

**Manuale di**  
**Zoologia**



# Manuale di **Zoologia**

a cura di  
**Loriano Ballarin**



con il patrocinio di Unione Zoologica Italiana ETS

**PICCIN**

Opera coperta dal diritto d'autore - Tutti i diritti sono riservati

Questo testo contiene materiale, testi ed immagini, coperto da copyright e non può essere copiato, riprodotto, distribuito, trasferito, noleggiato, licenziato o trasmesso in pubblico, venduto, prestato a terzi, in tutto o in parte, o utilizzato in alcun altro modo o altrimenti diffuso, se non previa espressa autorizzazione dell'editore. Qualsiasi distribuzione o fruizione non autorizzata del presente testo, così come l'alterazione delle informazioni elettroniche, costituisce una violazione dei diritti dell'editore e dell'autore e sarà sanzionata civilmente e penalmente secondo quanto previsto dalla L. 633/1941 e ss.mm.

ISBN 978-88-299-3454-6

# Autori

## **Tiziana Altiero**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Educazione e Scienze Umane  
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

## **Davide Badano**

Ricercatore in Entomologia Generale e Applicata  
Dipartimento di Scienze della Vita  
Università degli Studi di Siena

## **Loriano Ballarin**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Biologia  
Università degli Studi di Padova

## **Maria Balsamo**

Professore Ordinario di Zoologia  
Dipartimento di Scienze Biomolecolari  
Università degli Studi di Urbino Carlo Bo

## **Giorgio Bavestrello**

Professore Ordinario di Zoologia  
Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente  
e della Vita  
Università degli Studi di Genova

## **Francesco Bonasoro**

Ricercatore in Zoologia  
Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali  
Università degli Studi di Milano La Statale

## **Matteo Cammarata**

Professore Ordinario di Zoologia  
Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare  
Università degli Studi di Palermo

## **Pierluigi Carbonara**

Ricercatore in Biologia della Pesca e Acquacoltura  
Stazione Sperimentale per lo Studio delle Risorse  
del Mare  
Fondazione COISPA ETS, Bari

## **Pierfilippo Cerretti**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Biologia e Biotecnologie "Charles  
Darwin"  
Sapienza Università di Roma

## **Gentile Francesco Ficetola**

Professore Ordinario di Zoologia  
Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali  
Università degli Studi di Milano La Statale

## **Romolo Fochetti**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi  
Biologici, Agroalimentari e Forestali  
Università della Tuscia

## **Diego Fontaneto**

Dirigente di Ricerca  
Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)  
Istituto di Ricerca Sulle Acque (IRSA), Verbania

## **Paolo Galeotti**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente  
Università di Pavia

## **Adriana Giangrande**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche  
ed Ambientali  
Università del Salento

## **Roberto Guidetti**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Scienze della Vita  
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

## **Pierangelo Luporini**

Professore Emerito di Zoologia  
Università di Camerino

**Pedro Martinez**

ICREA Research Professor  
Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística  
Universitat de Barcelona

**Alberto Meriggi**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente  
Università degli Studi di Pavia

**Alessandro Minelli**

Già Professore Ordinario di Zoologia  
Dipartimento di Biologia  
Università degli Studi di Padova

**Maria Vittoria Modica**

Ricercatore  
Dipartimento di Biologia ed Evoluzione degli  
Organismi Marini  
Stazione Zoologica Anton Dohrn, Napoli

**Marco Oliverio**

Professore Ordinario di Zoologia  
Dipartimento di Biologia e Biotecnologie "Charles  
Darwin"  
Sapienza Università di Roma

**Roberta Pennati**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali  
Università degli Studi di Milano La Statale

**Stefano Piraino**

Professore Ordinario di Zoologia  
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche  
ed Ambientali  
Università del Salento

**Daniele Salvi**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Medicina Clinica, Sanità Pubblica,  
Scienze della Vita e dell'Ambiente  
Università degli studi dell'Aquila

**Michela Sugni**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Scienze e Politiche Ambientali  
Università degli Studi di Milano La Statale

**Alberto Ugolini**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Biologia  
Università degli Studi di Firenze

**Adriana Vallesi**

Professore Associato di Zoologia  
Scuola di Bioscienze e Medicina Veterinaria  
Università di Camerino

**Marzio Zapparoli**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi  
Biologici, Agroalimentari e Forestali  
Università della Toscana

