Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Zoologia Sistematica

Hexapoda

Antonio Terlizzi
Laboratorio di Zoologia e Biologia Marina
aterlizzi@units.it


Hymenoptera (ape)


Orthoptera (cavalletta)


Odonata (libellula)


Coleoptera (coleottero)


Entognatha (collembolo)

Obiettivi della lezione

1. **Inquadrare** gli Hexapoda all'interno degli Artropodi
2. **Riconoscerne** i caratteri morfologici fondamentali
3. **Distinguere** Entognatha e Insecta
4. **Conoscere** i principali ordini di Insecta
5. **Comprendere** il loro ruolo ecologico e l'importanza in Scienze Ambientali



3 La diversità degli Hexapoda



4 Posizione sistematica

Regno: Animalia
Phylum: Arthropoda
Subphylum: **Hexapoda**

Arthropoda

- **Chelicerata**
  
  4 paia di zampe
  nessuna antenna
- **Crustacea**
  
  2 paia di antenne
  appendici biramose
- **Myriapoda**
  
  numerosi segmenti
  e molte paia di zampe
- **Hexapoda**
  
  3 paia di zampe
  1 paio di antenne



Entognatha

- Collembola
- Protura
- Diplura

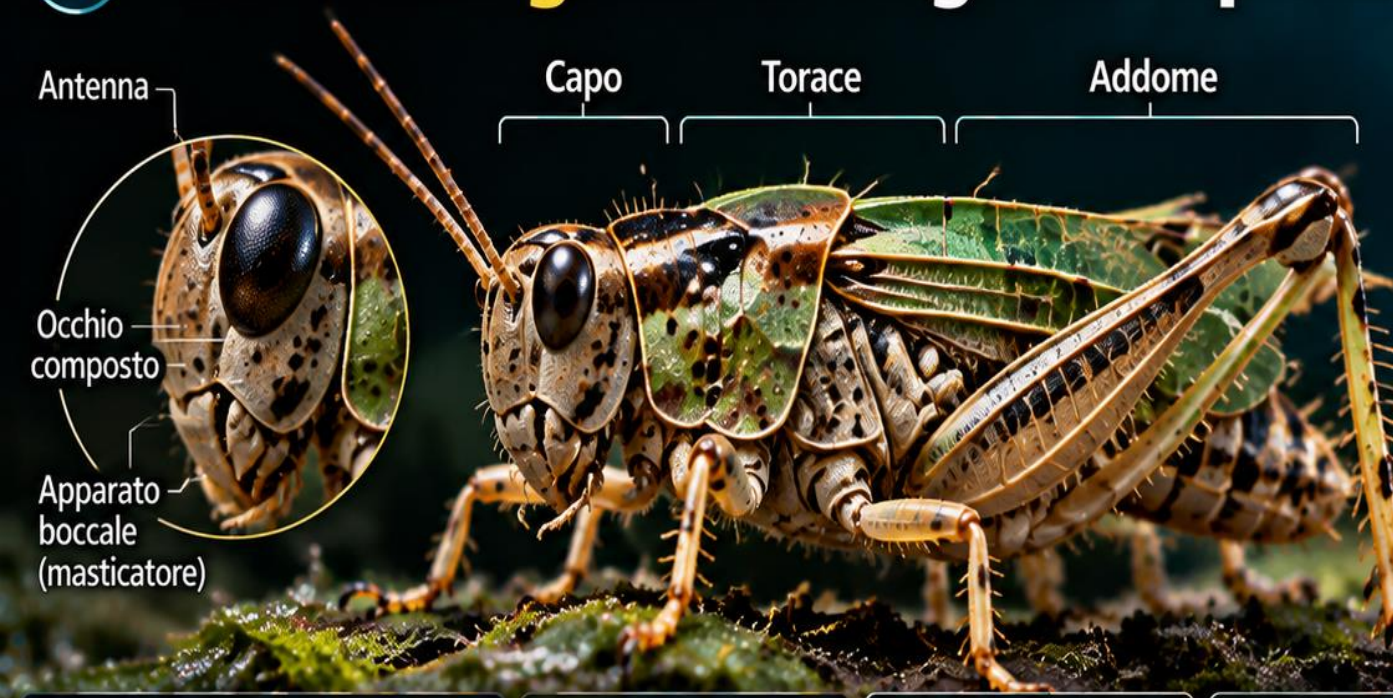


Insecta (Ectognatha)

- tutti gli altri insetti "classici"

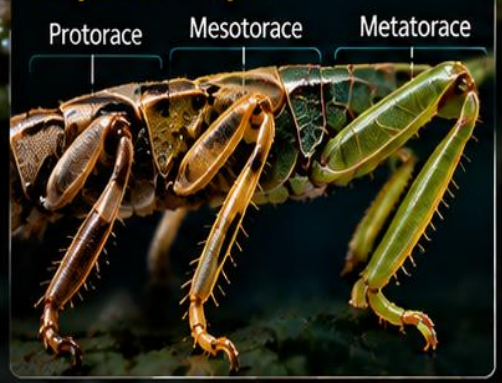


5 Caratteri generali degli Hexapoda



- **Corpo tripartito:** capo – torace – addome
- **Tre paia di zampe** articolate sul torace
- **Un solo paio di antenne**
- **Esoscheletro chitinoso** e crescita per ecdisi
- **Apparato respiratorio tracheale** nella maggioranza dei gruppi

Tre paia di zampe



Un solo paio di antenne



Esoscheletro chitinoso



Crescita per ecdisi



Sistema tracheale



6 Confronto tra i principali gruppi di Artropodi

CHELICERATA

Aracnidi, Xifosuri (limuli) e Picnogonidi



- **2** regioni: cefalotorace (prosoma) e addome
- **4 paia di zampe** (negli Eucheliceratа: aracnidi e xifosuri)
- Nessuna antenna
- Primo paio di appendici = **cheliceri**
- Apparato boccale formato da cheliceri e pedipalpi
- Respirazione con polmoni a libro, trachee o branchie (nei xifosuri)



Chelicero (ragno)



Pedipalpo (ragno)

MYRIAPODA

Chilopodi, Diplopodi, Symphyla e Pauropodi



- Capo e tronco allungato
- Un paio di antenna
- Numerosi segmenti
- **1 paio di zampe per segmento** (Chilopoda)
- **2 paia di zampe per diplosegmentio** (Diplopoda; primi segmenti con un solo paio)
- Nessuna ali
- Respirazione con trachee



Segmento con 2 paia di zampe (Diplopoda)



Segmento con 1 paio di zampe (Chilopoda)

CROSTACEA

(senso tradizionale)



- Corpo in genere diviso in cefalotorace e addome (spesso fusi)
- Di norma **2 paia di antenne** (antennule e antenne)
- Appendici spesso biramose
- Numero e tipo di zampe variabili, con specializzazioni (locomozione, alimentazione, nuoto)
- Respirazione con branchie (nella maggior parte dei gruppi)



Appendice biramosa (pleopode)



Antennula e antenna (2 paia)

HEXAPODA

Insetti ed Entognati (Collembola, Protura, Diplura)



- **3** regioni: capo, torace e addome
- **3 paia di zampe (6)**
- 1 paio di antenna
- Apparato boccale di tipo masticatore, succhiante o pungente
- Spesso ali (negli insetti; assenti negli Entognati)
- Respirazione con trachee (negli insetti); sistemi diversi negli Entognati



Zampa uniramata



Antenna uniramata

Filogenesi: Myriapoda e (Crostacea + Hexapoda) formano i **Mandibulata**; i Crostacea (senso tradizionale) insieme agli Hexapoda costituiscono il clade **Pancrustacea.** Arachnida è un gruppo interno ai Chelicerata.

6 Entognatha vs Insecta

ENTOGNATHA

- Apparato boccale **interno**
- Ali sempre **assenti**
- **Piccole dimensioni**
- Suolo, lettiera, microhabitat umidi



INSECTA (ECTOGNATHA)

- Apparato boccale **esterno**
- Ali **presenti** in molti gruppi
- **Grande diversità** di forme e habitat



Principali ordini di Entognatha



Esempi di Insecta alati e apteri



8 Entognatha: panoramica

Hexapoda
- Entognatha
- Insecta (Ectognatha)

Collembola (collemboli)



- Gruppo **più specioso** degli Entognatha
- Corpo senza ali, con **furca** sul IV segmento addominale (salto)
- Antenne generalmente di 4 segmenti
- Vita nel suolo, lettiera, muschi, ambienti umidi
- Importante ruolo nella **decomposizione** della sostanza organica


Furca (salto)


Antenna (4 segmenti)


Dettaglio della cuticola

Protura (proturi)



- Corpo allungato e vermiforme
- **Senza occhi e senza pigmenti**
- Antenne di 4 segmenti, lunghe e sottili
- Zampe sottili adattate alla vita nel suolo
- Vivono in microhabitat del suolo (interstizi, lettiera, ambienti ipogei)
- **Predatori** di microartropodi e nematodi


Capo (privo di occhi)


Antenna (4 segmenti)


Cerci posteriori

Diplura (dipluri)



- Corpo allungato e depresso
- Primo segmento addominale fuso con il torace
- Antenne lunghe, con **molti segmenti** (≥ 6)
- Un paio di cerci posteriori molto lunghi
- Vivono nel suolo, sotto cortecce e nella lettiera
- **Predatori** di piccoli artropodi e nematodi


Capo (privo di occhi)


Antenna (molti segmenti)


