

## LE TRAPPOLE DEI FORMICALEONE

I formicaleone sono insetti che vivono prevalentemente nelle zone costiere o sabbiose. Hanno un addome lungo e sottile e due paia di ali lunghe, strette e con molte venature.

Gli adulti sono attivi solo nelle ore serali mentre durante il giorno si riposano immobili, ben mimetizzati grazie alle ali trasparenti e al corpo bruno. Si nutrono di polline e nettare, mentre le larve predano formiche e altri insetti che catturano con una particolare tecnica.

La larva, che ha forma molto diversa dall'adulto, scava nella sabbia una buca conica larga 6-8 cm e profonda 6 e si apposta all'interno lasciando uscire solo la testa e le mandibole vistose, ricurve all'apice e provviste di denti. Quando si avvicina una potenziale preda la larva le lancia addosso una pioggia di granelli di sabbia facendola scivolare verso il fondo della buca dalla quale non può uscire a causa dell'instabilità delle pareti. La preda, afferrata dalle mandibole della larva di formicaleone, viene quindi trascinata sotto la sabbia.

Le larve hanno particolari mandibole canalicolate, come i denti veleniferi delle vipere: al loro interno infatti può scorrere un liquido paralizzante e digestivo che rende liquida la preda; in questo modo possono cibarsene succhiandola.

Quando è cresciuta abbastanza, la larva costruisce un bozzolo sferico di granelli di sabbia cementati insieme che seppellisce a diversi centimetri di profondità nella sabbia. Dopo circa un mese l'adulto fora l'estremità superiore del bozzolo, risale verso la superficie ed è pronto a spiccare il volo.



Larva



Adulto

Immagine tratta da: McGavin G., 2000. Insetti, ragni e altri artropodi terrestri. Fabbri Editore.

## **CAMMINARE**

### **Testuggine di Hermann**

*Testudo hermanni*

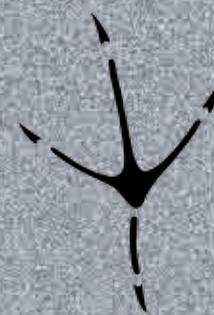
Le zampe posteriori danno la spinta e lasciano impronte profonde e definite, mentre le anteriori fungono da puntello e lasciano appena l'impronta delle unghie, tipicamente rivolte all'interno. Le orme destre e sinistre sono molto distanziate per la presenza dell'ampio piastrone.



### **Airone cenerino**

*Ardea cinerea*

Le dita lunghe e sottili degli aironi consentono un appoggio stabile sul fango molle dei bassi fondali o sull'intreccio della vegetazione. Al contrario dei piedi palmati di altri uccelli acquatici, offrono anche una resistenza minima facilitando la camminata nell'acqua.



### **Lupo**

*Canis lupus*

Le impronte del lupo sono simili a quelle del cane, solo un po' più strette. Nella camminata le impronte delle quattro zampe sono disposte quasi su un'unica linea; tuttavia le piste sono molto variabili, infatti il lupo è anche un ottimo corridore e a volte si muove a balzi.



### **Orso bruno**

*Ursus arctos*

Nella tipica andatura al passo le orme sono ben distinte e non si sovrappongono, cosa che invece accade quando la velocità aumenta. Spesso l'impronta della zampa posteriore supera l'anteriore ed è ben visibile la traccia delle unghie che vengono trascinate mentre la zampa si sposta in avanti.



### **Elefante africano**

*Loxodonta africana*

Le tipiche impronte ovali, che nell'adulto possono raggiungere il diametro di 70 cm, sono accoppiate a due a due. Per ogni coppia l'impronta anteriore, più stretta, è quella della zampa posteriore, che supera l'impronta dell'anteriore corrispondente durante il passo.



## **CORRERE**

### **Dinosauro teropode**

*Anchisauripus sp.*

Le piste dei dinosauri bipedi ricordano quelle dei moderni uccelli. La forma e la profondità dell'impronta, la lunghezza della falcata e altre caratteristiche danno informazioni preziose su biologia e comportamento di questi rettili scomparsi da milioni di anni.



### **Lucertola dal collare**

*Crotaphytus collaris*

Le lucertole avanzano a grande velocità appoggiando alternativamente le zampe sul terreno a due a due. Nelle specie con la coda più lunga questa viene trascinata passivamente sul terreno dove lascia una caratteristica impronta serpeggiante tra le tracce delle zampe.



### **Martora**

*Martes martes*

Nella corsa veloce il corpo snello e allungato della martora funziona come una molla e l'andatura che ne risulta è una serie di salti in lungo. Dato che gli arti posteriori vengono proiettati oltre gli anteriori, le impronte anteriori e posteriori sembrano invertite.

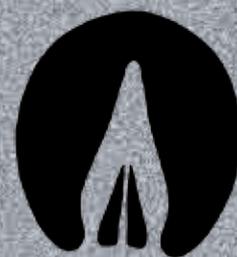


### **Cavallo**

*Equus caballus*

Le impronte del cavallo in corsa spesso si sovrappongono ma resta ben evidente la caratteristica principale dei perissodattili: lo zoccolo formato da un'unica unghia.

Nel trotto le zampe toccano terra a due a due, mentre nel galoppo una per volta e la falcata è molto maggiore.



### **Antilope saltante**

*Antidorcas marsupialis*

Tra gli erbivori antilopi e gazzelle sono i corridori per antonomasia, seconde in velocità solo al loro principale predatore: il ghepardo. Questa specie, tuttavia, in certe situazioni può procedere con una particolare andatura a balzi.



## SALTARE

### **Rospo comune**

*Bufo bufo*

I rospi hanno zampe corte e poco palmate; preferiscono stare all'asciutto e la loro andatura è data da saltelli brevi e ravvicinati, ma possono avanzare anche camminando.



### **Rana verde**

*Pelophylax kl. esculentus*

Il lungo balzo della rana è prodotto dalle potenti zampe posteriori, mentre l'atterraggio avviene sulle zampe anteriori. Le tracce evidenziano dei piedi allungati e fortemente palmati, molto adatti anche per nuotare.



### **Wallaby dal collo rosso**

*Macropus rufigriseus*

Le potenti zampe posteriori dei canguri consentono un'andatura a lunghi balzi. Durante il salto i piedi si mantengono paralleli mentre la grossa coda è tenuta sollevata e fa da bilanciante.



### **Lepre alpina**

*Lepus timidus*

Sulla neve si vedono bene le caratteristiche tracce lasciate dall'andatura a saltelli delle lepri. Quando la velocità aumenta i balzi si allungano e le impronte delle zampe si invertono, le posteriori davanti alle anteriori.

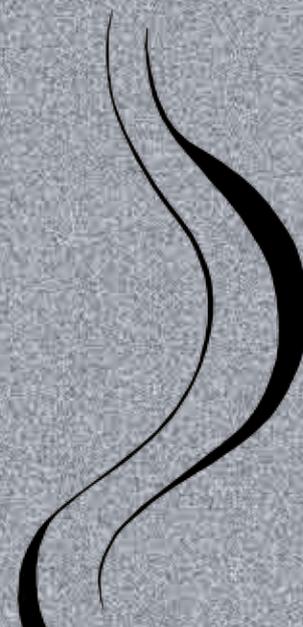


## STRISCIARE

### **Biacco**

*Hierophis viridiflavus*

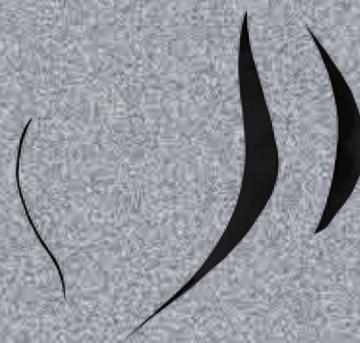
Il movimento serpeggiante lascia delle tipiche tracce sinuose e viene usato da quasi tutti i serpenti per spostarsi tra sassi, piante e asperità del suolo.