Con la collaborazione di

**Marta Chiodin**

Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística  
Universitat de Barcelona

**Brenda Gavilán**

Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística  
Universitat de Barcelona

**Loretta Guidi**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Scienze Biomolecolari  
Università degli Studi di Urbino Carlo Bo

**Elena Perea-Atienza**

Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística  
Universitat de Barcelona

**Federica Semprucci**

Professore Associato di Zoologia  
Dipartimento di Scienze Biomolecolari  
Università degli Studi di Urbino Carlo Bo

**Simon G. Sprecher**

Professor of Neurobiology  
Faculty of Science and Medicine  
University of Fribourg

# Prefazione

Perché un nuovo testo di Zoologia? La risposta sta innanzitutto nella quantità di nuove informazioni, derivanti dagli studi basati sull'uso di approcci cladistici e molecolari, che hanno rivoluzionato le nostre conoscenze sui rapporti filogenetici tra gli animali, soprattutto invertebrati. Inoltre, da anni manca in Italia un testo di zoologia, redatto da studiosi italiani, che offra una trattazione aggiornata e rigorosa dei diversi phyla animali. Questo testo dà voce a molti Autori italiani, zoologi di tutto rispetto nel panorama internazionale.

Si è voluto presentare la zoologia moderna, seguendo un filo evolutivista, con l'obiettivo di realizzare un trattato esaustivo, uniforme nell'impostazione, per quanto possibile semplice e di facile approccio a studenti e a quanti desiderino approfondire argomenti particolari. A tal fine, si è scelto di non far ricorso ai ranghi tradizionali della sistematica classica che, sovente, creano non pochi problemi ai nostri studenti, ma di seguire una classificazione cladistica. Per chiarire maggiormente i concetti esposti si è fatto ricorso ad un robusto apparato iconografico che include foto inedite e disegni di alta qualità realizzati con maestria e professionalità dai disegnatori grafici della casa editrice che ringrazio vivamente. Ritengo che il risultato raggiunto, seppur ancora migliorabile, sia già ottimo in questa prima edizione.

Quanto al contenuto, il primo capitolo presenta i principi della sistematica con particolare riferimento alla cladistica. Tradizionalmente, poi, i corsi di Zoologia nelle università italiane offrono una presentazione di quel complesso e variegato mondo rappresentato dagli eucarioti unicellulari o protisti: ad essi è dedicato il secondo capitolo. Seguono due capitoli introduttivi ai metazoi nei quali vengono presentati una serie di concetti di Zoologia generale, in gran parte inerenti alla Biologia dello sviluppo, propedeutici per una migliore comprensione dei capitoli successivi. Infine si passa alla trattazione analitica dei phyla animali ai quali sono dedicati i rimanenti trentadue capitoli.

Addentrarsi nella zoologia degli invertebrati non è stato semplice: si è cercato di essere rigorosi nella trattazione e di proporre uno schema condiviso che, partendo dalla presentazione sistematica, passasse poi a descrivere organi e apparati, con riferimenti alla loro fisiologia, nei diversi phyla. Si è voluto completare l'opera con una serie di capitoli dedicati alla Zoologia dei vertebrati, propedeutici per i corsi di Anatomia Comparata delle nostre università.

Debbo tuttavia ammettere di non avere mai curato, in precedenza, l'edizione di un libro per gli studenti e, quando l'Editore Piccin mi propose di coordinare un nuovo testo di zoologia per le università e gli studiosi italiani, accettai con ingenuo entusiasmo sottovalutando le difficoltà intrinseche alla realizzazione di un'opera corposa come questa. Non era certo nei miei pensieri arrivare ad un volume che supera il migliaio di pagine!

I miei ringraziamenti vanno a chi mi ha sostenuto in questo lungo lavoro di coordinamento e mi ha aiutato nella stesura dei testi di mia competenza, oltre che nell'organizzazione dei vari capitoli, *in primis* i colleghi Alessandro Minelli e Pierangelo Luporini ai quali va tutta la mia stima. Un grazie sentito ai diversi Autori che hanno creduto nella realizzazione dell'opera collaborando con tenacia e pazienza, all'Unione Zoologica Italiana che ha patrocinato l'opera stessa e al personale della casa editrice che si è lasciato coinvolgere in questa singolare avventura. Mi auguro che questo sforzo collettivo venga apprezzato dagli studenti e dai colleghi zoologi italiani.

