto alla classificazione sistematica si associa la verifica di alcune fonti ed anche l'osservazione personale di alcuni fenomeni, come il comportamento di ragni e formiche, l'anatomia delle api e lo studio della metamorfosi delle farfalle.

Oltre a Isidoro e Alberto Magno, vi furono anche molti altri studiosi dell'epoca che si sforzarono di mettere a punto rigorose classificazioni scientifiche degli esseri viventi ma il grande potere limitante esercitato dall'*ipse dixit* (riferito ad Aristotele) e dalla *gerarchia ecclesiastica* non permisero mai un grande sviluppo delle discipline naturalistiche poiché tutto il sapere doveva necessariamente confrontarsi con la teologia e assoggettarsi ai dettami della Chiesa, che condannava senza pietà nei tribunali dell'inquisizione tutto ciò che non aveva rispondenza con quanto esposto nei Vangeli e sembrava in contraddizione con la creazione divina.

IL RINASCIMENTO

Bisognerà attendere il periodo rinascimentale perché gli studi scientifici si allontanino da questi concetti limitanti e inizino a servirsi di criteri diagnostici più aderenti alle osservazioni della natura, anche perché la diffusione della stampa permise ai vari ricercatori di confrontare le proprie teorie con quelle altrui, e di avviare così un profico dialogo interdisciplinare con i colleghi dell'epoca per definire meglio teorie e realtà.

In questo senso, grande importanza ebbe l'opera di *Conrad von Gesner* (1516-1565) pubblicata tra il 1551 e il 1587, cioè l'*Historia Animalium*, a cui si deve il merito di incoraggiare i vari corrispondenti europei a rendere più certe le conoscenze zoologiche, viaggiando, raccogliendo e smentendo l'esistenza delle bestie mitologiche.

All'*Historia Animalium* si deve anche una classificazione molto accurata degli esemplari animali fino ad allora conosciuti, ordinati in ordine alfabetico secondo il nome latino. Per ogni animale Gesner riporta inoltre il relativo nome nelle altre lingue più comuni, antiche e moderne (sinonimia), le sue abitudini, il suo comportamento, la distribuzione diatopica, la sua eventuale utilità alimentare, le medicine e le cure che da esso si possono ricavare, le leggende ed i simboli ad esso legati.

E così, tra le fine del XVI e l'inizio del XVII secolo ebbero inizio accurati studi sugli organismi viventi che, diretti in un primo momento alle specie più familiari e conosciute, si estesero poi gradualmente fino a produrre una sufficiente base di conoscenze anatomiche utili alla classificazione di piante e animali (tra i ricercatori più importanti del periodo merita di essere citato lo scozzese *Thomas Moufet* - 1553-1604 - cui si deve la suddivisione degli Insecta in atteri e alati, che sarà conservata sino ai taxon moderni di Pterygota e Apteriygota). Successivi miglioramenti sull'uso di queste conoscenze si ebbero grazie all'invenzione del **microscopio**, che fu la risorsa chiave per trasformare gli studiosi da semplici e passivi compilatori a metodologici osservatori in grado di verificare le proprie fonti e di raggiungere nuove scoperte, come quella dell'esistenza degli spermatozoi.

Tra i primi microscopisti è da ricordare il bolognese *Marcello Malpighi* (1628-1694), considerato da molti il fondatore dell'anatomia microscopica animale e vegetale.

I suoi studi equivalsero per fama a quelli di *Jan Swammerdam* (1637-1680), medico olandese sperimentatore e osservatore, dotato inoltre di abili qualità di disegnatore.

Entrambi furono particolarmente attenti allo sviluppo degli insetti, alla loro metamorfosi (che Swammerdam definì un mutamento morfologico progressivo e non brusco come si era sempre creduto sino ad allora) e alla definizione dei complicati apparati interni. In particolare è da ricordare la *Storia generale degli insetti* di Swammerdam, pubblicata nel 1669, dove lo studioso attua un'importante classificazione di questi artropodi in base al loro grado di metamorfosi (incompleta, parziale e completa, che richiamano le più attuali definizioni di ametabolia, emimetabolia e olometabolia).