### **Saettone**

*Zamenis longissimus*

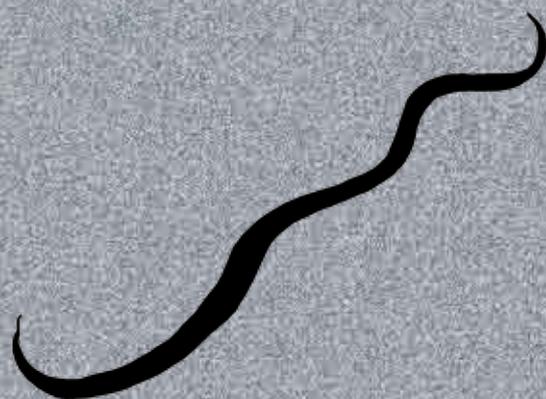
Il particolare movimento “a fisarmonica” è usato da quasi tutti i serpenti soprattutto per gli spostamenti veloci su suoli lisci e privi di punti d’appoggio.



### **Vipera del deserto**

*Cerastes cerastes*

Sulla sabbia le vipere del deserto e i crotali si muovono usando un movimento laterale molto veloce che rende minimo il contatto del corpo con la sabbia rovente.



## GLI ITTIOSAURI

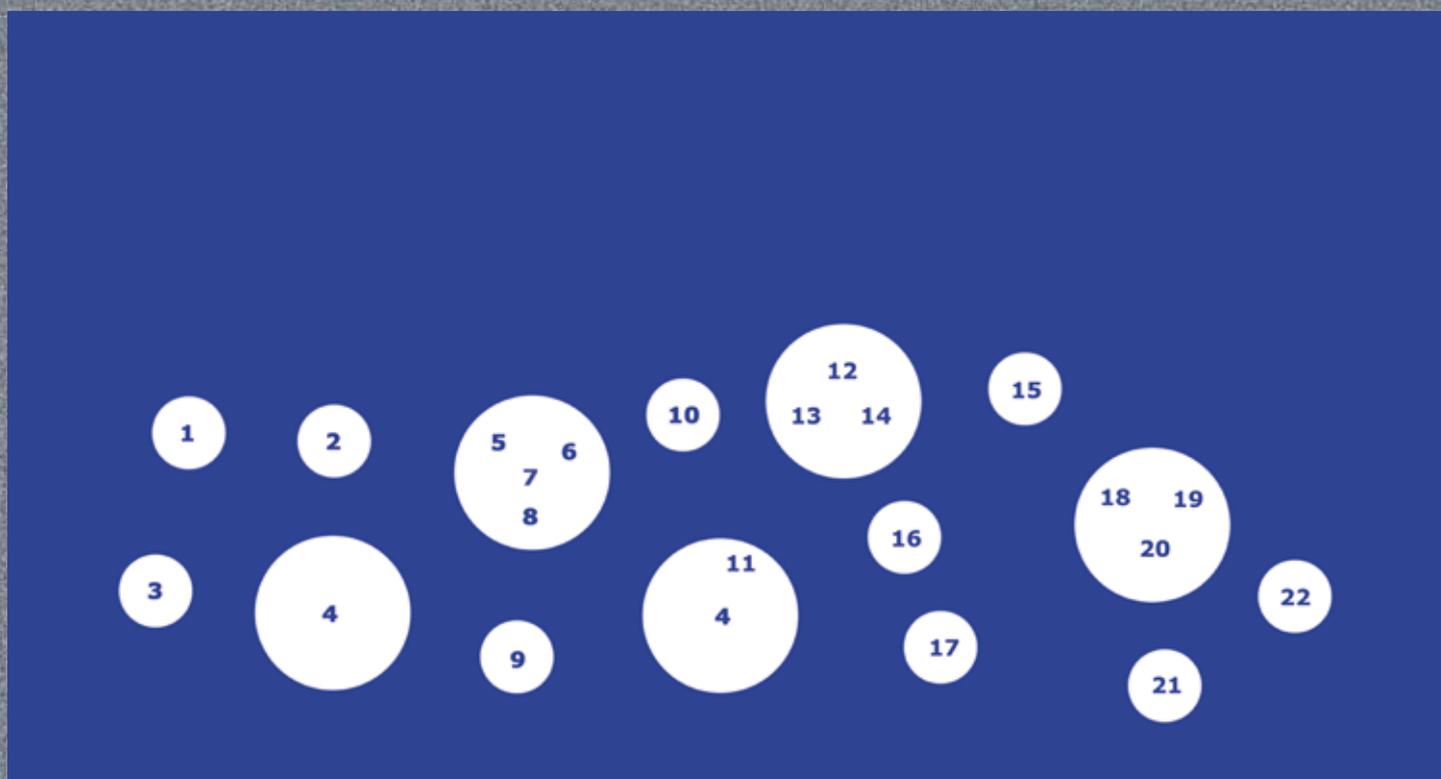
Gli Ittiosauri erano i rettili marini forse più diffusi nei mari del Mesozoico. La loro storia evolutiva inizia nel Triassico, circa 250 milioni di anni fa, e si conclude alla fine del Cretaceo, circa 70 milioni di anni fa. Fra i rettili rappresentano il gruppo più evoluto e specializzato per l'ambiente marino, probabilmente gli unici, come i Cetacei attuali tra i mammiferi, a svolgere in mare l'intero ciclo biologico. La forma del corpo era idrodinamica, affusolata, con la parte di diametro maggiore spostata in avanti, circa all'altezza della pinna dorsale. Questa forma permetteva di rendere minima la resistenza dell'acqua al loro moto, favorendo il nuoto, come avviene nei tonni attuali. Le vertebre erano discoidali a doppia concavità (anficele), simili a quelle dei pesci e nel loro insieme formavano una colonna vertebrale ben adattata all'ambiente marino. Il tratto caudale della colonna presentava una brusca curvatura verso il basso, formando il supporto osseo del lobo inferiore di un'ampia pinna caudale. A differenza dei Cetacei in cui la pinna caudale è posta orizzontalmente rispetto al corpo, negli Ittiosauri era disposta sul piano verticale come nei tonni. La pinna caudale era il principale organo di propulsione di questi animali: gli arti a forma di grandi pinne servivano solo a dirigere il moto e non avevano funzione propulsiva. Il cranio terminava con un lungo rostro, normalmente armato di denti conici così fitti da rendere facile la cattura di prede relativamente piccole, come i Belemniti.



Ittiosauro  
*Stenopterygius quadriscissus*

## PESCI ABISSALI

Gli abissi marini sono un ambiente estremo, caratterizzato da mancanza di luce solare, basse temperature e da una fortissima pressione. Non essendoci organismi fotosintetici, alcuni animali che vivono nel mare profondo sono completamente dipendenti dalla “pioggia” di detriti e sostanze organiche che scendono dall’alto. Molti pesci sfruttano al massimo ogni occasione per nutrirsi e per questo hanno sviluppato denti spaventosi, bocche enormi e intestini estensibili per inghiottire prede più grandi di loro. Quasi tutti possiedono fotofori utilizzati per illuminare ciò che li circonda, predare, difendersi e attrarre i loro partner.