Loriano Ballarin



# Indice generale

<b>1. Introduzione alla sistematica</b>	<b>1</b>	<b>3. Introduzione ai metazoi 1</b>	<b>71</b>
Sistematica e tassonomia: oggetto e definizioni	1	Gli eucarioti e la comparsa della pluricellularità	71
Cenno storico	1	Origine degli animali	71
Tassonomia fenetica e numerica	4	Dove vivono gli animali	72
Metodo comparativo e ricostruzione della filogenesi	5	Ambiente marino	72
Omologia	5	Ambiente estuarino	72
Omologia tra stadi di sviluppo	6	Ambiente dulciacquicolo	72
Sistematica cladistica	7	Ambiente terrestre	73
Il metodo hennigiano	7	Simbiosi	73
Determinazione della polarità dei caratteri	8	Filogenesi animale	74
Omoplasia	9	Micro- e macroevoluzione	75
Dendrogrammi, cladogrammi e alberi	10	Modalità di speciazione	76
Dall'albero filogenetico alla classificazione	11	<b>4. Introduzione ai metazoi 2</b>	<b>79</b>
I ranghi dei taxa sopraspecifici	11	Simmetria del corpo	79
Sistematica molecolare	12	Foglietti germinali e cavità corporee	81
La specie	13	Tessuti di rivestimento corporeo	82
Specie come taxon e specie come categoria	13	Locomozione e strutture scheletriche	83
Il concetto biologico di specie	14	Scheletro idrostatico	83
La specie negli organismi uniparentali	14	Scheletri indeformabili	84
<i>Sibling species</i> e popolazioni allopatiche	15	Sistema muscolare	85
Il concetto evolutivo di specie	16	Alimentazione	86
Concetti filogenetici di specie	16	Osmoregolazione ed escrezione	87
Approcci fenetici al problema della specie	16	Sistemi respiratori	90
La posizione delle specie estinte all'interno del sistema filogenetico	17	Branchie	90
La nomenclatura	17	Polmoni e trachee	91
Le collezioni di storia naturale	19	Sistemi circolatori	92
<b>2. Protista protozoa</b>	<b>21</b>	Sistema immunitario	94
Storia tassonomica	21	Sistema nervoso	95
Gruppi tassonomici	22	Organi di senso	97
Piano strutturale	25	Barorecettori	97
Movimento	27	Fonorecettori	98
Nutrizione e digestione	30	Georecettori	98
Escrezione e osmoregolazione	31	Recettori tattili	99
Nucleo e ciclo cellulare	32	Propriocettori	99
Riproduzione e sessualità	34	Chemorecettori	99
Caratteristiche generali dei principali gruppi di protozoi	37	Fotorecettori	99
Ecologia	67	Igloreceutori	101
		Recettori di campo elettrico	101
		Recettori del campo magnetico	101
		Termorecettori	101