Cerci posteriori

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

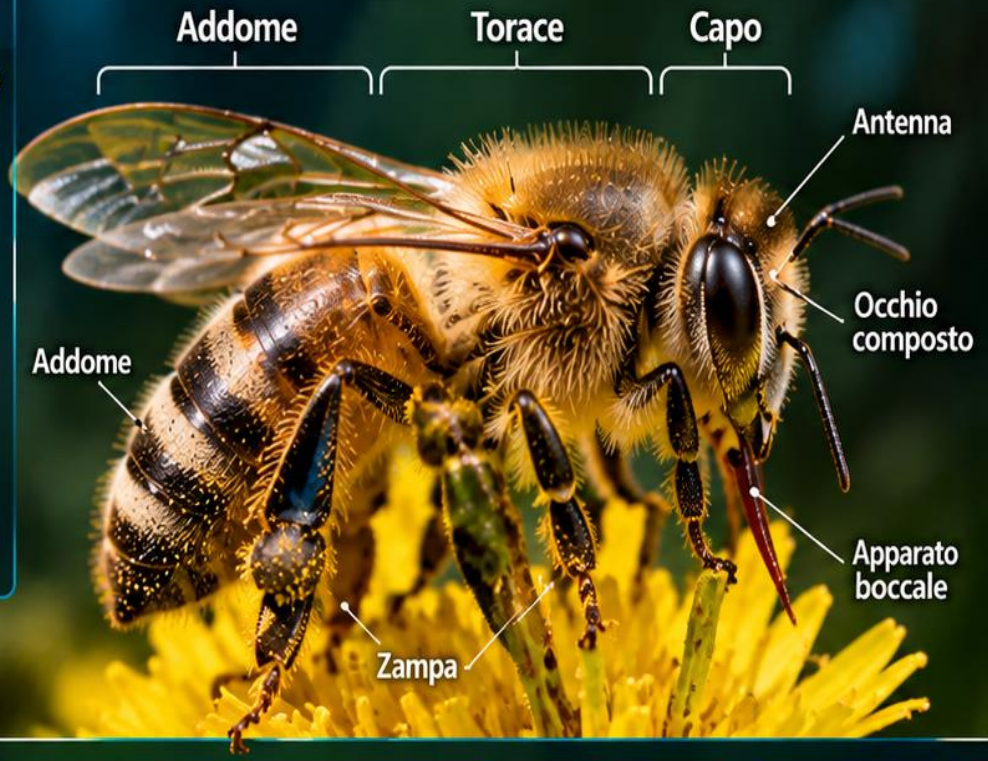
Corso di Laurea in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

9 Insecta: caratteristiche generali

Tratti distintivi

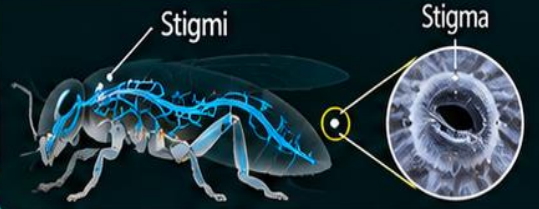
- Corpo suddiviso in **capo, torace** e **addome**
- **3 paia di zampe (6)**
- 1 paio di **antenne**
- Spesso **1 o 2 paia di ali** (in alcuni gruppi assenti)
- **Esoscheletro chitinoso**
- **Respirazione tracheale**
- Crescita per **metamorfosi** (da uovo a adulto)
- Grande capacità di **adattamento** a diversi ambienti



Metamorfosi completa



Respirazione tracheale



Classificazione

Insecta

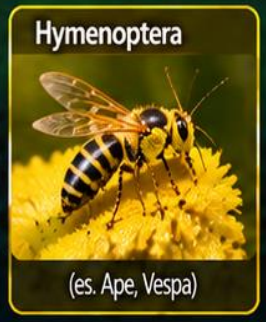
- Pterygota (ali)
- Apterygota (senza ali)
- Neoptera (ali ripiegate)
- Paleoptera (ali a riposo sul corpo)

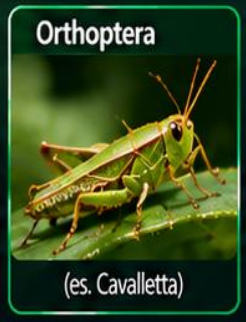
Principali ordini di Insecta















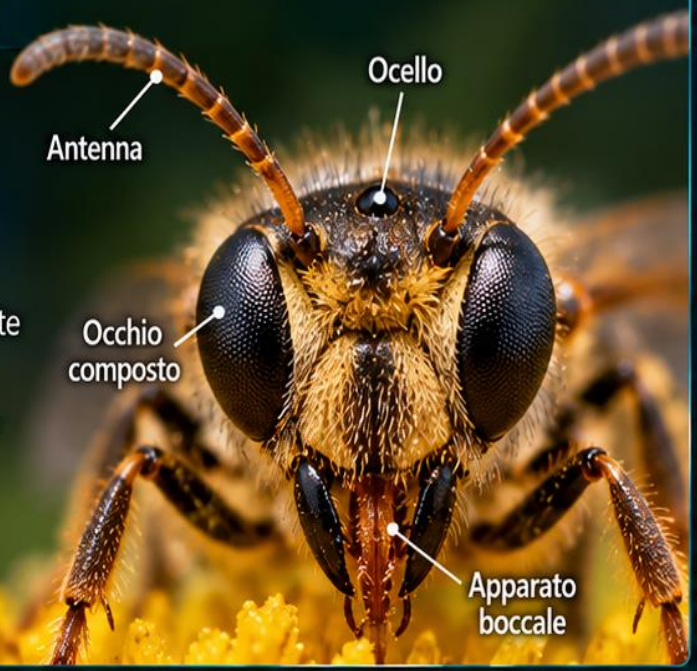




10 Insecta: capo e apparato boccale

Il capo degli Insetti

- 1 paio di **antenne**
- Un paio di **occhi composti** (+ spesso ocelli)
- **Apparato boccale** di tipo masticatore, succhiante, pungente-succhiante, lambente o altri adattamenti
- Segmento fuso con il torace **(nessun vero collo)**



Occhi degli Insetti



Occhio composto (vista a mosaico)



Ocelli (vista, orientamento)

Antenne



Filiforme (es. Coleotteri)



Plumosa (es. Ditteri)



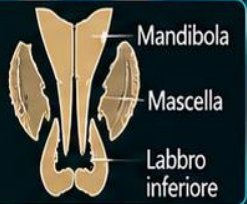
Clavata (es. Lepidotteri)

Principali tipi di apparato boccale



Masticatore

- Mandibole robuste
- Per triturare il cibo
- Tipico di ortotteri, coleotteri, alcuni imenotteri





Succhiante (sifonante)

- Proboscide lunga e arrotolabile
- Per liquidi (nettare)
- Tipico di lepidotteri





Pungente-succhiante

- Stiletti modificati
- Per perforare tessuti e succhiare
- Tipico di emitteri (es. zanzare, afidi, cimici)





Lambente (leccante)

- Labbro inferiore allargato (labello)
- Per liquidi
- Tipico di ditteri (es. mosche)





Masticatore-lambente

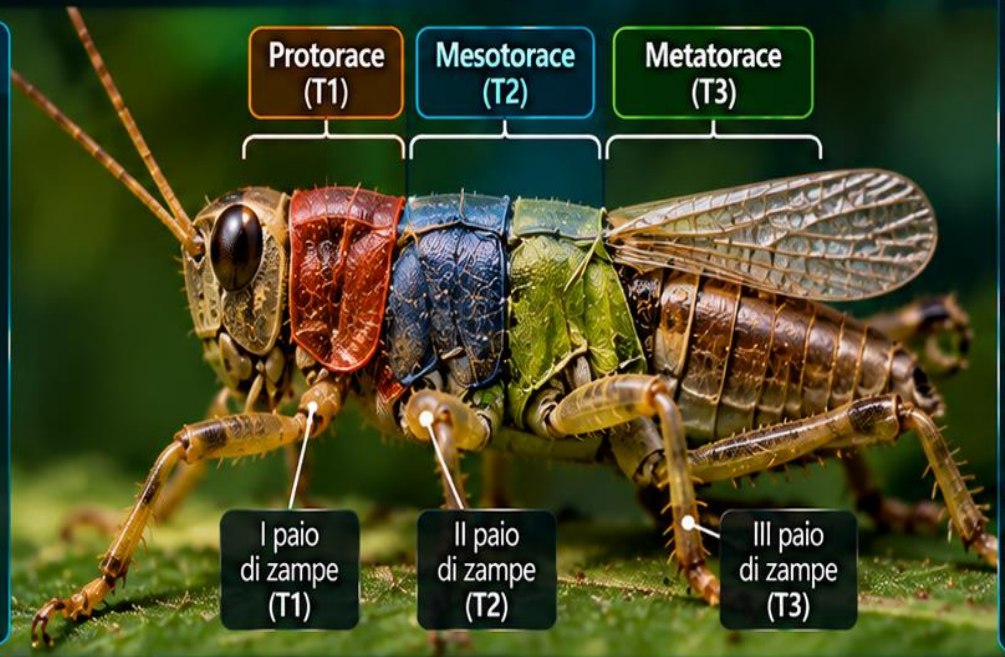
- Mandibole + labbro leccante
- Per polline e nettare
- Tipico di imenotteri (es. api)