1 *Argylopelecus hemigymnus*

2 *Argylopelecus hemigymnus*

3 *Linophryne arborifera*

4 *Latimeria chalumnae*

5 *Argylopelecus hemigymnus*

6 *Argylopelecus hemigymnus*

7 *Chauliodus sloanei*

8 *Eurypharynx pelecanooides*

9 *Melanocetus johnsonii* e  
*Lampanyctus crocodilus*

10 *Electrona rissoi*

11 *Maurolicus mulleri*

12 *Photostomias guernei*

13 *Gigantactis macronema*

14 *Stomias boa*

15 *Diaphus rafinesquii*

16 *Ceratocaulophryne acinosa*

17 *Linophryne argyresca*

18 *Notoscopelus elongatus*

19 *Bathypterois viridensis*

20 *Leiognathus saccostoma*

21 *Chiasmodon niger*

22 *Melanocetus johnsoni*

## SQUALO BIANCO

*Charcharodon carcharias* (Linnaeus, 1758)

esemplare maschio

lunghezza: 3,75 m

provenienza: Trieste 1902

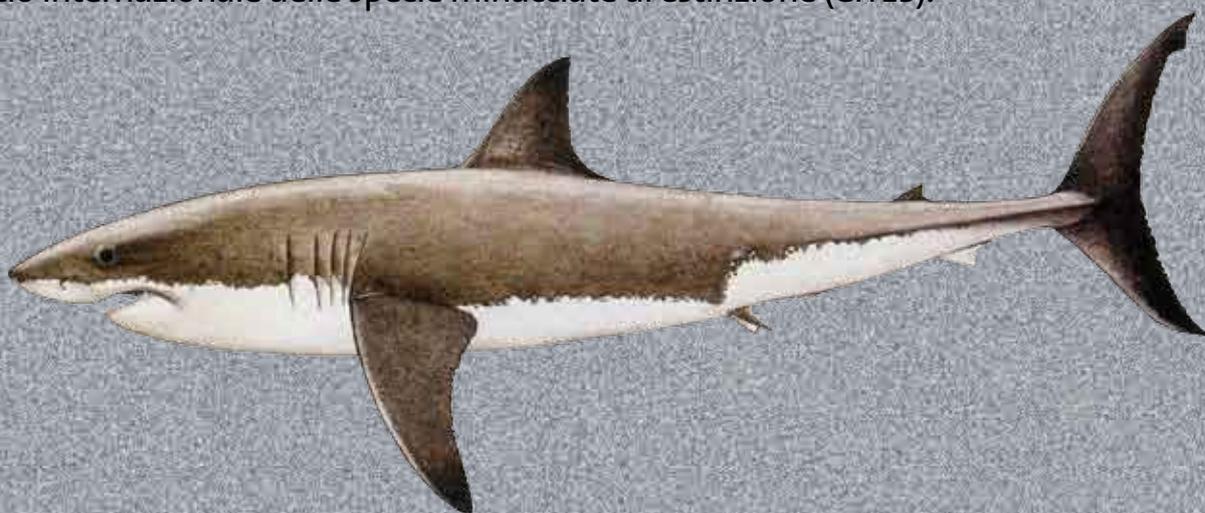
Lo squalo bianco ha corporatura massiccia, muso conico a punta arrotondata, occhi neri e rotondi e cinque lunghe fessure branchiali. I denti, relativamente poco numerosi, sono grandi e triangolari con i bordi seghettati adatti alla cattura di grosse prede. Le pinne pettorali sono ampie e allungate; la pinna caudale, grande e a forma di mezzaluna, ha il lobo inferiore ben sviluppato lungo quasi quanto il superiore, mentre il peduncolo caudale forma due ampie carene sui lati.

Gli squali bianchi generalmente misurano tra i 3 e i 5 metri ma possono raggiungere lunghezze di oltre 6 metri. Vivono in acque fredde o temperate (12-24 °C) dalla superficie fino a oltre 1000 metri di profondità; si trovano vicino alla costa, spesso ricca di potenziali prede, ma anche al largo. Sono predatori attivi e resistenti che possono nuotare per giorni alla velocità di 3 nodi ma sono anche in grado di compiere repentine accelerazioni e salti fuori dall'acqua.

La dieta dello squalo bianco è molto varia e cambia in base all'età dell'animale, i giovani sotto i due metri di lunghezza si nutrono principalmente di pesci e piccoli squali, mentre gli individui di oltre tre metri predano per la maggior parte mammiferi. Nel Mediterraneo si nutrono di tonni, tartarughe marine, pesci spada, altre specie di squali e piccoli cetacei.

L'esemplare più grande mai registrato con certezza è stato catturato in Mediterraneo, a Malta nel 1987 e misurava 7,14 m. Una volta non raro in Alto Adriatico, in particolare nel Golfo del Quarnaro dove seguiva le migrazioni dei grandi tonni che venivano attivamente pescati nelle tonnare locali, ora è divenuto molto più raro in seguito alla notevole rarefazione delle sue grandi prede. Fino agli anni 50-60 del secolo scorso è stato in quelle aree responsabile di ripetuti attacchi a bagnanti con diversi decessi. La sua presenza in Alto Adriatico è ormai solo occasionale.

Lo squalo bianco è attualmente minacciato e rientra tra le specie protette dalla Convenzione sul commercio internazionale delle specie minacciate di estinzione (CITES).



## ALI MODIFICATE

Gli insetti sono gli unici animali volatori a possedere due paia di ali. Molti, come farfalle, api, vespe e libellule, le utilizzano entrambe per volare; nella maggior parte dei casi le due ali di ciascun lato si muovono come fossero una e spesso sono addirittura fisicamente agganciate tra loro. Dal punto di vista funzionale, disporre di un'ala per lato è quindi sufficiente per muoversi con disinvoltura nell'aria; ecco perché alcuni gruppi di insetti hanno adattato la coppia "eccedente" di ali a usi diversi da quello del volo.

L'esempio più ovvio è costituito dai coleotteri, le cui ali anteriori hanno ridotto la lunghezza e assunto una forma convessa e una consistenza coriacea, a volte durissima. Queste ali modificate, dette elitre, assolvono primariamente a una funzione protettiva: a riposo sono chiuse e coprono il secondo paio di ali, quelle dedicate al volo, delicate e membranose, nonché il dorso dell'addome, poco robusto. Secondariamente, assumendo forme o colori peculiari, partecipano a scopi quali la comunicazione o il mimetismo. Un'analoga evoluzione delle ali anteriori si ritrova, anche se con caratteristiche meno spinte, in altri gruppi come forbicine, cimici, cavallette e grilli.

In questi ultimi, e in varie specie di cavallette, le ali anteriori dei maschi, asimmetriche, hanno anche il compito di produrre il canto di corteggiamento: una delle due ali, che nei grilli è la destra, porta una fila di dentelli che viene sfregata contro una venatura ispessita dell'altra ala. Quest'ultima possiede anche aree membranose paragonabili alle membrane di un tamburo, che amplificano il suono conferendogli la ben nota potenza.

Un ulteriore gruppo di insetti con ali profondamente modificate è quello dei ditteri, cui appartengono mosche e zanzare. Come dice il loro nome, questi animali possiedono solo due ali, quelle anteriori: le posteriori sono trasformate in bilancieri, due brevi appendici clavate che vibrano ad alta frequenza durante il volo, conferendo maggiore stabilità. Inoltre, essendo connessi a un sistema sensoriale, aiutano l'animale a percepire il proprio orientamento nello spazio durante le evoluzioni acrobatiche tipiche del loro volo.