Comunicazione chimica	102	Riproduzione e sviluppo	184
Riproduzione	103	Rigenerazione e riproduzione asessuale	184
Riproduzione asessuale	103	Riproduzione sessuale, sviluppo e cicli vitali	185
Riproduzione sessuale	105	Bloom	190
Strategie riproduttive	115	Barriere coralline	191
Determinazione del sesso	116	Affinità filogenetiche	191
<b>5. Porifera</b>	<b>119</b>	<b>8. Ctenophora</b>	<b>193</b>
Generalità	119	Generalità	193
Storia tassonomica	120	Storia tassonomica	193
Sistematica	122	Sistematica	193
Piano strutturale/Architettura del corpo	125	Organizzazione corporea e locomozione	195
Forma e dimensioni	125	Nutrizione e sistema digerente	197
Colore e consistenza	127	Circolazione, respirazione ed escrezione	198
Sistema acquifero	127	Sistema nervoso ed organi di senso	198
Scheletro e sostegno	132	Riproduzione e sviluppo	200
Tipi cellulari	135	Cenni di ecologia	201
Nutrizione	137	Affinità filogenetiche	202
Biologia della riproduzione/Sviluppo	138	<b>9. Xenacoelomorpha</b>	<b>205</b>
Ecologia	143	Generalità	205
Importanza	148	Storia tassonomica	205
Storia evolutiva	152	Sistematica	206
<b>6 Placozoa</b>	<b>155</b>	Piano strutturale/Architettura del corpo	208
Generalità	155	Habitat e ecologia	209
Piano strutturale	157	Mesoderma e muscolatura	210
Movimento e locomozione	157	Nutrizione e apparato digerente	211
Nutrizione	158	Cellule staminali	211
Circolazione, respirazione, escrezione ed osmoregolazione	159	Osmoregolazione e apparato escretore	212
Sistema nervoso ed organi di senso	159	Sistema nervoso e organi di senso	212
Biologia della riproduzione e sviluppo	159	Biologia della riproduzione e sviluppo	215
Sistematica	159	Alcuni organismi modello usati	
Filogenesi	160	nello studio degli xenacoelomorfi	217
<b>7. Cnidaria</b>	<b>163</b>	<i>Xenoturbella bocki</i>	217
Generalità	163	<i>Symsagittifera roscoffensis</i>	217
Sistematica	163	<i>Isodiametra pulchra</i>	218
Morfologia: organizzazione corporea	173	<i>Hofstenia miamia</i>	218
Tipi cellulari	176	Affinità filogenetiche	219
Scheletro	179	<b>10. Platyhelminthes</b>	
Locomozione	179	<b>(o Plathelminthes)</b>	<b>221</b>
Sistema nervoso e organi di senso	180	Generalità	221
Nutrizione, digestione e trasporto interno	182	Storia tassonomica	221
Scambi gassosi, escrezione e osmoregolazione	184	Sistematica	222
		Piano strutturale	229
		Parete corporea	230

Parenchima	233	<b>13. Annelida</b>	<b>287</b>
Movimento	233	Generalità	287
Nutrizione e apparato digerente	234	Storia tassonomica	288
Circolazione dei fluidi e respirazione	237	Sistematica	289
Osmoregolazione e apparato escretore	238	Piano strutturale/Architettura del corpo	300
Sistema nervoso e organi di senso	239	Chete e parapodi	302
Biologia della riproduzione e sviluppo	241	Parete del corpo, celoma e movimento	305
Riproduzione asessuale	241	Nutrizione e apparato digerente	309
Riproduzione sessuale		Circolazione dei fluidi e respirazione	313
nelle forme a vita libera	242	Osmoregolazione e apparato escretore	315
Sviluppo nelle forme a vita libera	244	Sistema nervoso e organi di senso	316
Riproduzione sessuale e sviluppo		Biologia della riproduzione e sviluppo	318
nei neodermati	246	Rigenerazione e riproduzione asessuale	319
Cicli vitali dei monogenei	247	Riproduzione sessuale	321
Cicli vitali dei digenei	249	Sviluppo embrionale e larvale	324
Cicli vitali degli aspidogastri	256	Correlazioni filogenetiche	327
Riproduzione sessuale e sviluppo dei cestodi	256		
Cicli vitali dei cestodi	258	<b>14. Rhombozoa (Dicyemida)</b>	
Affinità filogenetiche	262	<b>e Orthonectida</b>	<b>331</b>
		Phylum Rhombozoa	331
<b>11. Gastrotricha</b>	<b>265</b>	Generalità e sistematica	331
Generalità	265	Struttura corporea	331
Sistematica	265	Riproduzione e ciclo vitale	332
Piano strutturale	266	Phylum Orthonectida	334
Movimento e locomozione	269		
Nutrizione e sistema digerente	269	<b>15. Mollusca</b>	<b>337</b>
Respirazione	270	Generalità	337
Escrezione e osmoregolazione	270	Storia tassonomica	337
Sistema nervoso e strutture sensoriali	270	Sistematica	339
Riproduzione e sviluppo	270	Piano strutturale/Architettura del corpo	374
Filogenesi	272	Parete del corpo	375
		Mantello e cavità del mantello	375
<b>12. Nemertea (o Rhynchocoela)</b>	<b>275</b>	Conchiglia	378
Generalità e piano strutturale	275	Torsione	383
Storia tassonomica e sistematica	275	Movimento	384
Parete corporea	276	Nutrizione e apparato digerente	386
Movimento	277	Circolazione dei fluidi e respirazione	392
Nutrizione e apparato digerente	277	Osmoregolazione e apparato escretore	395
Apparato della proboscide	278	Sistema nervoso e organi di senso	396
Apparato circolatorio e scambi gassosi	278	Sistema riproduttore	402
Sistema escretore e osmoregolazione	279	Biologia dello sviluppo	405
Sistema nervoso e organi di senso	280	Strategie riproduttive e cicli vitali	407
Biologia della riproduzione e sviluppo	282	Affinità filogenetiche	410
Riproduzione asessuale	282		
Riproduzione sessuale	282		
Correlazioni filogenetiche	283		