IL SECOLO DEI LUMI E LINNEO

Nonostante il 16° e poi il 17° secolo abbiano segnato un momento molto importante per lo sviluppo della tassonomia animale e vegetale, è però il 1700 il periodo in cui si gettano le basi della scienza moderna.

Nel secolo dei lumi, infatti, la ragione rischiara le tenebre in cui viveva l'uomo a causa della speculazione metafisica e dei dogmi della fede religiosa e solo ciò che può essere percepito con l'intelletto diviene pertanto oggetto di studio da parte dei ricercatori dell'epoca. Il credo illuminista (che si rifà ai pensieri dell'empirista inglese *John Locke* "la conoscenza si acquisisce soprattutto con l'esperienza dei sensi, e non solo con il ragionamento deduttivo") trova terra feconda nei lavori di *Newton in terra d'Albione* e in quelli di molti altri scienziati contemporanei un po' in tutta Europa, dato che ogni branca della scienza si sviluppa con nuovo vigore, dall'astronomia alla fisica, dalla chimica alla medicina, e anche la biologia zoologica e botanica non sono da meno.

E' del 1735, infatti, la prima delle 12 edizioni del *Sistema Naturae* dello svedese **Karl Von Linne** (1707-1778), il cui nome fu poi latinizzato in **Carolus Linnaeus**, in cui il naturalista ha introdotto il metodo che viene ancora oggi in gran parte utilizzato dalla moderna classificazione (per questo motivo Linneo è stato considerato il **creatore della sistematica nella sua forma attuale**), e cioè quello di ordinare piante e animali secondo uno schema gerarchico di taxa di cui si è già detto a inizio capitolo.

Inoltre, sempre nella medesima opera ha avuto il grande merito di elevare a regola tassonomica la cosiddetta **nomenclatura binomiale** (inventata dal botanico e medico svizzero Kaspar Bauhin, 1560-1624), grazie alla quale ogni singola specie veniva definita da due nomi latini, di cui il primo (iniziale con lettera maiuscola) si riferiva al genere, mentre il secondo (iniziale con lettera minuscola) alla specie vera e propria.

Attualmente, il nome di una specie viene ancora definito nel suddetto modo ma con l'aggiunta di due altri dati fondamentali per cui si compone dei seguenti **4 elementi fondamentali**:

- 1) il nome del **genere** scritto in latino (o parola latinizzata) e con iniziale **maiuscola**
- 2) cui segue quello della **specie** scritto in latino (o parola latinizzata) e con iniziale **minuscola**
- 3) cui segue, preceduto dalla virgola, il nome dell'**autore** che ha dato il nome alla specie
- 4) cui segue, preceduto dalla virgola, l'**anno** in cui la specie è stata identificata dall'autore

L'importanza della nomenclatura binomia sta nel fatto che, prima di Linneo, una specie veniva identificata da una lunga serie di parole, aggiungendo aggettivi e nomi comuni per descrivere le sue caratteristiche fondamentali, cosicché nessun nome veniva fissato ed accettato universalmente, perché ogni ricercatore proponeva la sua definizione che spesso differiva completamente da quella di un altro ricercatore, pur volendo indicare la stessa cosa; il sistema binomiale linneo ebbe invece il vantaggio di poter indicare con chiarezza e in maniera inequivocabile per tutti una qualsiasi pianta o animale (quando una specie risulta ulteriormente suddivisa, ad esempio in più sottospecie o varietà, viene allora detta **nomenclatura trinomiale**).

Nella prima stesura del *Systema Naturae* (**1735**), Linneo ha eseguito le seguenti classificazioni:

<i>regno minerale</i>	3 classi: pietre, metalli e fossili
<i>regno vegetale</i>	24 classi , basate sulla presenza assenza degli organi sessuali (stami e pistilli) e sulla loro conformazione
<i>regno animale</i>	6 classi: vermi, insetti, anfibi, pesci, uccelli e quadrupedi (in questo ultimo taxa, e precisamente tra i quadrupedi antropomorfi, è stato inserito con le scimmie anche il genere Homo)

L'inserimento degli esseri umani nella stessa categoria sistematica delle scimmie scatenò ovviamente molte polemiche, soprattutto di natura morale-religiosa, per cui Linneo fu poi "costretto" a inserire nella 10° stesura del *Systema Naturae* (1758) una **7° classe nel regno animale**, e precisamente, quella dei **Primates**, in cui gli uomini vennero definiti per la prima volta come appartenenti alla specie *Homo sapiens*.