Coleottero licide con le elitre spiegate

Foto: Ton Rulkens - Lycus beetle on Aloe -<http://www.flickr.com/photos/47108884@N07/4442098619/>



Dittero tipulide con il secondo paio di ali trasformate in bilancieri

Foto: Doug Greenberg - Crane fly -<http://www.flickr.com/photos/dagberg/729306394/>

## ALI E TECNICHE DI VOLO NEGLI UCCELLI

L'abilità con cui gli uccelli volano è principalmente dovuta alla struttura delle loro ali che inoltre, grazie a forme molto diversificate, consentono differenti modalità di volo.

La maggiore capacità di manovra si ha con ali corte e tozze, utili per spostarsi tra la vegetazione o in presenza di ostacoli: molti passeriformi, alcuni rapaci e gli uccelli arboricoli in genere presentano ali di questo tipo.

Il volo veleggiato dinamico degli uccelli marini richiede invece ali lunghe e strette che sfruttano al meglio la diversa velocità del vento, ridotta a contatto con la superficie del mare e massima intorno ai 20-30 m di quota: berte e albatros possono così alzarsi fin dove l'aria spira più veloce per poi lasciarsi cadere, ripetendo questa sequenza ad ali quasi ferme.

Le ali restano pressoché immobili anche nel volo veleggiato statico praticato da grandi rapaci, avvoltoi o cicogne, ma devono essere lunghe e larghe per consentire la massima portanza.

Questi imponenti uccelli sfruttano le correnti ascensionali che si formano quando l'aria fredda si riscalda a contatto con il terreno e poi sale a spirale; per questo si muovono descrivendo ampi cerchi nel cielo.

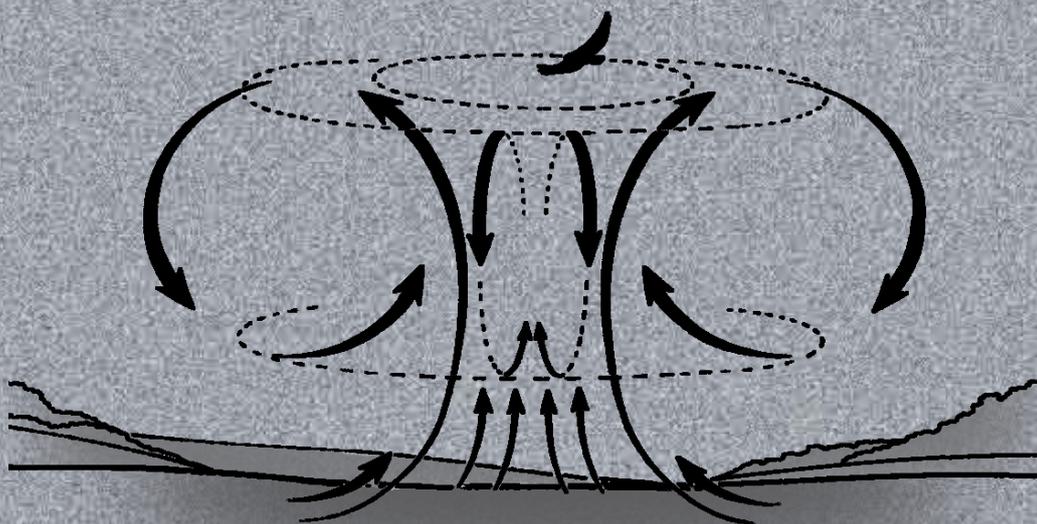
Le ali strette e appuntite di alcuni falconi permettono un volo veloce e la capacità di manovrare con grande agilità, come nel falco pellegrino che si getta in picchiata superando i 300 km/h, ma può riprendere quota in un attimo con rapide sterzate.

Ali lunghe, larghe e appuntite presentano una combinazione di caratteristiche che consente un volo agile anche in soggetti di grandi dimensioni; il gipeto e i gabbiani, oltre ad essere maestosi veleggiatori, possono compiere spettacolari manovre.

Del tutto eccezionale è il volo stazionario dei colibrì, che possono mantenersi immobili nell'aria, oltre che muoversi in avanti e all'indietro con la massima rapidità, battendo le ali con frequenza elevatissima. Altri uccelli riescono a mantenere temporaneamente la posizione volando contro vento: si tratta dello "spirito santo", tecnica adottata dalle sterne e da alcuni falchi per individuare le prede rispettivamente in acqua o sul terreno.



Poiana in volo (*Buteo buteo*)  
Foto: Emanuele Stival



Il volo veleggiato statico sfrutta le correnti ascensionali  
Immagine tratta da: Vogel S., 1996. Life in moving fluids: the physical biology of flow. Princeton University Press.

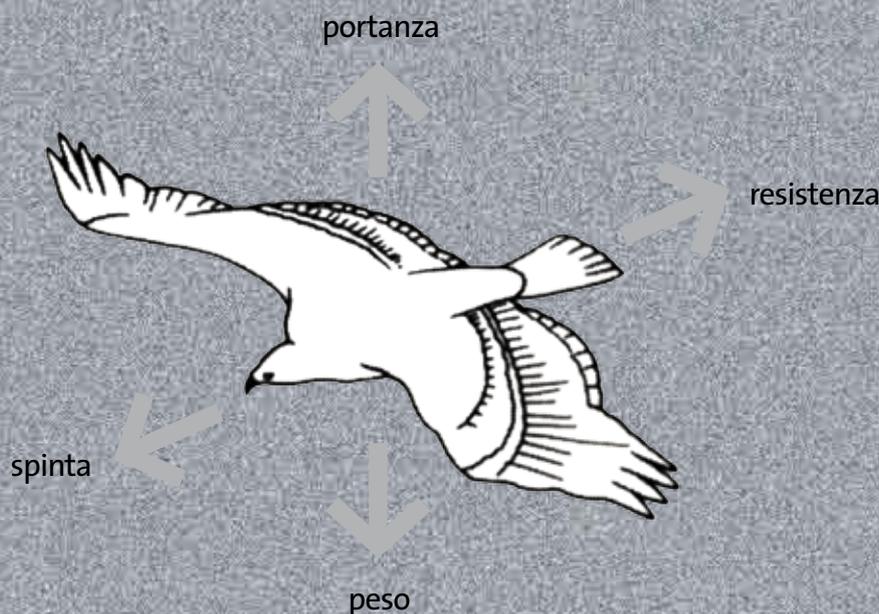
## LA FISICA DEL VOLO

Per comprendere come un animale possa muoversi nell'aria si prenderà come esempio un uccello, ma le stesse considerazioni valgono anche per gli altri volatori attivi.

Un uccello in volo è innanzi tutto soggetto alla resistenza dell'aria che, come tutti i fluidi (compresa l'acqua), si "oppon" al passaggio di un corpo al suo interno. Questa forza viene controbilanciata dalla spinta prodotta dai potenti muscoli che muovono le ali. La resistenza è fondamentale in fase di rallentamento o di atterraggio.