<b>16. Entoprocta (Kamptozoa) e Cyclophora</b>	<b>411</b>	Morfologia: organizzazione corporea	444
Phylum Entoprocta o kamptozoa	411	Compartimenti celomatici	448
Generalità e piano strutturale	411	Locomozione	448
Sistematica	411	Nutrizione e digestione	449
Nutrizione e apparato digerente	413	Respirazione, circolazione, osmoregolazione	449
Escrezione, trasporto e sistema nervoso	414	Strategie di difesa	450
Riproduzione e sviluppo	414	Sistema nervoso e organi di senso	450
Phylum Cyclophora	414	Riproduzione e sviluppo	450
Generalità e sistematica	414	Affinità filogenetiche dei lofoforati	451
Struttura corporea	415		
Biologia riproduttiva	416	<b>18. Gnathifera</b>	<b>455</b>
Rapporti filogenetici	418	Generalità	455
		Phylum Gnathostomulida	456
<b>17. Lophophorata</b>	<b>421</b>	Generalità	456
Generalità	421	Storia tassonomica	456
Lofoforo	421	Sistematica	456
Corpo trimerico	423	Piano strutturale/Architettura del corpo	457
Scheletro	423	Parete corporea	458
Storia tassonomica dei lofoforati	423	Muscolatura e movimento	458
Phylum Bryozoa	424	Nutrizione e apparato digerente	458
Generalità	424	Osmoregolazione e apparato escretore	460
Sistematica	424	Sistema nervoso e organi di senso	460
Morfologia: organizzazione corporea	427	Biologia della riproduzione e sviluppo	460
Compartimenti celomatici	431	Affinità filogenetiche	461
Locomozione	431	Phylum Micrognathozoa	461
Nutrizione e digestione	432	Generalità	461
Respirazione, circolazione, osmoregolazione	432	Piano strutturale/Architettura del corpo	463
Strategie di difesa	433	Parete corporea	463
Sistema nervoso e organi di senso	433	Muscolatura e movimento	464
Riproduzione e sviluppo	433	Nutrizione e apparato digerente	464
Phylum Phoronida	436	Osmoregolazione e apparato escretore	466
Generalità	436	Sistema nervoso e organi di senso	466
Sistematica	436	Biologia della riproduzione e sviluppo	466
Morfologia: organizzazione corporea	436	Affinità filogenetiche	467
Compartimenti celomatici	437	Syndermata	467
Locomozione	439	Phylum Acanthocephala	467
Nutrizione e digestione	439	Generalità	467
Respirazione, circolazione, osmoregolazione	439	Storia tassonomica	467
Strategie di difesa	440	Sistematica	468
Sistema nervoso e organi di senso	440	Piano strutturale/Architettura del corpo	469
Riproduzione e sviluppo	440	Parete corporea	470
Phylum Brachiopoda	442	Muscolatura e movimento	470
Generalità	442	Nutrizione e apparato digerente	471
Sistematica	443	Osmoregolazione e apparato escretore	471
		Sistema nervoso e organi di senso	471