È interessante notare che il **1 gennaio 1758**, giorno della pubblicazione della suddetta decima edizione del *Systema Naturae* e dell'*Aranei Svecici* di Carl Alexander Clerk (allievo di Linneo, 1709-1765), viene considerato dal Codice internazionale di nomenclatura zoologica come **punto di partenza della nomenclatura zoologica moderna**. Di conseguenza nessun nome scientifico pubblicato prima del 1758 può rientrare a far parte della nomenclatura zoologica ufficiale attualmente in uso.

La definizione di specie proposta da Linneo era pressappoco quella che ancor si attribuisce alla **specie biologica**

una specie è composta da organismi interfecondi, che danno prole illimitatamente feconda

e i concetti di "illimitatamente" e di "feconda" sono a fondamento della classificazione perché se è noto a tutti che l'asino e la cavalla generano un mulo sterile, molto meno famoso può essere l'esempio di alcune tartarughe, che, accoppiandosi, danno alla luce piccoli in grado di generare fino alla seconda o alla terza generazione, poi quest'ultima si evidenzia infertile. Si scopre così che quelle tartarughe, non dando origine a prole illimitatamente feconda, appartengono a specie diverse. **Tuttavia la suddetta definizione di specie, per quanto rigorosa, non è sempre applicabile, come accade per esempio in botanica.** Molte forme vegetali, infatti, pur presentando diversità tali da non poter essere considerate della medesima specie, si incrociano originando ibridi illimitatamente fertili.

In questi casi la definizione tassonomica in esame non può più essere valida e, nella moderna sistematica, si ricorre allora ad altri tipi di definizione, basate principalmente su diversità somatiche e/o filogenetiche (che a Linneo erano completamente ignote a causa delle nozioni incomplete che aveva nell'ambito della genetica e dell'evoluzione), per cui una specie può essere:

- 1) **biologica**: per la quale è valida la definizione di cui sopra; è quella maggiormente adottata nelle classificazioni
- 2) **tipologica**: ovvero la specie viene definita confrontando gli individui da classificare con una sorta di “specie tipo” detta **olotipo**, che racchiude in se le caratteristiche fondamentali e imprescindibili di una ben specie; questa definizione è però incompleta perché non tiene conto delle relazioni filogenetiche tra i rami evolutivi e le specie.
- 3) **cronologica**: la specie cronologica è basata sul concetto "tempo" ed è il classico campo di studi della paleontologia sistematica, per cui questo concetto tiene conto della nascita di una certa specie e del suo divenire e trasformarsi nel corso della sua esistenza
- 4) **morfologica**: ovvero la specie viene definita in base ai caratteri morfologici standard che si basano sull'analisi comparativa di almeno 50 esemplari; utile per i fossili, anche questa definizione non tiene conto delle relazioni filogenetiche tra i rami evolutivi e le specie.
- 5) **fenetica** determina le specie in base alla teoria “**somiglianza esterna = parentela**” senza tener conto della loro filogenesi; si basa su calcoli matematici e confronti statistici tra le caratteristiche di individui simili
- 6) **filogenetica**: e quella tipica della tassonomia cladistica (vedi in seguito)
- 7) **filo-fenetica**: la definizione di specie filo-fenetiche deriva quindi da una combinazione delle teorie fenetiche con quelle evolutive della filogenesi cladistica