Ciò che appare più sorprendente nei volatori è però la capacità di sostenersi in aria contro la spinta verso il basso dovuta al peso del corpo, che è soggetto alla forza di gravità. Tale risultato viene ottenuto grazie a una spinta contraria diretta verso l'alto, la cosiddetta portanza, generata dalla differenza di pressione tra la parte superiore convessa dell'ala e quella inferiore concava. È quindi grazie alla particolare forma delle ali che gli uccelli possono volare: mentre avanzano, l'aria che scorre sopra l'ala è deviata verso l'alto, esercitando sull'ala stessa una pressione ridotta; viceversa l'aria che scorre al di sotto è trattenuta dal profilo curvo dell'ala generando una pressione maggiore. La portanza è massima alla base dell'ala, in prossimità del corpo. Viene prodotta soprattutto dal movimento verso il basso delle ali, perché quando queste si spostano verso l'alto incontrano una maggiore resistenza; per questo motivo uccelli e pipistrelli tengono le ali parzialmente ripiegate in questa seconda fase del battito alare.

Quando la velocità è bassa, quindi soprattutto in fase di decollo o di atterraggio, si possono generare le turbolenze, cioè fenomeni vorticosi attorno all'estremità delle ali, e l'uccello rischia lo stallo: può cioè precipitare, a meno che non acceleri il battito per riacquistare velocità. Per ridurre i vortici può anche distanziare le remiganti o aprire l'alula, formata da alcune corte penne e posta a metà del margine alare anteriore.



Le forze a cui è soggetto un uccello in volo

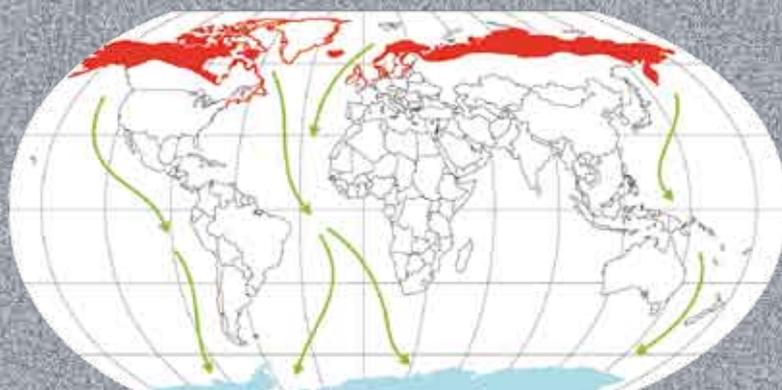
## LE MIGRAZIONI

La maggior parte degli animali risiede stabilmente in un territorio ma molti compiono migrazioni periodiche, spinti dalla necessità di trovare le risorse alimentari e le condizioni climatiche più adatte per la loro sopravvivenza. Le migrazioni interessano soprattutto gli animali volatori e in particolare gli uccelli, sebbene non manchino esempi fra gli insetti e i pipistrelli, che però in genere percorrono distanze più brevi.

Il momento della partenza è stabilito da una sorta di orologio biologico, regolato su base ormonale e stimolato principalmente dal cambiamento del fotoperiodo, ossia il rapporto tra la durata del giorno e quella della notte, e quindi in definitiva dal cambio delle stagioni.

L'orientamento avviene facendo riferimento a monti, valli, fiumi, linee costiere, oppure a strade e altre opere dell'uomo. Negli uccelli è nota anche la capacità di valutare la posizione del sole e delle stelle e pare che alcuni, come i piccioni, rilevino il campo magnetico terrestre grazie a cristalli di magnetite presenti nelle ossa craniche. Nelle specie che migrano in gruppi familiari, come le oche, è però indubbia la trasmissione delle informazioni tra generazioni: i giovani apprendono le rotte dai genitori e le tramandano a loro volta alla prole. Non è escluso infine che la capacità di orientamento sia frutto di comportamenti istintivi, ereditati su base genetica.

Gli spostamenti su lunghe distanze e per periodi prolungati presentano alcuni problemi. Volare di giorno può esporre al surriscaldamento, motivo per cui oche, tordi o pigliamosche migrano di notte. Ma non tutti possono farlo, come i colibrì che devono nutrirsi sui fiori quando le corolle sono aperte. Anche i rapaci devono volare di giorno e in condizioni di bel tempo per sfruttare le correnti ascensionali, facendosi trasportare su lunghe distanze con il minimo sforzo. Chi si sposta in volo battuto va incontro invece a un elevato dispendio energetico che richiede di accumulare riserve di grasso prima del viaggio; molti migratori sostano comunque frequentemente lungo il percorso per rifornirsi di cibo. Sono inoltre fondamentali le buone condizioni del piumaggio, perciò gli uccelli mutano le penne appena prima della partenza.



La sterna codalunga (*Sterna paradisea*) compie la più lunga migrazione nota: dall'Artide dove si riproduce (rosso) all'Antartide dove sverna (azzurro) e ritorno vola ogni anno per oltre 40.000 km.

Foto: Roberto Lerco

## LE PENNE

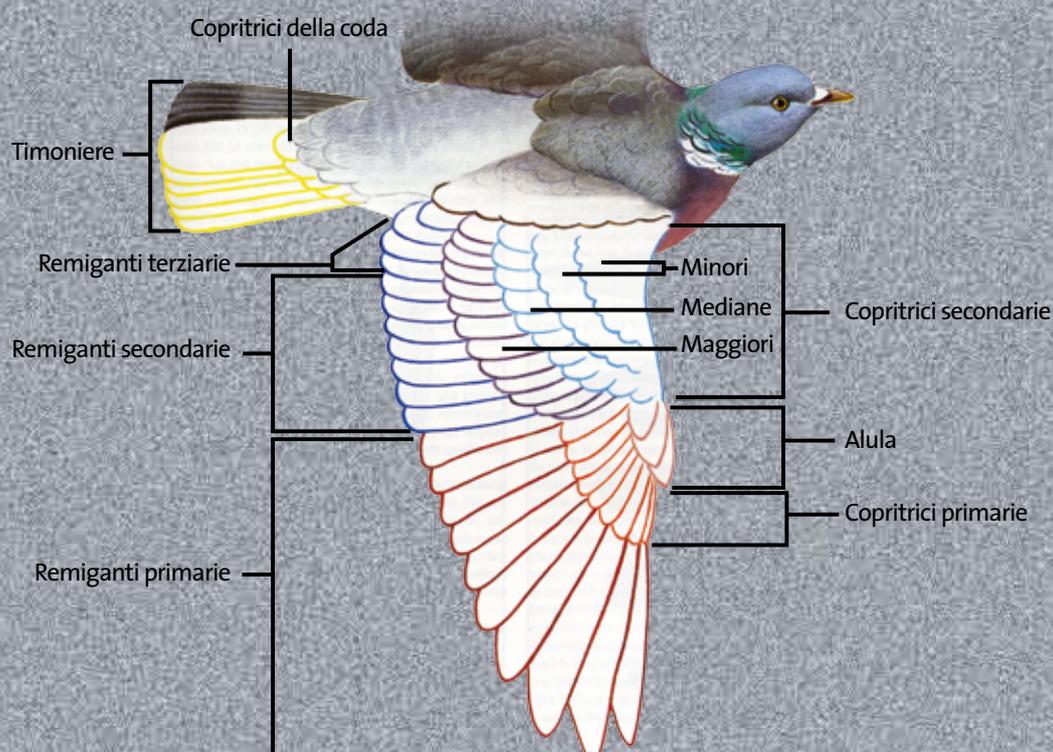
Il piumaggio è una caratteristica esclusiva degli uccelli. Comprende penne e piume, entrambe costituite da uno stelo (rachide) ai cui lati si dipartono dei filamenti (barbe) che a loro volta originano filamenti più esili (barbule). Nelle piume le barbe sono libere mentre nelle penne sono agganciate tra loro tramite piccoli uncini a formare una struttura piana e compatta.