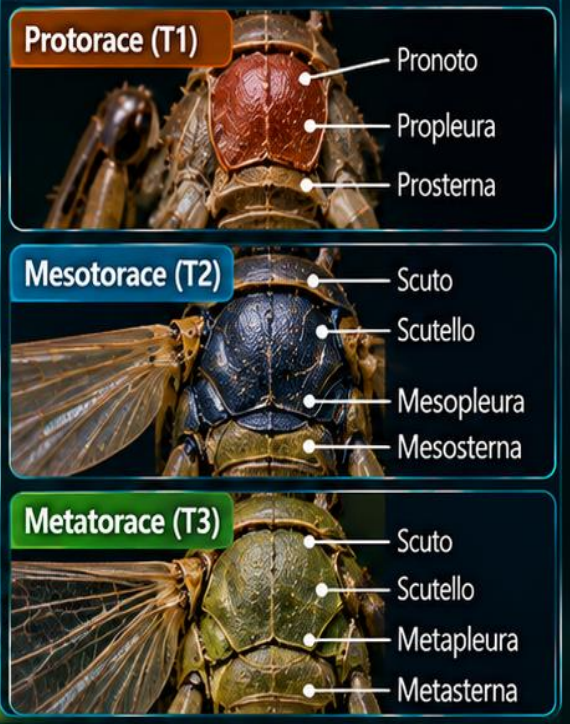
11 Morfologia del torace (pterotorace)

I tre segmenti toracici

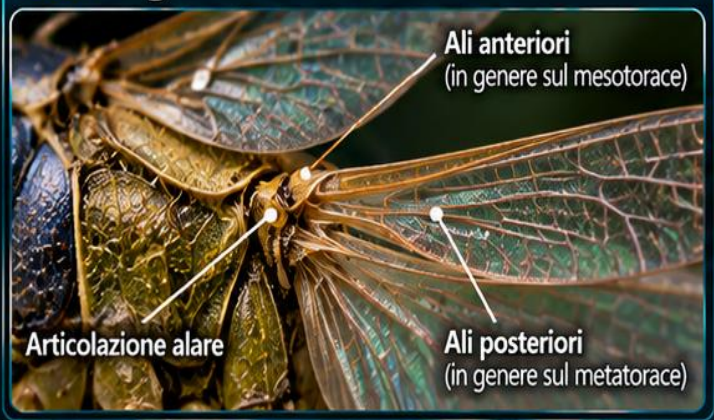
- **Protorace (T1)**
  porta il primo paio di zampe
- **Mesotorace (T2)**
  porta il secondo paio di zampe
  e, nella maggior parte degli Insetti,
  il primo paio di ali
- **Metatorace (T3)**
  porta il terzo paio di zampe
  e, nella maggior parte degli Insetti,
  il secondo paio di ali



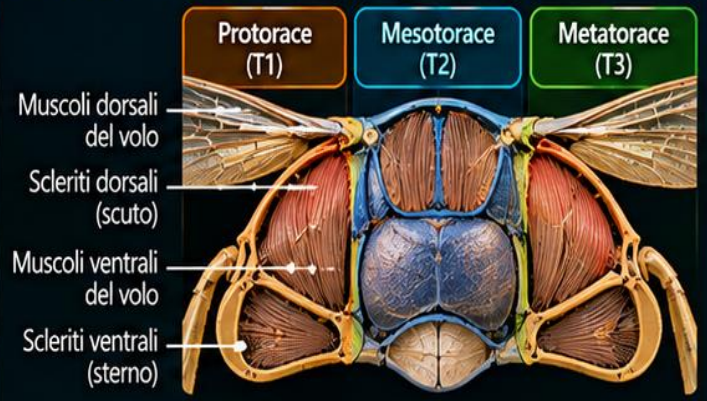
Viste e scleriti del torace



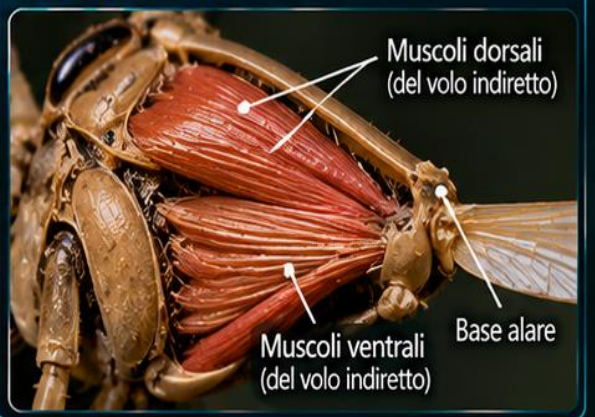
Ali: origine e articolazione



Sezione trasversale dello pterotorace

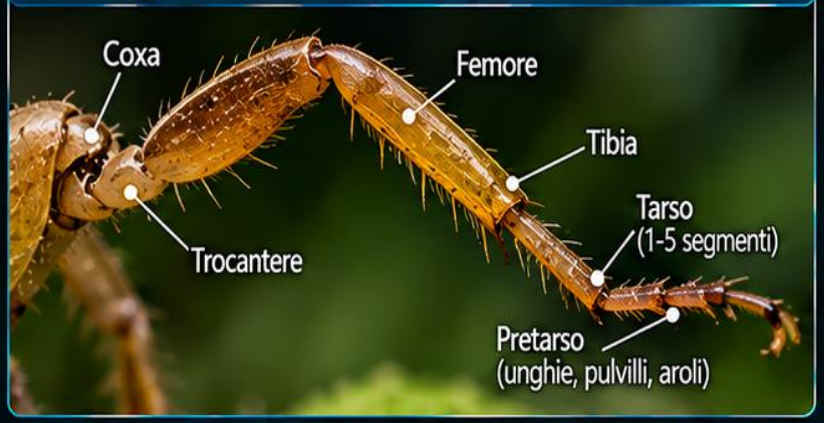


Muscolatura del torace



12 Zampe ed adattamenti funzionali

Piano generale di una zampa di Insetto



Tipi principali di zampe e funzione

- Zampe **cursorie** – camminare e correre
- Zampe **saltatorie** – saltare
- Zampe **raptatorie** – catturare prede
- Zampe **fossorie** – scavare
- Zampe **natatorie** – nuotare
- Zampe **adesive** – arrampicarsi e aderire
- Zampe per la **raccolta di polline** – trasporto del polline
- Zampe per la **pulizia** – grooming (antenne, occhi, corpo)

Zampe cursorie (camminare e correre)



- Sottili e robuste
- Adatte alla locomozione terrestre
- Tipiche di coleotteri, blatte, molti emitteri

Zampe saltatorie (saltare)



- Femore ingrossato
- Tibia allungata e spinosa
- Tipiche di ortotteri (cavallette, grilli)

Zampe raptatorie (catturare prede)



- Femore e tibia modificati con spine
- Per afferrare e trattenere la preda
- Tipiche di mantidi e alcuni emitteri

Zampe fossorie (scavare)



- Zampe anteriori larghe e robustate
- Con bordi dentati
- Tipiche di grilli talpa e alcuni coleotteri

Zampe natatorie (nuotare)



- Tibia e tarso appiattiti
- Setole natatorie
- Tipiche di ditischi e altri coleotteri acquatici

Zampe adesive (arrampicarsi e aderire)



- Tarsi con pulvilli o cuscinetti adesivi
- Per aderire a superfici lisce
- Tipiche di ditteri e alcuni emitteri

Zampe per la raccolta di polline



- Tibia con corbicula (cestello)
- Setole ramificate per il polline
- Tipiche di api e alcuni imenotteri

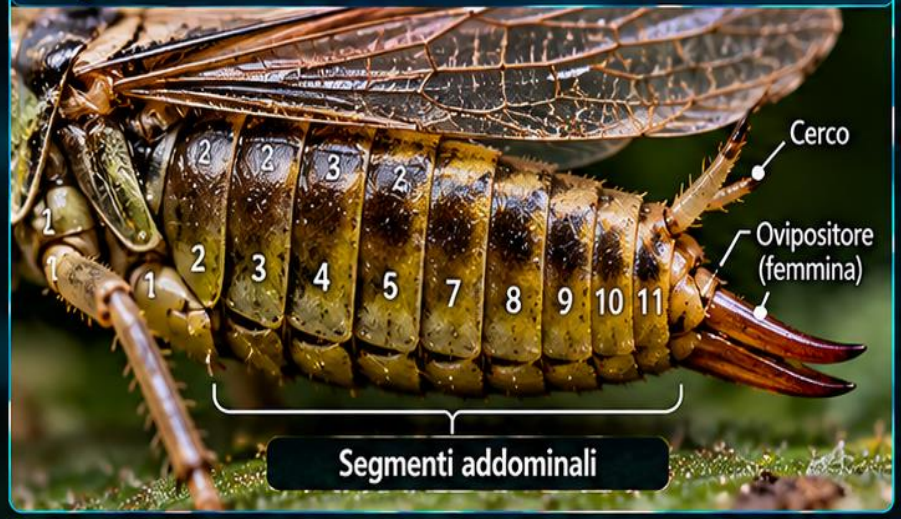
Zampe per la pulizia (grooming)



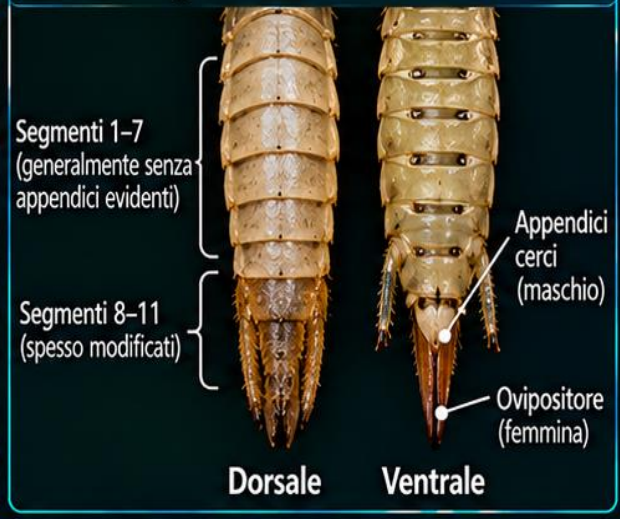
- Zampe anteriori modificate
- Setole e spine per la pulizia
- Utilizzate per antenne, occhi e corpo
- Tipiche di molti ordini

13 Morfologia dell'addome

Segmenti addominali



Schema generale



Applicazioni e funzioni

- Contiene la maggior parte degli **organi interni** (digerente, riproduttore, escretore)
- **Respirazione** tramite **stigmi** laterali (in molti gruppi)
- Spesso **modificato** per **funzioni riproduttive, difensive o di locomozione**
- **Numero di segmenti** generalmente **11** (con riduzioni in alcuni gruppi)



Modificazioni addominali in diversi gruppi

Ovipositore (femmina)



- Deposizione delle uova nel substrato
- Tipico di Ortotteri, alcuni Emitteri, Imenotteri, ecc.