LO SVILUPPO DELLA SISTEMATICA MODERNA

L'approccio generale che Linneo scelse per classificare le specie (osservazioni morfologiche, anatomiche e riproduttive) e molti dei suoi raggruppamenti tassonomici sono rimasti dei veri e propri “cult” della sistematica per quasi due secoli. Basti pensare che sino agli anni 60 del XX secolo gli esseri viventi continuano a essere ripartiti secondo lo schema proposto nel *Systema Naturae*, ovvero nei due grandi regni Animalia e Vegetalia, anche se le varie categorie e le regole di classificazione sono state ovviamente rivedute e corrette alla luce delle nozioni che Linneo non poteva avere, come ad esempio:

- * quelle legate allo sviluppo della genetica dopo la divulgazione delle leggi di **Gregor Mendel**
- * quelle relative alla teoria di **Charles Darwin** sull'evoluzione delle specie
- * quelle che provenivano dalla **paleontologia**
- * quelle derivanti da sempre più approfonditi studi di **anatomia** e **anatomia comparata**
- * quelle che riguardavano le rivelazioni dell'**embriologia**

Tuttavia, proprio il graduale accrescersi di queste nuove informazioni è stato la causa di una sorta di scissione in due gruppi principali dei sistematici moderni a partire dagli anni 60, due grandi gruppi antitetici anche se compenetranti e spesso con livelli di contrapposizione sfumati e puramente teorici, ovvero i tassonomici tradizionali e i tassonomici cladistici, dove per **tassonomici tradizionali** s'intendono i ricercatori che, pur innovando e correggendo le teorie e i concetti linneani, si può dire che abbiano continuato il suo lavoro, mentre con **tassonomici cladistici** si fa riferimento a ricercatori che hanno elaborato **una nuova interpretazione della classificazione biologica, basata principalmente sulla filogenesi, ossia sulla storia evolutiva** dei vari taxa.

1) LA TASSONOMIA MODERNO - TRADIZIONALE

Come già accennato, basandosi sui criteri riveduti e corretti dell'impostazione data alla sistematica da Linneo, i tradizionalisti hanno continuato sino agli anni 60 a classificare gli esseri viventi in due grandi regni, ovvero:

- * **regno vegetale**, intendendo con “vegetali” tutti gli organismi procarioti ed eucarioti autotrofi (sia di tipo chemiosintetico che fotosintetico) e i miceti che, pur essendo eterotrofi, per conformazione e modalità riproduttive non potevano includersi tra gli animali, per cui i suddetti vegetali comprendevano:

batteri, cianofite, alghe, funghi, briofite, pteridofite e spermatofite

- * **regno animale**, intendendo con “animali” tutti gli organismi eucarioti ed eterotrofi sia unicellulari che pluricellulari (con la sola esclusione dei miceti), i quali venivano suddivisi nei seguenti **quattro sottoregni**:

protozoa che comprendeva i **protozoi**

mesozoa che comprendeva i **mesozoi**

parazoa che comprendeva i **poriferi**

metazoa dai celenterati ai mammiferi

Nell'ambito dell'ordinamento tassonomico dei protozoi, vi erano però delle situazioni che mettevano in crisi il concetto fondamentale su cui si basava la definizione stessa di animale, in quanto molte specie di questi microrganismi si comportavano da autotrofi veri e propri (chemio e fotosintetici), oppure da autotrofi facoltativi in base alla presenza o meno di luce nell'ambiente in cui vivevano.

Inoltre, per quanto riguarda la botanica, le alghe pluricellulari, pur avendo clorofilla A erano in genere prive di quella B ed i loro plastidi non erano così evoluti come quelli delle piante superiori (senza contare che la loro struttura a tallo le rendeva molto primitive), per cui considerarle tra i vegetali non pareva corretto, proprio come per i licheni e soprattutto per i funghi, le cui modalità riproduttive sessuate basate su spore e non su embrioni non solo li rendevano estranei agli animali (a dispetto del loro eterotrofismo) ma anche ai vegetali.