Le penne sono essenziali per il volo: quelle che costituiscono l'ala forniscono la spinta e sono perciò dette remiganti, mentre la coda è rivestita dalle timoniere, che controllano i cambiamenti di direzione. Remiganti e timoniere, assieme alle più piccole penne copritrici che rivestono il corpo, sono penne di contorno perché determinano la forma dell'animale. Sotto di esse si trovano le piume, che mantengono costante la temperatura corporea imprigionando uno strato isolante di aria; sono particolarmente sviluppate nei pulcini, negli uccelli acquatici e in quelli adattati a climi rigidi. Penne e piume possono assumere anche altre funzioni: spesso consentono la comunicazione visiva e il mimetismo, ma possono servire anche per nuotare, produrre suoni, proteggersi, pulirsi, trasportare l'acqua, potenziare tatto e udito (vibrisse).

Penne e piume sono distribuite su tutto il corpo solo nei pinguini, negli struzzi e in pochi altri uccelli; in genere crescono su aree ben precise della cute. Sono inoltre collegate da una rete di fibre muscolari che le sollevano, le separano o le appiattiscono.

L'intero piumaggio è rinnovato almeno una volta l'anno con la muta, che solitamente è graduale per non compromettere il volo; la sostituzione può tuttavia avvenire in modo simultaneo, come nelle anatre che cambiano contemporaneamente tutte le remiganti e le timoniere restando per un certo periodo incapaci di volare.

Nonostante sia leggero, il piumaggio pesa circa tre volte lo scheletro. Il numero delle penne di un uccello dipende principalmente dalle dimensioni dell'animale; ve ne sono circa 1.500 nella rondine e 25.000 nel cigno minore.



### La distribuzione delle penne nell'ala di un uccello

Immagine adattata da: Brown R., Ferguson J., Lawrence M., Lees D., 1989. Tracce e segni degli uccelli d'Europa. Franco Muzzio Editore.

## IL VOLO NEI CHIROTTERI

La dinamica di volo dei pipistrelli è simile a quella degli uccelli: portano le ali verso l'alto e all'indietro tenendole parzialmente ripiegate, per poi spingerle verso il basso e in avanti distendendole. Volano con il corpo quasi parallelo al suolo, mentre in fase di atterraggio lo portano in posizione verticale, frenando con la parte caudale del patagio. I chirotteri non hanno però la stessa abilità degli uccelli nel decollare, per cui in genere partono da posizioni elevate lasciandosi cadere, per poi distendere le ali e iniziare il volo attivo.

Un'altra analogia con gli uccelli riguarda la forma delle ali. Se sono larghe permettono un volo lento ma anche la capacità di manovrare in spazi ristretti, come nelle specie forestali che si spostano tra gli alberi. Se invece sono strette e lunghe consentono un volo veloce in spazi aperti e la percorrenza di lunghe distanze, come nelle specie che compiono vere e proprie migrazioni stagionali, spostandosi anche per oltre 1.000 km tra i rifugi invernali e quelli estivi e viceversa.

I pipistrelli sono in genere abili volatori. Ciò è particolarmente evidente nelle specie insettivore, capaci di catturare in volo le prede utilizzando le ali come palette per colpirle e portarle verso la bocca o di imprigionarle in una sorta di sacca formata ripiegando la membrana della coda. Le femmine di alcune specie di rinolofidi (ferri di cavallo) volano persino con i piccoli aggrappati al ventre.

I microchirotteri, gruppo a cui appartiene la totalità delle specie nostrane, si orientano usando gli ultrasuoni: li generano con la laringe e li emettono dal naso o dalla bocca, per poi raccogliarli tramite i grandi padiglioni auricolari quando tornano indietro riflessi dagli ostacoli. Questa tecnica, chiamata ecolocazione, permette loro di crearsi una sorta di "immagine acustica" dell'ambiente circostante. Con lo stesso meccanismo individuano le prede in volo, perché un insetto in movimento rimanda gli impulsi in modo differente rispetto ad un oggetto inanimato. I macrochirotteri, comprendenti le grandi volpi volanti, si orientano invece prevalentemente con la vista e per questo sono dotati di occhi molto sviluppati.



Vespertilio maggiore (*Myotis myotis*)

## IL VOLO NEGLI INSETTI

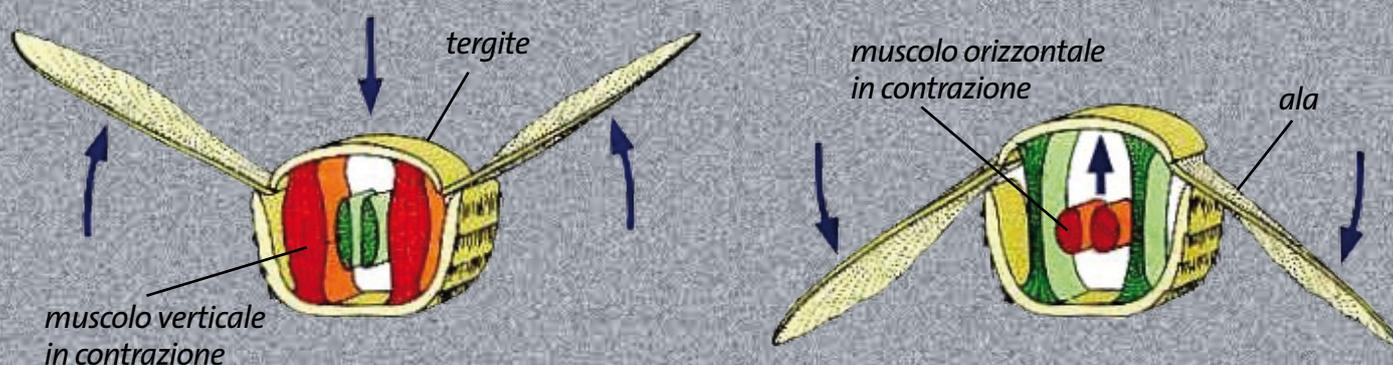
Gli insetti sono stati i primi animali a conquistare il volo e gli unici invertebrati ad averlo fatto. La maggior parte vola utilizzando uno speciale meccanismo di battito indiretto delle ali, che non trova riscontro fra gli altri animali volatori. Infatti, a differenza di quanto accade negli uccelli e nei pipistrelli, le ali non sono direttamente connesse ai potenti muscoli responsabili del volo, ma solo a deboli muscoli che ne controllano la distensione e l'orientamento.

Il battito alare, invece, viene ottenuto grazie a grossi muscoli che non agiscono sulle ali, ma servono invece per deformare il torace, provocando come conseguenza il movimento in su e in giù delle ali, che sono connesse al torace tramite un'articolazione.

Questo meccanismo è molto funzionale a causa dell'elasticità dell'esoscheletro che, dopo essere stato deformato dalla contrazione dei muscoli, rilascia una grande quantità di energia nel ritornare di scatto alla sua forma originale, come farebbe una molla compressa che sfugge dalle dita.

Per effetto di questo sistema, che combina la forza dei muscoli all'energia elastica accumulabile nell'esoscheletro, gli insetti possono battere le ali a velocità elevatissime (fino a 1.000 battiti al secondo); questo valore sarebbe irraggiungibile dal solo apparato muscolare che, senza l'ausilio di un meccanismo elastico, non supererebbe i 100 battiti al secondo. Ne consegue tuttavia lo svantaggio di non poter muovere in modo indipendente le ali, cosa che riduce la capacità di manovra in volo.