Cerci (maschio)



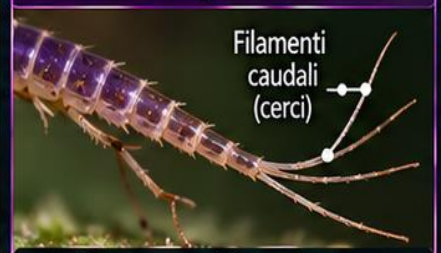
- Funzione sensoriale e difensiva
- Presenti in molti gruppi (es. Ortotteri, Dermatteri)

Appendici terminali



- Cerci trasformati in forcipi difensivi
- Tipico dei Dermatteri (forbicine)

Addome allungato e flessibile



- Maggiore mobilità e funzione sensoriale
- Tipico di Efemerotteri (2–3 filamenti caudali)

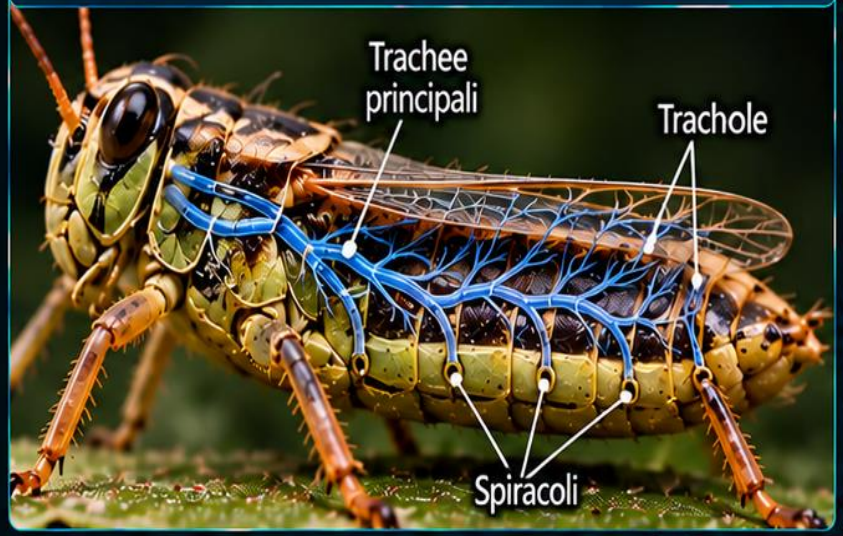
Addome retrattile



- Ovipositore modificato in pungiglione
- Tipico di Imenotteri (api, vespe, formiche)

14 Sistema tracheale e respirazione

Panoramica del sistema tracheale



Organizzazione gerarchica



- Apertura esterna nel tegumento
- Generalmente 10 paia (sul torace e addome)
- Provvisto di valvola

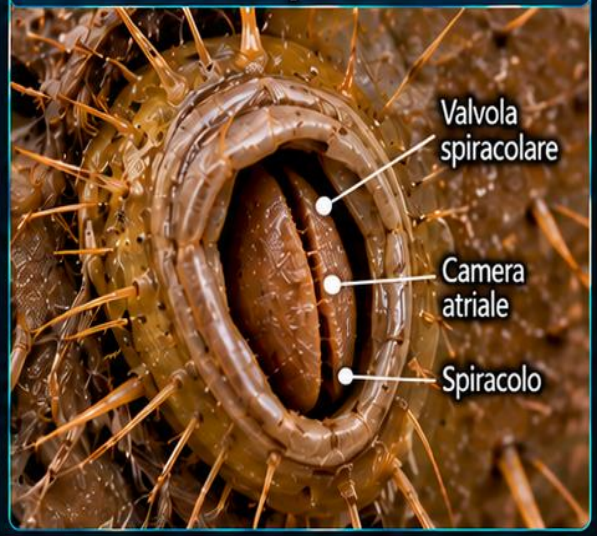


- Tubi ramificati
- con ispessimenti a spirale (taenidie)
- Mantiene la forma e impedisce il collasso

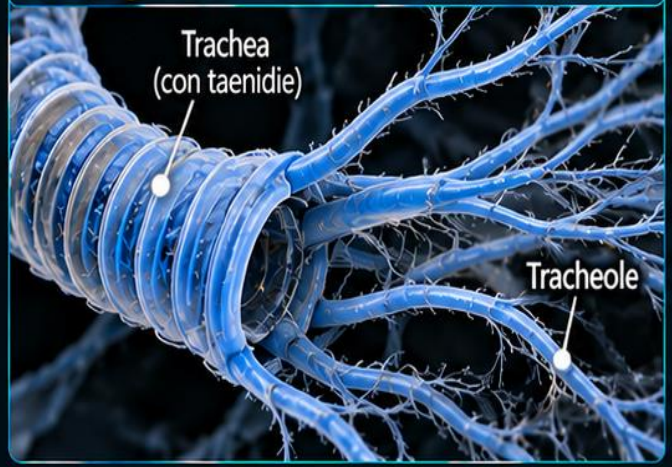


- Diramazioni molto sottili
- Raggiungono direttamente le cellule
- Parete molto sottile e permeabile ai gas

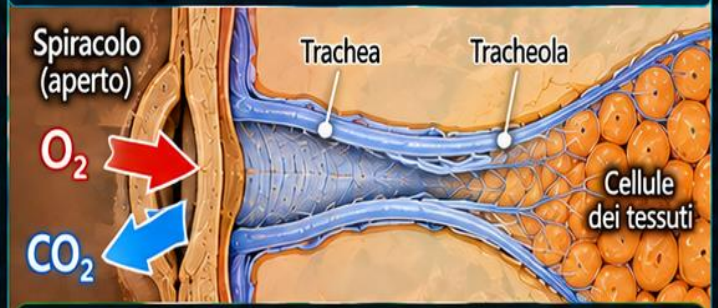
Sezione di uno spiracolo



Dettaglio di trachea e tracheole



Scambi gassosi



- L'ossigeno (O_2) diffonde dalle trachee/tracheole alle cellule
- La CO_2 diffonde dalle cellule alle trachee/tracheole
- Trasporto per **diffusione** (non tramite sangue)

Regolazione della ventilazione

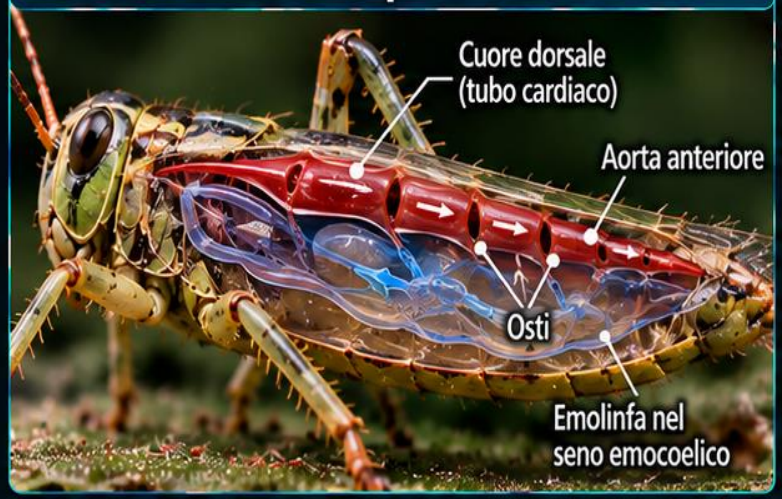




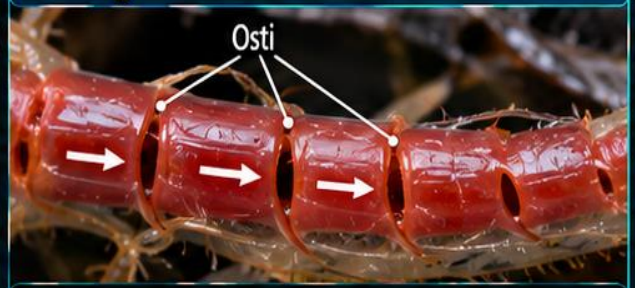
- Apertura e chiusura degli spiracoli controllata da muscoli
- Regolazione in base a: attività, temperatura, umidità, concentrazione di CO_2
- Riduce la perdita d'acqua (disecamento)
- Può essere asincrona tra spiracoli diversi

15 Sistema circolatorio ed escrezione

Sistema circolatorio: panoramica

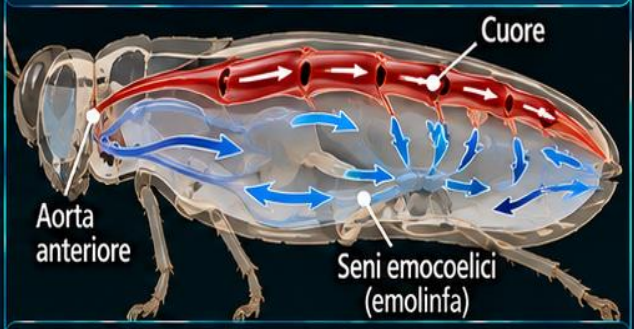


Dettaglio del cuore dorsale



- Cuore dorsale tubulare, in posizione dorsale
- Osti laterali permettono l'ingresso dell'emolinfa dal seno emocoelico
- Contrazioni peristaltiche spingono l'emolinfa in senso antero-dorsale