Nel tentativo di risolvere queste "incongruenze tassonomiche" i ricercatori sono stati costretti a inquadrare i protozoi autotrofi tra i vegetali e quelli autotrofi facoltativi in una sorta di sottoregno di transizione tra i due suddetti regni, creando categorie sistematiche artificiali e spesso di dubbia interpretazione diagnostica non solo per i protozoi, ma anche per i funghi, per i licheni e per le alghe, le quali in parte venivano classificate tra i vegetali (clorophyta) e in parte in altri taxa virtuali e di comodo. **Per ovviare a queste difficoltà di classificazione, negli anni 80 si è deciso di creare un nuovo regno di esseri viventi, denominato Protista**, in cui sono stati inclusi tutti gli organismi sub-cellulari (virus), tutti quelli unicellulari (procarioti ed eucarioti) e anche quelli pluricellulari privi di veri e propri tessuti, come rappresentato nella seguente tabella:

regno	sottoregno	esseri viventi
PROTISTA	subcellulari	VIRUS
	procarioti	RICKETSIE / PASTURELLE forme intermedie tra virus e batteri
		CIANOBATTERI (CIANOFICEE)
		BATTERI
		SPIROCHETALI forme intermedie tra batteri e protozoi
		TRICOBATTERI forme intermedie tra batteri e alghe
	eucarioti	ALGHE UNICELLULARI
		ALGHE PLURICELLULARI
		MICETI
		LICHENI
		PROTOZOI

Proseguendo con studi e ricerche (che hanno sempre più fatto ricorso a tecnologie sofisticate e alle analisi del DNA), molte sono state le tipologie sistematiche classico-moderne proposte dai ricercatori, ma personalmente ritengo che la più attendibile sia la seguente, suddivisa in due domini e 6 regni principali (come già descritto nel capitolo Gli esseri viventi nelle Ere Geologiche):

dominio	regno	esseri viventi
Procarioti	VIRA	VIRUS
	MONERA	BATTERI
		CIANOBATTERI
Eucarioti	PROTISTA	MICETI UNICELLULARI
		ALGHE UNICELLULARI
		ALGHE PLURICELLULARI
		LICHENI
		PROTOZOI
		MESZOZOI
	FUNGI	MYCETES
	VEGETALIA	BRIOFITE
		PTERIDOFITE
		GIMNOSPERME
		ANGIOSPERME
	ANIMALIA	PARAZOI
		METAZOI

Oltre all'introduzione dei domini, per meglio evidenziare le differenze esistenti nell'ambito di ognuno dei grandi taxa proposti da Linneo, i tassonomisti tradizionali-moderni hanno anche fatto ricorso a delle categorie intermedie individuate da specifici prefissi (**super**-classe, **sotto**-classe, **infra**-classe...ecc) e suffissi, come indicato in alcuni esempi nella seguente tabella:

Taxon	Piante	Alghe	Funghi	Animali
Divisione / Phylum	-phyta	-phyta	-mycota	
Sottodivisione / Subphylum	-phytina	-phytina	-mycotina	
Classe	-opsida	-phyceae	-mycetes	
Sottoclasse	-idae	-phycidae	-mycetidae	
Ordine	-ales	-ales	-ales	
Sottordine	-ineae	-ineae	-ineae	
Superfamiglia	-acea	-acea	-acea	-oidea
Famiglia	-aceae	-aceae	-aceae	-idae
Sottofamiglia	-oideae	-oideae	-oideae	-inae

In merito alle principali categorie sistematiche, la tassonomia tradizionale da le seguenti definizioni generali:

dominio	introdotto solo di recente, si basa sulle differenze genetiche che esistono tra i vari organismi viventi e li racchiude in due grandi taxa con struttura simile del DNA
regno	introdotto da Linneo (che distingueva animalia e vegetalia in merito alla possibilità o meno di muoversi), questo taxa oggi annovera 6 regni la cui definizione si basa sulla complessità della cellula e sull'organizzazione corporea di base degli organismi
phylum	gli appartenenti a un phylum (<i>divisione</i> in botanica) hanno un'organizzazione embriologica e anatomico-strutturale del tutto simile, anche se spesso non distinguibile dall'esterno
subphylum	gli appartenenti a un subphylum (<i>sottodivisione</i> in botanica) hanno un'organizzazione embriologica e anatomico-strutturale del tutto simile che si evidenzia anche esternamente almeno per quel che riguarda i caratteri distintivi