Una rilevante eccezione a questa regola generale è rappresentata dalle libellule: in questi animali i potenti muscoli del volo sono innestati alla base delle ali e le muovono direttamente. Tale condizione rende il battito meno veloce, ma permette di controllare le ali anteriori in modo indipendente dalle posteriori, conferendo alle libellule la capacità di compiere eccezionali acrobazie, estremamente utili per questi animali che vivono cacciando le prede in volo ma impossibili per gli altri insetti.



Meccanismo del battito alare negli insetti: a sinistra, la contrazione dei muscoli verticali provoca l'abbassamento del tergite (il dorso) e il conseguente sollevamento delle ali; a destra, la contrazione dei muscoli orizzontali provoca il sollevamento del tergite e quindi l'abbassamento delle ali.

Immagine tratta da: [www.cals.ncsu.edu/course/ent425/library/tutorials/external\\_anatomy/locomotion.html](http://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/library/tutorials/external_anatomy/locomotion.html)

## IL VOLO NEGLI UCCELLI

Gli uccelli sono in grado di effettuare un volo battuto grazie al movimento rotatorio delle ali, che si spostano prima verso il basso e in avanti, poi verso l'alto e all'indietro, descrivendo una forma a otto. Il movimento verso il basso è quello che produce la portanza per sostenersi in aria e la spinta per avanzare, mentre quello verso l'alto serve essenzialmente per recuperare la posizione ed effettuare la successiva battuta.

L'abilità nel volo non è esclusiva degli uccelli: alcuni di essi sono infatti incapaci di volare (struzzi e pinguini, ad esempio), così come esistono altri animali volatori (pipistrelli, molti insetti). Tutta la loro anatomia si è però evoluta specificatamente per il volo, motivo per cui presentano una struttura sostanzialmente omogenea nonostante la grande variabilità di forme.

La resistenza dell'aria è ridotta dalla forma aerodinamica dell'animale, che presenta un capo piccolo e un corpo affusolato. Il peso è ridotto dall'alleggerimento delle ossa, ricche di cavità interne, e dalla presenza di sacchi aerei distribuiti in tutto il corpo, che essendo collegati ai polmoni aumentano anche l'efficienza respiratoria e quindi l'afflusso di sangue ai muscoli del volo. Questi ultimi sono molto sviluppati e possono quindi imprimere una spinta potente per consentire il moto in avanti. Le ali presentano in genere ampie superfici e possono quindi generare un'elevata portanza, anche se esiste un limite alle dimensioni di un animale volatore in quanto sopra una certa taglia il peso aumenta eccessivamente; per gli uccelli grandi la migliore strategia diventa allora il volo veleggiato (vedi scheda "le ali degli uccelli").

Il controllo del volo avviene grazie alla possibilità di muovere le penne in maniera indipendente, in particolare con la separazione delle remiganti, assieme ai cambi di posizione delle diverse parti dell'ala, oltre che con l'apertura dell'alula che funge da alettone. La coda, con le sue robuste timoniere, agisce come barra direzionale ma è utile anche in fase di decollo e di atterraggio.



Airone bianco maggiore in volo (*Casmerodius albus*)

Foto: Emanuele Stival

## GLI ANELLI DI ACCRESCIMENTO DEGLI ALBERI

Nei climi temperati come il nostro gli alberi si accrescono secondo il ritmo delle stagioni, creando una serie di anelli concentrici ben visibili nel tronco in sezione trasversale. La crescita avviene per formazione di nuovi tessuti nella parte più esterna del fusto, l'unica con cellule vive in cui scorre la linfa. La pianta produce uno strato di legno primaverile con cellule a pareti sottili, corrispondente alla parte più chiara dell'anello, mentre il legno autunnale ha cellule con pareti spesse e appare più scuro. In inverno con l'arrivo del freddo si ha l'arresto dell'attività ma il successivo innalzamento termico induce la ripresa vegetativa, con produzione di nuovo legno primaverile. Per ogni stagione vegetativa si forma così un doppio anello: contando gli anelli dal centro del tronco verso l'esterno è quindi possibile determinare l'età di un albero e pare che il primo ad accorgersi del fenomeno fu Leonardo da Vinci. Ci sono tuttavia alcune eccezioni: condizioni sfavorevoli quali siccità, attacchi parassitari o un improvviso ritorno del freddo possono indurre gli alberi a non formare anelli per l'arresto anticipato della crescita (anelli mancanti); ma se l'attività vegetativa riprende si possono anche formare due anelli nell'arco di un anno (falsi anelli). La dendrocronologia, scienza che attraverso la lettura della sezione del fusto studia l'accrescimento delle piante arboree nel tempo, fornisce preziose indicazioni sul clima. Un anello è tanto più spesso quanto più alta è la temperatura perché maggiore è l'attività vegetativa e viceversa, così è possibile capire se l'anno è stato più o meno caldo, più o meno piovoso, eccetera. Confrontando sezioni di alberi di periodi diversi ma parzialmente sovrapposti è possibile ricostruire l'andamento del clima in un dato territorio risalendo anche a diverse migliaia di anni prima. Studi simili relativi a luoghi diversi hanno permesso di conoscere l'andamento globale del clima sulla Terra dal termine dell'ultima glaciazione (circa 10.000 anni fa) ad oggi. Le piante sono quindi veri e propri archivi naturali che memorizzano tanto la loro storia (età e stato di salute) quanto l'andamento delle stagioni (temperatura e piovosità), nonché i cambiamenti ecologici su vasta scala.



Sezione di tronco

Foto: FrenchSelfCatering.com - rings IMG\_0235.JPG - <http://www.flickr.com/photos/hemflock/2416772228/>



La successione degli anelli è simile in tronchi di alberi coetanei e provenienti dalla stessa area

Foto: Lawrence Murray - Pacific Spirit - <http://www.flickr.com/photos/22699083@No4/2283553555/>

## I BATTERI

Presenti dovunque, i batteri sono il gruppo di viventi più diffuso sul nostro pianeta. Un grammo di suolo ne contiene in media 40 milioni e si stima che, a livello planetario, la massa dei batteri superi quella di tutti gli altri organismi messi insieme.

Comunemente si pensa ai batteri come a esseri più o meno pericolosi e portatori di malattie, ma ciò è vero solo per una modesta minoranza. Molti di loro non sono patogeni, altri vivono associati ad organismi superiori senza disturbarli o addirittura integrandosi col loro metabolismo e apportandovi benefici. Una persona sana ospita nel suo corpo circa 2 kg di batteri, appartenenti a migliaia di specie diverse.

I regimi alimentari dei batteri rappresentano quanto di più vario si possa immaginare. Molte specie sono autotrofe, cioè sono in grado di costruire il proprio cibo e il proprio corpo partendo da sostanze semplici. Altre sono eterotrofe, cioè devono assimilare molecole complesse già prodotte da altri organismi: fra queste vi sono specie predatrici, parassite, saprofiti (i decompositori), commensali e simbionti.