Circolazione dell'emolinfa



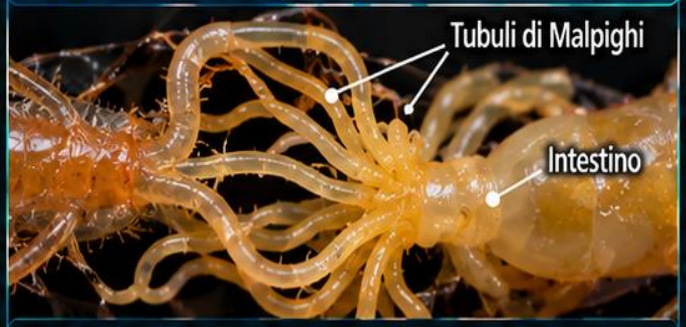
- Sistema circolatorio **aperto**
- L'emolinfa esce dal cuore ed entra nei seni emocoelici
- Scambio di sostanze con i tessuti per diffusione
- Ritorno dell'emolinfa al cuore tramite gli osti

Funzioni dell'emolinfa



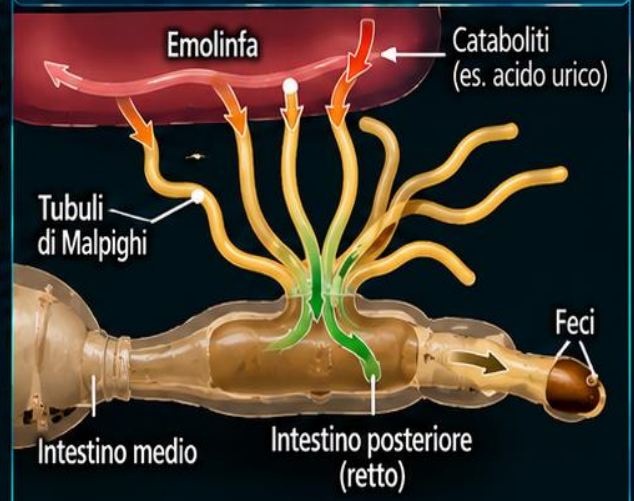
- Trasporto di nutrienti, ormoni, cataboliti
- Difesa immunitaria (emociti)
- Regolazione idrica e ionica
- **Non trasporta ossigeno** (funzione svolta dal sistema tracheale)

Organi escretori principali: tubuli di Malpighi



- Numerosi tubuli ciechi inseriti al confiine tra intestino medio e posteriore
- Prelevano i cataboliti dall'emolinfa e li riversano nell'intestino
- Eliminano principalmente **acido urico** (poco solubile)
- Conservazione dell'acqua (adattamento alla vita terrestre)

Schema dell'escrezione



16 Sviluppo e tipi di metamorfosi

Ametabola (sviluppo diretto)



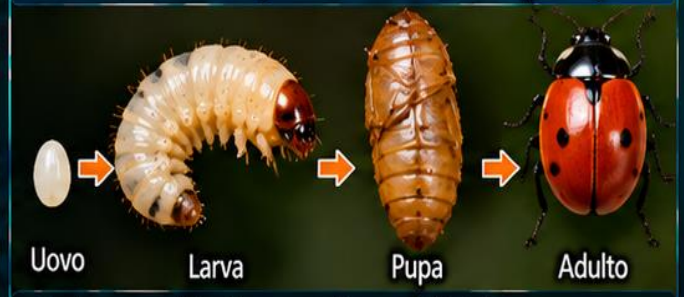
- Ninfe simili all'adulto (senza ali e spesso senza apparato riproduttore funzionante)
- Crescita per mute successive
- Nessuna fase pupale
- Esempi: Zygentoma (pesciolini d'argento)

Emimetabola (metamorfosi incompleta)



- Ninfe simili all'adulto ma in genere prive di ali e con apparato riproduttore immaturo
- Crescita per mute successive
- Sviluppo delle ali progressivo (abbozzi alari esterni)
- Nessuna fase pupale
- Esempi: Orthoptera, Hemiptera, Odonata, Mantodea

Olometabola (metamorfosi completa)

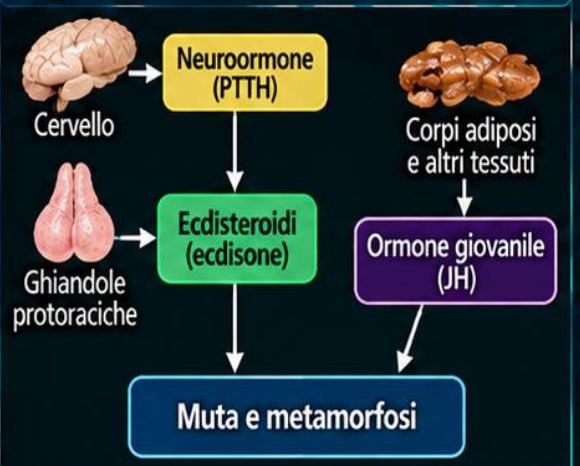


- Larva morfologicamente diversa dall'adulto
- Presenza di una fase pupale (pupa immobile, con riorganizzazione dei tessuti)
- Crescita larvale e metamorfosi controllate hormonalmente
- Esempi: Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera

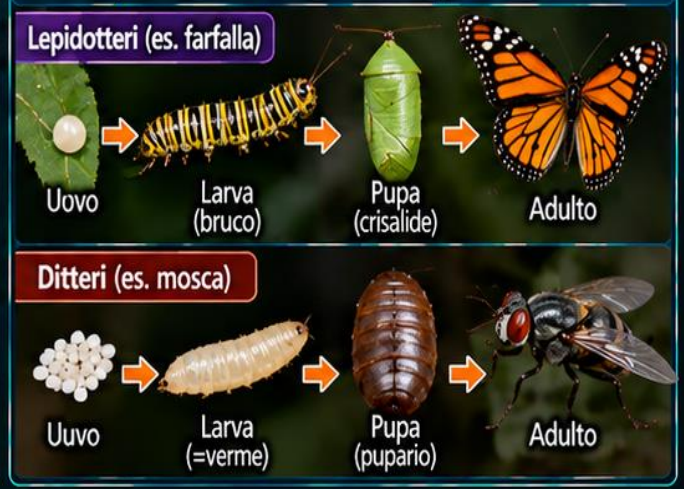
Confronto tra i tipi di sviluppo

Caratteristica	Ametabola	Emimetabola	Olometabola
Somiglianza ninfa/adulto	Molto simili	Simili	Molto diversi
Ali	Assenti	Abbozzi alari esterni; sviluppo graduale	Assenti nella larva; presenti nell'adulto
Fase pupale	Assente	Assente	Presente
Tipo di crescita	Per mute	Per mute	Fase larvale con mute, poi pupa
Esempi	Zygentoma	Orthoptera, Hemiptera, Odonata, Mantodea	Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera

Regolazione ormonale della metamorfosi



Esempi di metamorfosi completa



17 Vantaggi della metamorfosi completa

1. Separazione ecologica delle fasi



- Riduce la competizione tra larve e adulti
- Permette lo sfruttamento di risorse diverse in ambienti o microhabitat differenti

2. Specializzazione morfologica e funzionale



- Apparato boccale masticatore
- Corpo adattato all'alimentazione
- Elevata efficienza nella crescita
- Difese (es. aposematismo, setole urticanti)

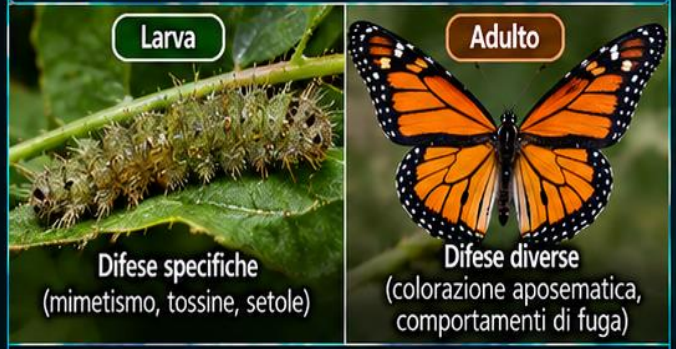
- Apparato boccale succhiante
- Adattamenti al volo e alla dispersione
- Riconoscimento del partner
- Ovideposizione in ambienti idonei

3. Aumento delle possibilità di dispersione



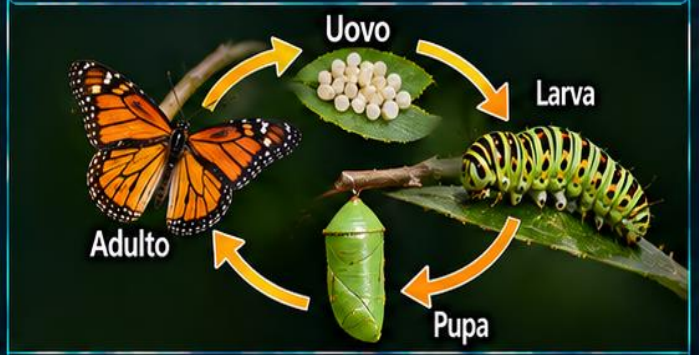
- L'adulto alato può colonizzare nuovi ambienti
- Aumenta il flusso genico tra popolazioni
- Maggiore capacità di risposta ai cambiamenti ambientali

4. Riduzione della mortalità



- Ogni fase può sviluppare strategie di difesa specifiche
- Riduce la vulnerabilità rispetto ai predatori
- Aumenta la probabilità di sopravvivenza complessiva