Biologia della riproduzione e sviluppo	471	Biologia della riproduzione e sviluppo	529
Affinità filogenetiche	473	Sviluppo embrionale	531
Phylum Rotifera	474	Cicli biologici di alcuni nematodi parassiti	532
Generalità	474	Filogenesi	542
Storia tassonomica	474	Phylum Nematomorpha	543
Sistematica	477	Generalità	543
Piano strutturale/Architettura del corpo	478	Sistematica	544
Parete corporea	484	Piano strutturale	545
Muscolatura e movimento	487	Movimento e locomozione	545
Nutrizione e apparato digerente	490	Nutrizione e sistema digerente	546
I trofi	492	Respirazione e circolazione	546
Circolazione dei fluidi e respirazione	496	Escrezione e osmoregolazione	547
Osmoregolazione e apparato escretore	496	Sistema nervoso e strutture sensoriali	547
Sistema nervoso e organi di senso	497	Riproduzione e sviluppo	547
Biologia della riproduzione e sviluppo	499	Ciclo biologico	548
Affinità filogenetiche	504	Filogenesi	548
<b>19. Chaetognatha</b>	<b>507</b>	<b>22. Scalidophora: Kinorhyncha, Priapulida, Loricifera</b>	<b>553</b>
Generalità	507	Phylum Kinorhyncha	553
Sistematica	507	Generalità	553
Piano strutturale	507	Sistematica	554
Parete corporea, scheletro idrostatico e movimento	508	Piano strutturale	554
Nutrizione e apparato digerente	509	Movimento e locomozione	556
Circolazione dei fluidi, respirazione, escrezione	510	Nutrizione e sistema digerente	556
Sistema nervoso e organi di senso	510	Respirazione e circolazione	557
Biologia della riproduzione e sviluppo	511	Escrezione e osmoregolazione	557
Affinità filogenetiche	512	Sistema nervoso e strutture sensoriali	557
<b>20. Introduzione agli ecdisozi</b>	<b>515</b>	Riproduzione e sviluppo	558
<b>21. Nematoida: Nematoda e Nematomorpha</b>	<b>519</b>	Filogenesi	558
Nematoida	519	Phylum Priapulida	558
Phylum Nematoda	519	Generalità	558
Generalità	519	Sistematica	559
Sistematica	520	Piano strutturale	559
Piano strutturale	521	Movimento e locomozione	561
Movimento e locomozione	523	Nutrizione e sistema digerente	561
Nutrizione e sistema digerente	523	Respirazione	562
Circolazione	526	Circolazione	562
Respirazione	526	Escrezione ed osmoregolazione	562
Escrezione e osmoregolazione	527	Sistema nervoso e strutture sensoriali	562
Sistema nervoso e organi di senso	528	Riproduzione e sviluppo	562
		Filogenesi	563
		Phylum Loricifera	563
		Generalità	563
		Sistematica	564

Piano strutturale	565	Circolazione dei fluidi e respirazione	615
Movimento e locomozione	566	Osmoregolazione ed escrezione	623
Nutrizione e sistema digerente	566	Sistema nervoso e organi di senso	625
Respirazione	566	Sistema nervoso centrale	625
Circolazione	566	Sistema nervoso viscerale	629
Escrezione e osmoregolazione	566	Sistema nervoso periferico	629
Sistema nervoso e strutture sensoriali	566	Organi di senso	629
Riproduzione e sviluppo	567	Organi fotorecettori	
Filogenesi	568	(occhio composto, ocelli, stemmata)	631
		Riproduzione	633
<b>23. Onychophora e Tardigrada</b>	<b>571</b>	Sviluppo	642
Phylum Onychophora	571	Affinità filogenetiche	644
Generalità	571	Il contributo dei fossili alla filogenesi	
Sistematica e distribuzione	572	degli artropodi	647
Comportamento	573		
Piano strutturale/Architettura del corpo	573	<b>25. Chelicerata</b>	<b>653</b>
Nutrizione e apparato digerente	575	Generalità	653
Scambi gassosi e sistema circolatorio	577	Storia tassonomica	655
Sistema escretore	577	Sistematica	655
Sistema nervoso e organi di senso	577	Seta e veleno	675
Biologia della riproduzione e sviluppo	578	La seta	675
Evoluzione e affinità filogenetiche	580	Il veleno	676
Phylum Tardigrada	580	Locomozione	677
Generalità	580	Nutrizione e apparato digerente	678
Storia tassonomica	581	Circolazione dei fluidi e respirazione	681
Sistematica	581	Osmoregolazione ed escrezione	683
Distribuzione	582	Sistema nervoso e organi di senso	684
Piano strutturale/Architettura del corpo	583	Riproduzione	685
Tegumento	583	Sviluppo	689
Locomozione	584	Affinità filogenetiche	691
Nutrizione e apparato digerente	585		
Apparato escretore e osmoregolazione	587	<b>26. Crustacea</b>	<b>693</b>
Circolazione dei fluidi e respirazione	587	Generalità	693
Sistema nervoso e organi di senso	587	Storia tassonomica	696
Biologia della riproduzione e sviluppo	588	Sistematica	697
Dormienza	590	Piano strutturale/Architettura del corpo	709
Evoluzione e affinità filogenetiche	591	Nutrizione e apparato digerente	730
		Circolazione dei fluidi e respirazione	732
<b>24. Arthropoda</b>	<b>593</b>	Osmoregolazione e apparato escretore	736
Generalità	593	Sistema nervoso e organi di senso	737
Storia tassonomica	601	Biologia della riproduzione e sviluppo	738
Morfologia e organizzazione corporea	602	Note di ecologia e comportamento	743
Sistematica	610	Remipedia e Cephalocarida	743
Locomozione	610	Branchiopoda	743
Nutrizione e apparato digerente	612	Malacostraca	744
		Adattamenti alla vita terrestre	751