classe	raggruppa quegli individui i cui caratteri esterni individuano esattamente la tipologia interna di sviluppo anatomico
sottoclasse	specifica con maggior precisione le caratteristiche individuate dalla classe, ponendo in risalto le differenze fisiologiche fondamentali tra gli appartenenti al taxon precedente
ordine	prosegue il processo di evidenziazione delle differenze fisiologiche che distinguono gli appartenenti al taxon precedente
famiglia	prosegue il processo di evidenziazione delle differenze fisiologiche che distinguono gli appartenenti al taxon precedente
genere	raggruppa più specie tra loro molto simili ma che non sono in grado di riprodursi o di dare progenie fertile
specie	tra le varie la definizioni presentate (vedi in precedenza), la più accettata è quella di tipo biologico: una specie è formata da individui in grado di riprodursi e dare progenie fertile
sottospecie	organismi della stessa specie che possiedono però minime differenze, le quali non sono sufficienti a farli considerare specie diverse
razza	(<i>varietà</i> in botanica) individua un gruppo di individui della stessa specie che possiedono caratteri comuni che li differenziano da altri gruppi della stessa specie, come accade per esempio per i cani oppure - al limite - anche per l'uomo; individui di razze diverse possono dare vita a ibridi fertili che possiedono caratteristiche intermedie alle due razze, oppure possono originare anche razze diverse

2) LA TASSONOMIA CLADISTICA (E LA FENETICA)

La cladistica, (dal greco *klados* = ramo), è un metodo di classificazione degli esseri viventi che ha iniziato a diffondersi negli anni 30 del XX secolo, e che è poi stato messo a punto dall'entomologo tedesco Willi Hennig (1913-1976) **nel corso degli anni 60**: tale metodo tassonomico si basa sulla **determinazione del grado di parentela delle varie specie**, ovvero **sulla distanza temporale che intercorre dell'ultimo progenitore comune**.

La cladistica, nota anche come **sistematica filogenetica** (filogenesi tradotto dal greco antico = origine ed evoluzione delle specie), è **l'orientamento tassonomico più seguito attualmente** e i suoi adepti sostengono che la sola maniera corretta di catalogare le varie specie animali e vegetali sia quella di considerare la storia evolutiva dei vari taxa, in modo da individuare il processo di ramificazione delle varie linee di discendenza, sino a determinarne a quale dei seguenti tre tipi essi appartengono:

TAXON MONOFILETICO	è quello che comprende l'antenato comune e capostipite, e tutte le specie che da esso sono derivate
TAXON PARAFILETICO	è quello che comprende l'antenato comune e capostipite, e solo alcune delle specie che da esso sono derivate
TAXON POLIFILETICO	è quello che comprende specie che non condividono un antenato comune ma bensì più antenati, pur essendo legate tra loro

Ogni **taxon monofiletico** corrisponde a un **clade** e, per i sistematici cladisti, solo i gruppi di questo tipo possono essere considerati delle categorie tassonomiche e tutti gli effetti e utilizzate per la classificazione, mentre i gruppi parafiletici e polifiletici non sono ritenuti sufficientemente attendibili (i tassonomici tradizionalisti, invece, ritengono validi tutti e tre i suddetti "concetti di taxon" per classificare i viventi).