5. Ottimizzazione del ciclo di vita



- Permette di sincronizzare le diverse fasi con le condizioni ambientali
- Ogni fase avviene nel periodo più favorevole
- Aumenta l'efficienza nell'uso delle risorse e il successo riproduttivo

6. Elevato successo evolutivo



- La metamorfosi completa è presente in numerosi ordini (Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera)
- Ha contribuito al grande successo evolutivo di questi gruppi
- Permette una straordinaria diversità di forme, comportamenti e adattamenti ecologici

18 Principali ordini di insetti

Coleoptera (Coleotteri)



- Elytra duri che proteggono le ali posteriori
- Apparato boccale di tipo masticatore
- Grande diversità di forme e nicchie ecologiche
- Esempi: coccinelle, carabidi, scarabei

Lepidoptera (Lepidotteri)



- Ali ricoperte di squame
- Apparato boccale di tipo succhiante (spirotromba)
- Metamorfosi completa (larva = bruco)
- Esempi: farfalle, falene

Diptera (Ditteri)



- Un solo paio di ali anteriori (ali posteriori ridotte a bilancieri)
- Apparato boccale di tipo succhiante o pungente-succhiante
- Grande importanza ecologica e sanitaria
- Esempi: mosche, zanzare, tafani

Odonata (Odonati)



- Due paia di ali membranose, ben sviluppate e nervate
- Apparato boccale di tipo masticatore
- Larve acquatiche predatrici (ninfe)
- Esempi: libellule, damigelle

Ephemeroptera (Efemerotteri)



- Due paia di ali membranose, con le anteriori più grandi
- Apparato boccale ridotto o assente nell'adulto
- Larve acquatiche, spesso sensibili all'inquinamento
- Adulti con vita molto breve
- Esempi: effimere

Trichoptera (Tricotteri)



- Due paia di ali membranose ricoperte di peli
- Apparato boccale di tipo masticatore
- Larve acquatiche spesso con astucci protettivi
- Importanti indicatori di qualità delle acque
- Esempi: tricotteri

20 Diversità e radiazione adattativa degli Insetti

Gli insetti hanno colonizzato un'ampia varietà di ambienti e nicchie ecologiche, sviluppando una straordinaria diversità di forme, comportamenti e strategie alimentari grazie a caratteristiche chiave come piccole dimensioni, volo e metamorfosi.

Habitat

Gli insetti occupano pressoché tutti gli ambienti terrestri e molte acque dolci.



Suolo
(es. Coleotteri Carabidi)



Lettiera
(es. Collemboli)



Chioma
(es. Cerambicidi)



Legno morto
(es. Termiti, Cerambicidi)



Acque correnti
(es. Efemerotteri)



Acque stagnanti
(es. Emitteri)



Deserti
(es. Tenebrionidi)



Alta quota
(es. Ditteri)



Ambienti urbani
(es. Blattodei, Formicidi)

Ruoli ecologici

Gli insetti svolgono ruoli fondamentali negli ecosistemi e nelle interazioni biologiche.

Fitofagi



consumo di foglie, fusti, semi (es. Lepidotteri)

Predatori



controllo di altre specie di artropodi (es. Coccinellidi)

Parassitoidi



sviluppo a spese di un altro insetto (es. Imenotteri)

Detritivori



decomposizione della sostanza organica (es. Scarabeidi)

Ematofagi



alimentazione su sangue di vertebrati (es. Culicidi)

Necrofagi



decomposizione di carcasse (es. Calliforidi)

Impollinatori



trasferimento del polline e riproduzione delle piante (es. Apidi)

Fattori chiave della radiazione adattativa

Una combinazione di caratteristiche morfologiche, fisiologiche e comportamentali ha permesso agli insetti di diversificarsi e colonizzare ambienti molto differenti.

1 Piccole dimensioni

- Minori esigenze energetiche
- Facilità di rifugio in microhabitat
- Elevata densità di popolazione
- Ciclo vitale rapido



2 Volo

- Dispersione e colonizzazione di nuovi habitat
- Ricerca di risorse (cibo, partner, siti di ovideposizione)
- Fuga dai predatori
- Facilita la speciazione e l'isolamento geografico



3 Metamorfosi

- Separazione delle nicchie ecologiche tra stadi larvali e adulti
- Riduzione della competizione intraspecifica
- Maggiore flessibilità nell'utilizzo delle risorse
- Evoluzione di forme larvali specializzate (es. acquatiche, fossorie, xilofaghe)



4 Plasticità fisiologica e comportamentale

- Tolleranza a condizioni ambientali estreme (desiccazione, temperature elevate o basse)
- Adattamenti dietetici e morfologici
- Comportamenti complessi (socialità, cura delle larve, costruzione di nidi)
- Rapida evoluzione in risposta a nuove pressioni ambientali



Tolleranza alla siccità (es. Tenebrionidi)



Adattamenti alla vita acquatica (es. Efemerotteri)

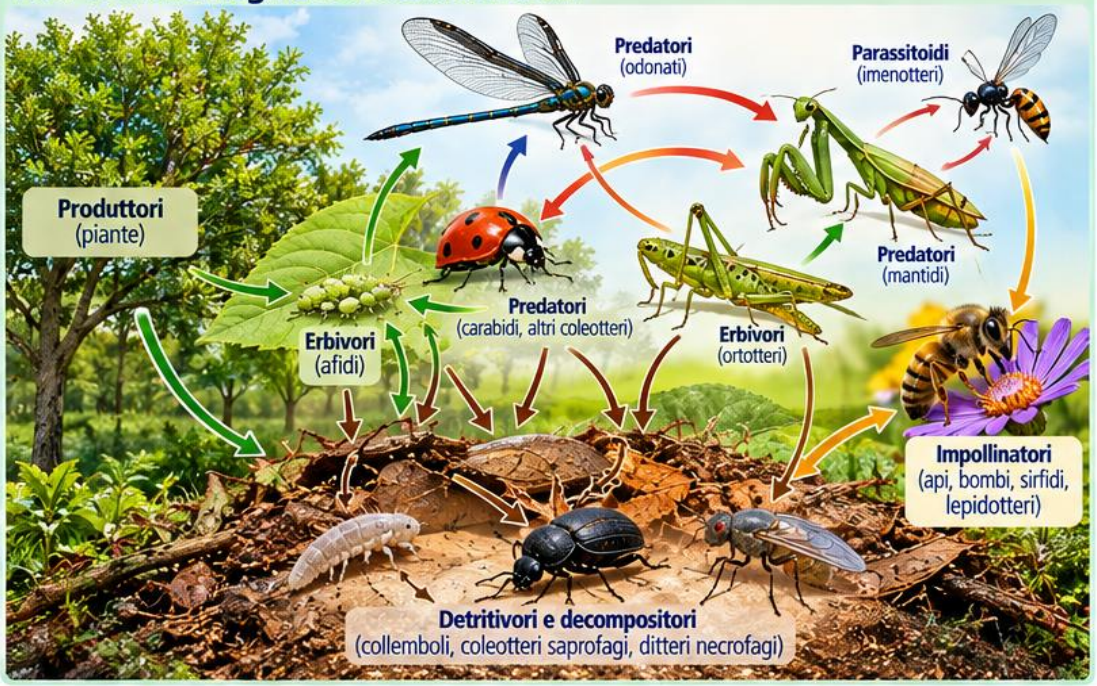


Comportamenti sociali (es. Vespidi, Formicidi)

21 Hexapoda e reti trofiche

Gli insetti occupano posizioni chiave nelle reti trofiche terrestri e d'acqua dolce, come erbivori, predatori, parassitoidi, detritivori e impollinatori, collegando produttori, consumatori e decompositori negli ecosistemi.

Reti trofiche negli ecosistemi terrestri



Principali categorie trofiche e esempi

1 Decompositori

Decomposizione di lettiera, legno morto e carcasse. Riciclo della sostanza organica.


Collemboli


Coleotteri saprofagi


Ditteri necrofagi

2 Erbivori

Si nutrono di tessuti vegetali (foglie, fusti, semi, radici).


Afidi


Lepidotteri


Ortotteri


Coleotteri fitofagi

3 Predatori

Si nutrono di altri artropodi.


Carabidi


Odonati


Mantidi


Emetteri predatori

4 Parassitoidi

Le larve si sviluppano a spese di un altro insetto, uccidendolo.


Molti imenotteri
(es. Braconidae, Ichneumonidae)

5 Impollinatori

Trasferimento del polline e riproduzione delle piante.

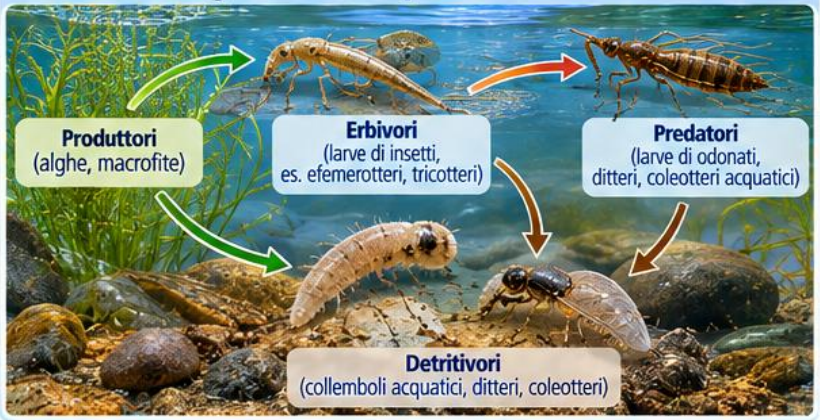

Api


Bombi


Sirfidi


Lepidotteri

Reti trofiche negli ambienti acquatici



Posizione trofica degli insetti



Importanza ecologica

- Trasferimento di energia e materia tra i livelli trofici.
- Regolazione delle popolazioni di erbivori (predatori e parassitoidi).
- Decomposizione e riciclo dei nutrienti.
- Impollinazione e riproduzione delle piante.
- Base alimentare per molti altri organismi (uccelli, anfibi, rettili, mammiferi, pesci).
- Contributo alla stabilità e alla resilienza degli ecosistemi.