**27. Myriapoda**

Generalità	759
Storia tassonomica	760
Sistematica	760
Locomozione	777
Nutrizione e apparato digerente	780
Circolazione dei fluidi e respirazione	783
Osmoregolazione ed escrezione	786
Sistema nervoso ed organi di senso	786
Riproduzione	788
Sviluppo	796
Affinità filogenetiche	800

**28. Hexapoda**

Generalità	805
Storia tassonomica	812
Sistematica	816
Morfologia e organizzazione corporea	890
Segmentazione	898
Locomozione	898
Locomozione terrestre	898
Locomozione in ambiente acquatico	900
Le ali degli insetti	901
Teorie sull'origine delle ali degli insetti	902
Il volo degli insetti	902
Nutrizione e apparato digerente	903
Digestione	904
Circolazione dei fluidi e respirazione	905
Osmoregolazione ed escrezione	908
Sistema nervoso e organi di senso	908
Strategie di difesa	909
Riproduzione	910
Sviluppo	913
Sviluppo embrionale	913
Sviluppo postembrionale	914
Affinità filogenetiche	917

**29. Echinodermata**

Generalità	921
Storia tassonomica	921
Paleontologia	922
Sistematica	923
Piano strutturale/Architettura del corpo	933
Morfologia: organizzazione corporea	936
Compartimenti celomatici	964
Locomozione	971

<b>759</b>	Nutrizione e digestione	974
	Respirazione, circolazione, osmoregolazione	979
	Strategie di difesa	983
	Sistema nervoso e organi di senso	984
	Riproduzione e sviluppo	988
	Affinità filogenetiche	998

**30. Hemichordata 1001**

Generalità e storia tassonomica	1001
Sistematica	1001
Piano strutturale/Architettura corporea	1002
Parete corporea	1004
Celoma	1005
Nutrizione e apparato digerente	1006
Circolazione dei fluidi e respirazione	1007
Osmoregolazione e apparato escretore	1008
Sistema nervoso e organi di senso	1008
Biologia della riproduzione e sviluppo	1009
Riproduzione sessuale	1009
Riproduzione asessuale	1010
Affinità filogenetiche	1011

**31. Chordata: Cephalochordata e Tunicata 1015**

Chordata: Cephalochordata e Tunicata	1015
I cordati: caratteristiche generali	1015
Cephalochordata (Acrania o Leptocardia)	1015
Generalità	1015
Storia tassonomica	1016
Sistematica	1016
Parete corporea e locomozione	1017
Sistema digerente ed alimentazione	1017
Sistema circolatorio, respiratorio ed escretorio	1018
Sistema nervoso	1019
Riproduzione	1020
Sviluppo e metamorfosi	1020
Ecologia e importanza economica	1021
Affinità filogenetiche	1021
Tunicata (o Urochordata)	1022
Storia tassonomica	1022
Sistematica	1022
Piano strutturale/Architettura del corpo	1025
Morfologia e alimentazione	1025
Sistema circolatorio ed escrezione	1031
Sistema nervoso	1032