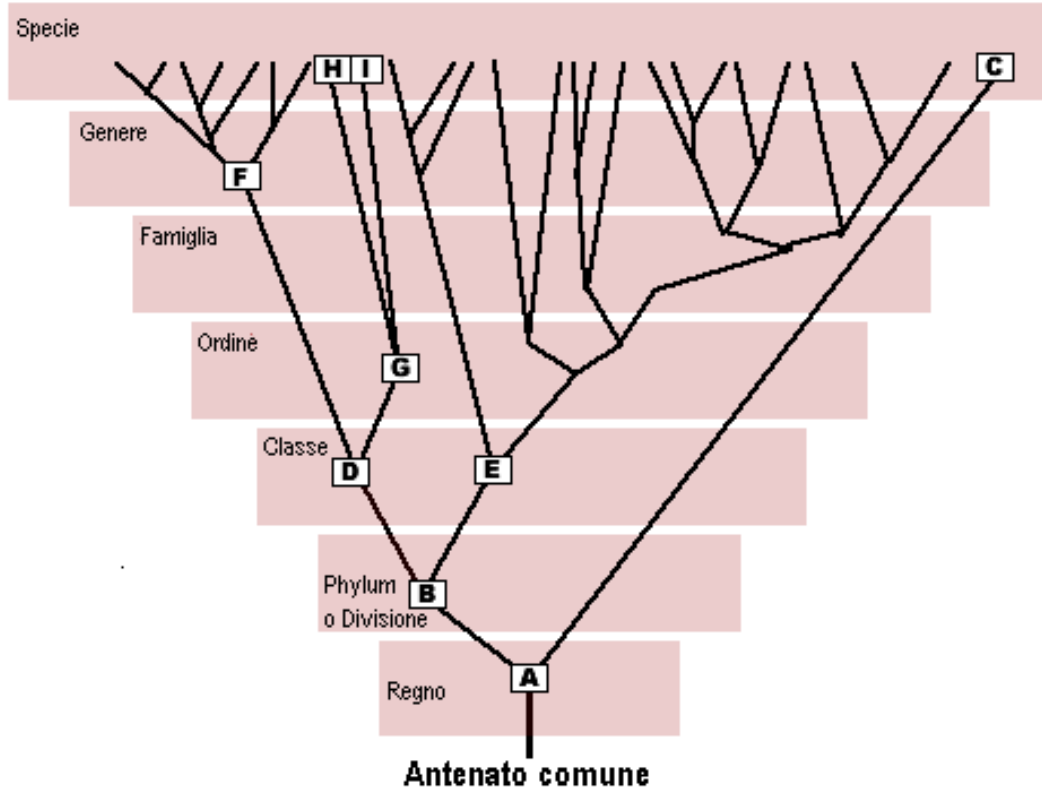
Le relazioni di parentela e discendenza evolutive tra i vari gruppi vengono determinate dai cladisti considerando **solo le omologie condivise** presumendo che esse stiano a indicare un antenato comune, mentre i tassonomici tradizionali fanno riferimento anche alle analogie

I **caratteri omologhi** od omologie sono quelli che hanno un'origine embrionale comune, anche se non necessariamente la stessa funzione: ad esempio, i cheliceri dei chelicerati sono omologhi alle seconde antenne dei crostacei, ma i primi sono appendici prensile-masticatrici mentre le seconde hanno attività sensoria.

Alle suddette omologie si contrappongono le **analogie**: due caratteri sono analoghi quando non hanno un'origine embrionale comune ma condividono la stessa funzione: ad esempio, le ali degli uccelli sono analoghe alle ali delle farfalle, anche se evolucionisticamente parlando sono due cose distinte.

La classificazione cladistica si basa inoltre sull'assunto che *due nuove specie si formino improvvisamente* per separazione da un antenato comune anziché attraverso un graduale cambiamento evolutivo, come sostengono invece i tassonomi tradizionalisti.

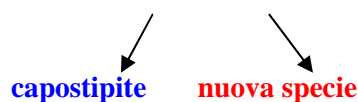
Questo tipo di speciazione e, quindi, di evoluzione che sta all'origine dei taxa monofiletici o cladi, può essere evidenziata mediante opportuni diagrammi - i **cladogrammi** - che sono rappresentabili in forma grafica da una sorta di **albero filogenetico** caratterizzato da