21 Insetti come bioindicatori

Gli insetti, grazie alla loro elevata diversità, cicli vitali spesso brevi e forte legame con microhabitat specifici, sono eccellenti indicatori della qualità degli ecosistemi terrestri e acquatici.

Perché sono utili come bioindicatori



Elevata diversità e specializzazione

Rispondono in modo specifico ai cambiamenti ambientali.



Cicli vitali spesso brevi

Permettono di rilevare rapidamente le variazioni ambientali.



Forte legame con microhabitat specifici

Vivono in condizioni ambientali ben definite (es. ossigenazione, qualità dell'acqua, tipo di substrato).

Esempio: indice EPT nei corsi d'acqua

L'indice EPT si basa sulla presenza e abbondanza relativa delle larve di Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, gruppi generalmente sensibili all'inquinamento organico e alla riduzione della qualità dell'acqua.

Ephemeroptera (mosche di maggio)



Sensibili a basse concentrazioni di inquinanti

Plecoptera (perle)



Richiedono acque fredde, ben ossigenate

Trichoptera (tricotteri)



Indicatori di buona qualità dell'acqua

Valori dell'indice EPT e qualità dell'acqua

(esempio indicativo)



Altri esempi di insetti bioindicatori

Collemboli
(qualità del suolo)



- Sensibili a variazioni di umidità, pH e contaminanti
- Indicatori di suoli sani e ricchi di sostanza organica

Carabidi
(struttura e gestione habitat terrestri)



- Rispondono alla complessità dell'**habitat**, alla copertura vegetale e alla gestione del territorio
- Indicatori di naturalità e qualità degli habitat terrestri

Esempio di confronto tra siti (indice EPT)

Sito di montagna (non inquinato)



EPT = 18

Sito collinare (impatto moderato)



EPT = 9

Sito di pianura (inquinato)



EPT = 2

Applicazioni

Monitoraggio della qualità dell'acqua

Valutazione di impatti da inquinamento, alterazioni idromorfologiche, cambiamenti climatici.

Gestione del territorio

Valutazione degli effetti di pratiche agricole e forestali sulla biodiversità.

Salute del suolo

Uso di collemboli e altri artropodi per valutare la qualità e la funzionalità del suolo.

22 Specie invasive e impatto ambientale

Alcune specie di insetti, introdotte accidentalmente o intenzionalmente in nuove aree geografiche, si insediano con successo causando impatti ecologici, economici e sanitari significativi.

Esempi di specie invasive

Aedes albopictus
Zanzara tigre



- Origine: Asia sud-orientale
- Introdotta in Europa dagli anni '90
- Vettore di patogeni (es. Dengue, Chikungunya, Zika, West Nile)

Harmonia axyridis
Coccinella asiatica



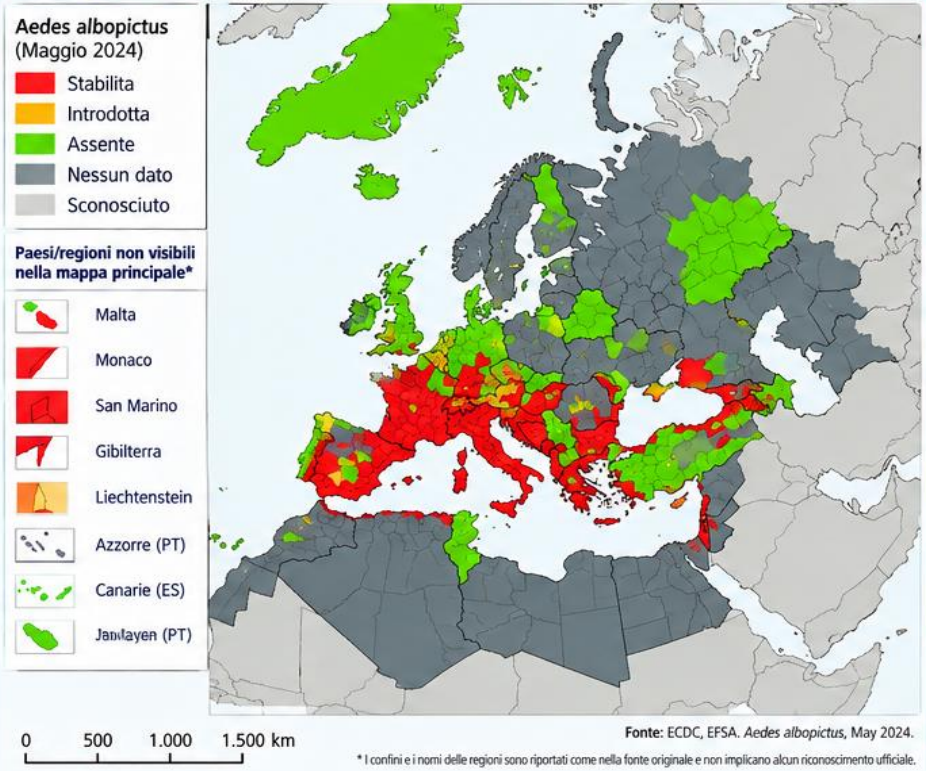
- Origine: Asia orientale
- Introdotta in Europa nei primi anni 2000
- Compete con specie locali di coccinelle
- Può alterare gli equilibri degli ecosistemi e danneggiare colture

Buprestidi e cerambicidi xilofagi
Esempi: *Agrilus spp.*, *Anoplophora spp.*



- Origine: Asia, America
- Introdotti con il commercio di legname e imballaggi
- Attaccano alberi forestali e ornamentali (es. frassino, acero, pioppo)
- Gravi danni a boschi urbani, foreste e vivai

Esempio di distribuzione spaziale: *Aedes albopictus* in Europa



Fonte: ECDC, EFSA. *Aedes albopictus*, May 2024.

* I confini e i nomi delle regioni sono riportati come nella fonte originale e non implicano alcun riconoscimento ufficiale.

Principali impatti

Competizione con specie locali



Specie autoctona
(es. *Coccinella septempunctata*)

Specie invasiva
(*Harmonia axyridis*)

- Sostituzione di specie autoctone
- Alterazione delle reti trofiche e della biodiversità

Trasmissione di patogeni



- Dengue
- Chikungunya
- Zika
- West Nile

- Rischi per la salute umana e animale
- Espansione dell'area di trasmissione di patogeni

Danni economici e sanitari



Danni a alberi e foreste | Perdite in agricoltura e vivaismo | Costi di gestione e monitoraggio

Vie di introduzione e diffusione

Commercio globale



Legname, imballaggi, piante ornamentali

Trasporto passivo



Veicoli, treni, navi, aerei

Vie naturali



Dispersione attiva (volo, condizioni climatiche)

Impatti sugli ecosistemi

Riduzione della biodiversità



Alterazione delle reti trofiche



Modifiche dell'habitat



Impatti su servizi ecosistemici



Strategie di gestione

Sorveglianza e monitoraggio



Prevenzione



ISPM 15

Controllo delle popolazioni



Sensibilizzazione del pubblico



23 Dilemma australiano: sterco bovino senza coleotteri coprofagi

Due interventi distinti, entrambi pensati per risolvere problemi causati dall'uomo, con conseguenze inattese e spesso negative per gli ecosistemi.

1. Il problema iniziale

Con l'introduzione del bestiame europeo alla fine del XVIII secolo, in Australia mancavano i coleotteri coprofagi specializzati nel degradare e interrare lo sterco bovino. L'accumulo di sterco nei pascoli causava problemi ecologici, economici e sanitari.



Conseguenze dell'assenza di coleotteri coprofagi

- Accumulo di sterco nei pascoli
- Aumento di mosche (es. *Musca vetustissima*)
- Maggiore presenza di parassiti (es. nematodi)
- Pascoli meno utilizzabili e minore produttività
- Problemi sanitari per il bestiame

2. Soluzione 1: introduzione di coleotteri coprofagi (dal 1968)

Furono introdotte in Australia diverse specie di coleotteri coprofagi di origine africana, tra cui *Onitis uncinatus*, per favorire la rimozione e l'interramento dello sterco.



Onitis uncinatus



Digitonthophagus gazella



Euoniticellus intermedius

Come funzionano i coleotteri coprofagi



Colonizzazione dello sterco → Formazione di palle di sterco → Interramento nel suolo → Mineralizzazione e miglioramento della fertilità del suolo

3. Soluzione 2: introduzione del rospo delle canne (1935)

Il rospo delle canne (*Rhinella marina*) fu introdotto in Australia per controllare coleotteri fitofagi (es. *Dermolepida albohirtum*, *Lepidiota frenchi*) che danneggiavano le colture di canna da zucchero.



Rhinella marina
(rospo delle canne)



Coleotteri fitofagi
(target del controllo)
Dermolepida albohirtum,
Lepidiota frenchi



Canna da zucchero

4. Conseguenze inattese: i rospi mangiano i coleotteri coprofagi

Il rospo delle canne si alimenta anche di coleotteri coprofagi (es. *Onitis*), riducendone le popolazioni. Molti rospi ingeriscono i coleotteri insieme alle palle di sterco e muoiono per occlusione intestinale.