Riproduzione asessuale	1034	Bioluminescenza e pigmentazione	1088
Riproduzione sessuale e sviluppo	1036	Riproduzione	1088
Ascidieci: morfologia larvale e metamorfosi	1038	<b>33. Lissamphibia (anfibi)</b>	<b>1103</b>
Ecologia e importanza economica	1038	Generalità	1103
Affinità filogenetiche	1040	Storia tassonomica	1103
<b>Chordata: Vertebrata</b>	<b>1043</b>	Sistematica e diversità degli anfibi attuali	1105
<b>32. Cyclostomata, Chondrichthyes, Osteichthyes</b>	<b>1045</b>	Morfologia	1111
Generalità	1045	Tegumento	1111
Storia tassonomica	1045	Apparato scheletrico	1111
Sistematica	1046	Locomozione	1113
Diversità dell'habitat	1049	Respirazione e sistema circolatorio	1115
Storia tassonomica e pesci fossili	1049	Escrezione e bilancio idrico	1118
Life history	1050	Alimentazione e apparato digerente	1118
Agnata (Cyclostomata)	1051	Sistema nervoso e organi di senso	1119
Piano strutturale/Architettura del corpo	1051	Riproduzione	1119
Myxinomorphi	1052	Cicli vitali degli anuri: variazioni sul tema ed evoluzione dell'indipendenza dall'acqua	1120
Piano strutturale/Architettura del corpo	1052	Cicli vitali degli urodeli: variazioni sul tema	1123
Biologia della riproduzione e sviluppo	1053	Corteggiamento	1124
Petromyzontomorphi	1053	Cicli vitali degli apodi	1125
Piano strutturale/Architettura del corpo	1053	Metasessualità	1125
Biologia della riproduzione e sviluppo	1055	Biogeografia	1126
Specie mediterranee	1056	Ecologia	1127
Gnathostomata	1057	Conservazione: il declino globale degli anfibi	1128
Chondrichthyes	1057	<b>34. Sauropsida (Reptilia)</b>	<b>1131</b>
Piano strutturale/Architettura del corpo	1057	Generalità	1131
Tegumento e colorazioni	1059	Storia tassonomica	1131
Movimento	1062	Sistematica e diversità dei rettili attuali	1133
Nutrizione e apparato digerente	1064	Morfologia	1148
Circolazione dei fluidi e respirazione	1066	Tegumento	1148
Osmoregolazione e apparato escretore	1066	Apparato scheletrico	1148
Sistema nervoso e organi di senso	1066	Respirazione e circolatorio	1151
Biologia della riproduzione e sviluppo	1067	Escrezione e bilancio idrico	1151
Sistema riproduttore maschile	1067	Alimentazione e apparato digerente	1151
Sistema riproduttivo femminile	1071	Metabolismo	1152
Osteichthyes	1076	Sistema nervoso e organi di senso	1152
Sarcopterygii e Actinopterygii	1076	Riproduzione	1154
Tegumento	1078	Ovoviviparità e viviparità	1155
Locomozione	1080	Determinazione del sesso temperatura dipendente	1156
Respirazione	1080	Ecologia e biogeografia	1158
Escrezione e regolazione osmotica	1084		
Sistema nervoso	1085		

<b>35. Sauropsida (Aves)</b>	<b>1161</b>	<b>36. Mammalia</b>	<b>1219</b>
Caratteristiche del taxon	1161	Origine e caratteristiche dei mammiferi	1219
Filogenesi	1162	Sistematica	1219
Sistematica	1168	Morfologia e organizzazione corporea	1231
Avifauna italiana	1176	Tegumento	1231
Morfologia: architettura corporea	1177	Sistema scheletrico e muscolare	1232
Sistema tegumentario:		Cranio	1232
pelle, piumaggio, penne	1177	Asse vertebrale, cinti e gabbia toracica	1238
Muta	1181	Arti	1239
Colore	1183	Apparato digerente	1242
Apparato scheletrico	1186	Lattazione e suzione	1244
Apparato muscolare	1189	Apparato respiratorio	1246
Locomozione aerea: il volo	1189	Apparato circolatorio	1247
Tipi di volo	1191	Apparato urogenitale	1248
Tipi di ali	1192	Sistema nervoso e organi di senso	1249
Velocità di volo	1194	Olfatto	1250
Migrazioni e meccanismi di orientamento	1194	Gusto	1250
Locomozione terrestre	1197	Tatto	1251
Locomozione acquatica	1198	Vista	1251
Nutrizione e sistema digerente	1198	Udito	1252
Escrezione e osmoregolazione	1202	Omeotermia	1252
Termoregolazione	1203	Riproduzione	1253
Sistema respiratorio e canto	1204	Monotremi	1254
Sistema circolatorio	1207	Marsupiali	1255
Sistema immunitario	1207	Euteri	1255
Sistema nervoso e organi di senso	1208	Filogenesi	1256
Riproduzione e sviluppo	1213	Radiazione dei mammiferi nel Mesozoico	1256
Comportamento sessuale		Radiazione dei mammiferi nel Cenozoico	1257
e sistemi riproduttivi	1216		