- 1) un **tronco** o **radice** (che rappresenta l'antenato comune a tutti i viventi, il capostipite da cui è nata la vita, come i coacervati e poi gli unicellulari) da cui si eleva tutta una serie di
- 2) **ramificazioni dicotomiche** ognuna delle quali rappresentano una divergenza dall'antenato comune; le diramazioni più interne dell'albero sono quelle più antiche, mentre quelle più esterne corrispondono a quelle più recenti; ogni ramificazione dell'albero diparte da
- 3) un punto spazio-temporale definito **nodo**, che rappresenta sia il momento in cui si è formato un nuovo clade sia l'antenato comune più recente dei soggetti che si trovano nei nodi di separazione successivi per cui, procedendo di dicotomia in dicotomia, dalle diramazioni più antiche si arriva progressivamente sino alle specie attuali che si collocano ai vertici apicali dei rami dell'albero filogenetico
- 4) come già ricordato, linee filetiche che si sviluppano dallo stesso ramo dell'albero si dicono **gruppi monofiletici** per cui un clade può anche essere considerato un "ramo evolutivo principale"
- 5) mentre se tali gruppi non comprendono tutti i discendenti del progenitore ancestrale si dicono **parafiletici**; il termine **polifiletici** è invece riservato ai gruppi che condividono più antenati comuni

In breve, riassumendo in pochi punti il concetto che sta alla base della tassonomia cladistica:

- * una specie (cioè l'antenato o il capostipite) possiede determinati organi e apparati
- * si ha speciazione improvvisa e rapida, con separazione dicotomica tra capostipite e nuova specie



* nella nuova specie organi e apparati si modificano magari nell'aspetto e nella funzione ma non nella loro origine embrionale, per cui sono **omologhi a quelli del capostipite**

- * tutti gli organismi che, derivando da un capostipite, ne mantengono le omologie possono essere considerati un clade, perché presentano tutti un'origine monofiletica (cioè derivano da un solo capostipite)
- * gli organismi che non hanno omologie con un capostipite ma solo analogie non possono far parte del suo clade perché non derivano direttamente da lui ma solo da una parte della sua discendenza (origine parafiletica) oppure da incroci o speciazioni comuni con altri capostipiti (origine polifiletica)

Nella seguente tabella sono evidenziate le principali differenze tra:

tassonomia tradizionale	tassonomia cladistica
<p style="text-align: center;">speciazione lenta</p> <ul style="list-style-type: none"> * allopatrica: isolamento per barriere geografiche * simpatica: isolamento genetico 	<p style="text-align: center;">speciazione rapida</p> <p>mediante separazioni dicotomiche improvvisate</p>
<p>considera nella diagnostica caratteri morfologici esterni, anatomia comparata, embriologia, analisi del Dna, evolucionismo, paleontologia e:</p> <p>caratteristiche omologhe e analoghe tra i vari organismi (i taxa sono formati da gruppi monofiletici, parafiletici e polifiletici)</p>	<p>considera nella diagnostica caratteri morfologici esterni, anatomia comparata, embriologia, analisi del Dna, evolucionismo, paleontologia e:</p> <p>solo caratteristiche omologhe tra i vari organismi (i taxa sono formati esclusivamente da gruppi monofiletici)</p>

Contemporaneamente alla cladistica, contro la metodologia tassonomica di stampo classico-tradizionalista si è opposta anche la **fenetica**, che si proponeva l'identificazione dei vari taxa basandosi sulla somiglianza delle caratteristiche esterne osservabili nei vari organismi, senza tener conto della loro filogenesi.

Mediante calcoli matematici e test statistici applicati a un certo numero di **variabili fenotipiche** (la fenetica è anche chiamata **tassonomia numerica**) analizzate nell'ambito di un certo gruppo di individui di varie specie, i fenetici individuano quelle che possono essere ricondotte allo stesso taxa. Fenetica e cladistica non si escludono a vicenda ma, spesso, si compenetrano (infatti, come già ricordato in precedenza, esistono specie **filo-fenetiche** e cioè individuate con la compartecipazione di entrambe le metodologie tassonomiche considerate), anche se dopo la scoperta della struttura del DNA da parte degli statunitensi **James Watson** e **Francis Crick** (1953) le tecniche di indagine cladistiche hanno trovato sempre maggior sviluppo e **relegato la fenetica perlopiù alla sola botanica**, dove alcuni fenomeni genetici peculiari delle piante (come il trasferimento orizzontale dei geni o il complesso poliploide dei cromosomi).