I rospi si alimentano di coleotteri coprofagi (es. *Onitis uncinatus*)

Ingestione di coleotteri insieme a materiale fecale

Molti rospi muoiono per occlusione intestinale

5. Risultati complessivi

Effetti positivi dei coleotteri coprofagi

- Riduzione dell'accumulo di sterco nei pascoli
- Diminuzione delle mosche
- Minore presenza di parassiti
- Miglioramento della fertilità del suolo
- Maggiore produttività dei pascoli

Effetti negativi e non previsti

- Riduzione delle popolazioni di coleotteri coprofagi a causa della predazione dei rospi
- Mortalità dei rospi per occlusione intestinale
- Persistenza parziale dell'accumulo di sterco e dei problemi associati
- Squilibri nelle reti trofiche
- Costi economici e ambientali non previsti

6. Messaggio chiave

Il caso australiano dimostra come l'introduzione di poche specie, anche con buone intenzioni, possa avere conseguenze imprevedibili e generare nuovi problemi ecologici, economici e sanitari.

7. Lezione generale



La gestione degli ecosistemi richiede una visione ecologica integrata: intervenire su una sola componente della biodiversità può produrre effetti a cascata difficili da prevedere e controllare.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

Corso di Laurea in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

Metodi di campionamento: *insetti terrestri*

1. Trappola a caduta (pitfall trap)



- Tazza interrata con liquido conservante che intercetta gli insetti che si muovono sul suolo.
- Ideale per insetti epigei (es. Coleoptera, Carabidae, Staphylinidae, Formicidae).

2. Aspiratore entomologico (suctor)



- Crea una corrente d'aria che convoglia gli insetti in un contenitore di raccolta.
- Utile per insetti su vegetazione, fiori, cortecce e in microhabitat difficili da raggiungere.

3. Retino da sfalcio per vegetazione erbacea



- Retino fatto scorrere tra l'erba e la vegetazione bassa per catturare gli insetti.
- Adatto per specie che vivono nella vegetazione erbacea (es. Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera).

4. Retino da volo (sweeping net) per adulti in volo



- Retino mosso rapidamente per catturare gli insetti in volo o che si posano sulla vegetazione.
- Ideale per adulti di Lepidoptera, Diptera, Odonata, Hymenoptera e altri insetti volatori.

5. Trappole a feromoni e trappole luminose

Trappole a feromoni



- Utilizzano feromoni sessuali o alimentari per attirare specie specifiche.
- Utili per monitoraggio e controllo (es. Lepidoptera, Coleoptera).

Trappole luminose



- Una sorgente luminosa attrae gli insetti fototattici, soprattutto durante la notte.
- Adatte per diversi ordini (es. Lepidoptera, Coleoptera, Diptera).

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

Corso di Laurea in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

Metodi di campionamento: *insetti acquatici*

1. Retino Surber o retino D-frame (kick-net)







- Il retino Surber o D-frame viene posizionato sul fondo del corso d'acqua e il substrato viene smosso a mano o con i piedi per far entrare gli insetti nella rete.
- Adatto a substrati di ghiaia, ciottoli e sedimenti superficiali.
- Ideale per la raccolta di insetti bentonici (es. Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera).



Esempi di insetti acquatici rinvenuti: ninfe di Efemerotteri, Plecotteri, Tricotteri, larve di Ditteri.

2. Campionamenti quantitativi di substrato







Repliche per campionamento quantitativo





- Prelievo di un volume noto di substrato (es. carotiere o quadrato di campionamento).
- Il materiale viene lavato e passato su setacci di diversa maglia.
- Consente stime quantitative di densità e biomassa degli insetti.
- Adatto a diversi tipi di habitat: corsi d'acqua, laghi, zone di risorgiva.



Esempi di insetti acquatici rinvenuti: ninfe, larve e adulti (Tricotteri, Plecotteri, Efemerotteri, Ditteri).

3. Sorbonne per fauna interstiziale







- Utilizza un tubo aspirante (sorbonne) per prelevare la fauna interstiziale dal sedimento.
- Adatta per ambienti a fondo sabbioso o ghiaioso, anche in acque ferme o a bassa corrente.
- Efficace per la raccolta di piccoli insetti e altri invertebrati interstiziali (es. Chironomidi, Oligocheti, Copepodi, piccoli Coleotteri).



Esempi di insetti interstiziali rinvenuti: larve di Chironomidi, Tanaidacei, piccoli Coleotteri, Oligocheti.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

Corso di Laurea in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

26 Conservazione e gestione degli insetti

La conservazione degli insetti è essenziale per il mantenimento della biodiversità, dei servizi ecosistemici e del funzionamento degli ecosistemi terrestri e acquatici.

Perdita di habitat

La distruzione e la frammentazione degli habitat causa il declino di molte specie di insetti, soprattutto impollinatori.



Habitat seminaturali ricchi di specie



Intensificazione agricola e frammentazione

Pesticidi e inquinanti

Gli insetticidi e altri inquinanti hanno effetti letali e sub-letali su molte specie di insetti, influenzando sopravvivenza, riproduzione e comportamento.





Mortalità diretta



Malformazioni



Ridotta capacità riproduttiva



Alterazioni del comportamento (es. orientamento)

Cambiamenti climatici

L'aumento delle temperature e le variazioni delle precipitazioni causano spostamenti degli areali e alterazioni della fenologia degli insetti, con effetti sulle interazioni ecologiche.



Esempio: spostamento verso nord dell'areale di una specie di farfalla



Sfarfallamento anticipato



Disaccoppiamento temporale insetto-pianta

Strategie di tutela e gestione

1. Conservazione di habitat seminaturali

- Mantenimento di prati, siepi, boschi e zone umide
- Gestione estensiva delle aree agricole
- Aumento della diversità strutturale e floristica



Habitat diversificati favoriscono la ricchezza di specie di insetti.

2. Corridoi ecologici e connettività

- Creazione di reti di habitat
- Riduzione della frammentazione del territorio
- Facilitazione della dispersione e del flusso genetico



Habitat naturali
Corridoi ecologici
Connessione tra popolazioni

3. Riduzione dell'uso di pesticidi

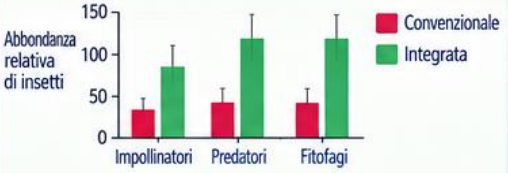
- Adozione di pratiche di agricoltura integrata
- Uso mirato e ridotto di insetticidi
- Sostituzione con metodi biologici e meccanici



Agricoltura convenzionale



Agricoltura integrata



4. Gestione integrata e buone pratiche

- Rotazioni colturali e siepi fiorite
- Aree di rifugio e fasce tampone
- Monitoraggio delle popolazioni di insetti
- Coinvolgimento di agricoltori e comunità locali



Siepi e fasce fiorite
Rotazioni colturali
Monitoraggio
Coinvolgimento del territorio

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

Corso di Laurea in
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Zoologia Sistematica
Prof. Antonio Terlizzi

27 Importanza della conoscenza degli insetti per i laureati in Scienze Ambientali

La conoscenza degli insetti fornisce strumenti indispensabili per il monitoraggio ambientale, la valutazione degli impatti, la gestione del territorio e la promozione di pratiche sostenibili.

Monitoraggio della qualità ambientale

Gli insetti sono ottimi bioindicatori dello stato di salute degli ecosistemi terrestri e acquatici.





Ephemeroptera (acque pulite)



Plecoptera (acque molto pulite)



Trichoptera (acque pulite)

Composizione e abbondanza delle comunità di insetti per valutare la qualità delle acque, del suolo e degli habitat.

Valutazioni di Impatto Ambientale (VIA)

La conoscenza degli insetti è fondamentale per valutare gli effetti di opere e attività sull'ambiente.



Gli insetti permettono di rilevare tempestivamente cambiamenti negli habitat e l'efficacia delle misure di mitigazione e compensazione.

Gestione delle aree protette

Gli insetti sono essenziali per la conservazione della biodiversità e per il funzionamento degli ecosistemi.





Specie e habitat di interesse conservazionistico



Monitoraggio degli effetti del cambiamento climatico



Pianificazione e gestione degli habitat

Agricoltura sostenibile e lotta biologica

La conoscenza degli insetti è cruciale per promuovere pratiche agricole sostenibili e l'uso di insetti utili nel controllo dei fitofagi.



Predatori naturali (es. Coccinellidae) nel controllo biologico degli afidi



Impollinatori (es. Sirfidi, Api) essenziali per la produttività delle colture



Parassitoidi (es. Imenotteri) nel controllo biologico dei fitofagi

Competenze del laureato in Scienze Ambientali

Il laureato deve:

- **Riconoscere** i principali gruppi tassonomici e funzionali di insetti
- **Interpretare** indicatori biologici e dati ecologici
- Dialogare con entomologi, sistematici e altri specialisti
- Applicare le conoscenze entomologiche in contesti pratici di gestione ambientale, VIA, monitoraggio e conservazione

Gruppi funzionali e applicazioni

Decompositori	Erbivori	Predatori	Parassitoidi	Impollinatori
				
Coleotteri saprofagi, Ditteri necrofagi	Afidi, Lepidotteri, Ortotteri	Carabidi, Odonati, Mantidi, Emiteri predatori	Imenotteri parassitoidi	Api, Bombi, Sirfidi, Lepidotteri
Riciclo dei nutrienti e qualità del suolo	Salute delle piante e gestione agro-ecosistemi	Controllo naturale delle popolazioni di fitofagi	Lotta biologica e riduzione dei pesticidi	Impollinazione e produttività degli ecosistemi

Messaggio chiave

La conoscenza degli insetti è una competenza essenziale per i laureati in Scienze Ambientali, perché permette di comprendere, monitorare e gestire gli ecosistemi in modo scientificamente fondato, contribuendo alla conservazione della biodiversità e a uno sviluppo sostenibile.