Gli aspetti più sorprendenti dei regimi alimentari batterici riguardano le specie autotrofe. Accanto a quelle che, come le piante, respirano ossigeno e ricavano energia dal sole attraverso la fotosintesi, ve ne sono altre che basano la propria vita su processi chimici insoliti: ad esempio ricavano energia da sostanze come ferro, pirite o ammoniaca, e respirano nitrati, solfati o anidride carbonica. Molti di questi batteri sono anche estremofili, cioè abitano ambienti normalmente inospitali per la vita come acque idrotermali con temperature superiori a 100°C, microscopici pori all'interno delle rocce o i ghiacci polari.

La biochimica di questi organismi è profondamente diversa da quella del resto dei viventi, compresi gli altri batteri con metabolismo "ordinario". Per questo vengono classificati nel regno a sé stante degli Archaea e si ritiene che siano i diretti discendenti delle prime forme di vita, comparse oltre 3 miliardi di anni fa quando sul pianeta dominavano condizioni molto diverse da quelle attuali.



Cellule batteriche

Foto: Brett Jordan - Sharp - <http://www.flickr.com/photos/x1brett/3575868438>



Sorgente idrotermale

Foto: aeypix

## FORMA E FUNZIONE DEI BECCHI NEGLI UCCELLI

Il becco si è affermato negli uccelli soprattutto perché alleggerisce la struttura ossea del cranio facilitando il volo. È privo di denti e quindi inutile per masticare; rimane però fondamentale nella nutrizione come strumento per raggiungere e manipolare il cibo. Può inoltre intervenire in attività diverse, come la pulizia del piumaggio o i rituali di corteggiamento.

Questo organo mostra una grande variabilità e le sue molteplici forme si sono generalmente evolute in funzione delle abitudini alimentari. Nei rapaci, che afferrano le prede con le zampe, il becco è breve, robusto e adunco, adatto quindi a lacerare le carni fresche. Al contrario è lungo, sottile e diritto nei predatori come gli aironi che lo usano da fermi come una pinza o un arpione. Gli uccelli che catturano insetti in volo, ad esempio rondoni e succhiacapre, hanno invece un becco brevissimo ma dall'apertura enorme, per facilitare la cattura delle prede durante gli inseguimenti. Nelle specie granivore è diritto e acuminato ma breve, quindi funzionale per raccogliere con precisione i semi oltre che per schiacciarli con forza. Quando la dieta è a base di noci o altri frutti grossi e duri, allora il becco è curvo per bloccarli e spaccarli, come nei pappagalli.

Il becco è rivestito da cheratina, lo stesso materiale delle unghie, e come queste cresce in continuazione. In funzione degli utilizzi a cui sono adattati, alcuni becchi accumulano un consistente spessore inerte, mentre in altri lo strato di cheratina resta sottile e lascia libere all'apice delle terminazioni nervose a funzionalità tattile. Questo adattamento è tipico degli uccelli limicoli e degli anatidi, che cercano le loro prede immergendo il becco nel fango o tra le alghe dei fondali.

Talvolta, necessità diverse da quelle alimentari sono determinanti nel plasmare la forma del becco: è il caso dei tucani, il cui becco enorme permette di disperdere rapidamente il calore del corpo, agendo da termoregolatore.



Varietà nei becchi degli uccelli

Da sinistra a destra e dall'alto in basso: pellicano (foto: Worakit Sirijinda), ara (foto: vitasamb2001), cavaliere collonero (foto: Michael Elliott), aquila di mare dalla testa bianca (foto: Tina Phillips), tucano (foto: Bill Longshaw).



## SPECIALIZZAZIONI: I COPROFAGI

I gruppi più rilevanti di animali coprofagi sono rappresentati da due gruppi di insetti: i ditteri e, soprattutto, gli scarabeidi. I primi, insieme a una quantità di mosche strettamente dipendenti dallo sterco, contano anche molte specie opportuniste, che lo possono utilizzare come fonte alimentare non esclusiva sia allo stadio larvale che a quello adulto. Gli scarabeidi, invece, comprendono una enorme quantità di specie esclusivamente coprofaghe (oltre 7.000) diffuse in tutto il mondo. Alcune di queste sono particolarmente note per la loro abitudine di formare palline di sterco che trasportano lontano dalla massa principale e utilizzano come provvista alimentare all'interno di complessi nidi sotterranei. La maggior parte degli scarabeidi però non adotta questo sistema e si nutre o si riproduce direttamente all'interno della deiezione o nel terreno sotto di essa.

La maggior parte dei coprofagi non frequenta indifferentemente tutti i tipi di sterco. Le specie più numerose sono quelle legate allo sterco degli erbivori i quali, avendo una digestione inefficiente, producono sterco ricco di sostanze nutrienti e, contemporaneamente, devono assumere grandi quantità di cibo rendendo disponibile una fonte alimentare abbondante e continua.

La loro utilità nel riciclare gli escrementi dei mammiferi è poco evidente, ma enorme e monetizzabile. Nei soli Stati Uniti il valore dei servizi forniti dagli scarabei coprofagi alla zootecnia è stimato in 380 milioni di dollari l'anno, cifra calcolata considerando il risparmio nella fertilizzazione artificiale dei pascoli, l'abbattimento dei parassiti che si diffondono per via fecale e la mancata perdita di pascolo dovuta alla permanenza delle feci in superficie.

Questi problemi si manifestarono pesantemente con l'importazione dell'allevamento bovino in Australia, dove non esistevano scarabei in grado di trattare lo sterco dei grandi mammiferi: fu necessario quindi importarli. Fra il 1968 e il 1982 ne furono introdotte 55 specie, provenienti per la maggior parte dal Sudafrica, che contribuirono significativamente a riequilibrare l'ecosistema agrario.



Scarabeo stercorario

Foto: Amy Loves Yah - Dung Beetle - <http://www.flickr.com/photos/amylovesyah/3945525048>

## ERBIVORI E CARNIVORI: PERCHÈ IL LEONE NON MANGIA COME UN BUE

Gli animali sono organismi eterotrofi che devono cibarsi di altri organismi per procurarsi i nutrienti necessari al fabbisogno energetico. Possono essere raggruppati in base alla dieta e all'anatomia del tratto digestivo.

I carnivori mangiano velocemente deglutendo il cibo quasi senza masticarlo. Il loro canale digestivo è piuttosto corto, con struttura semplice. La digestione è quasi esclusivamente enzimatica perché la loro dieta è ricca di proteine animali che sono semplici da digerire, per cui il cibo non deve essere elaborato a lungo per rendere disponibili i nutrienti in esso contenuti.

Gli erbivori trascorrono gran parte del tempo nutrendosi per assimilare la scarsa quantità di nutrienti contenuti nei vegetali, più difficili da digerire. In generale, a parità di dimensioni, gli erbivori hanno un canale alimentare più lungo rispetto ai carnivori e adatto a ospitare i processi fermentativi necessari per la degradazione dei vegetali. Questi avvengono ad opera di batteri simbiotici in grado di degradare la cellulosa che immagazzina gran parte dell'energia estraibile dai vegetali. Gli erbivori si possono dividere in due gruppi in base all'anatomia dello stomaco. I monogastrici (cavalli, conigli, ippopotami, koala) hanno uno stomaco semplice e triturano a lungo il cibo per assimilare più energia possibile. Il processo di fermentazione microbica avviene nel cieco e nel colon.

I poligastrici (bovini, ovini, cervidi, camelidi) hanno evoluto uno stomaco diviso in camere in cui la digestione dei vegetali raggiunge il massimo della complessità. Il cibo subisce la fermentazione microbica nel rumine, poi passa nel reticolo dove viene diviso in boli che ritornano in bocca e qui vengono nuovamente masticati; infine passa nell'omaso ricco di flora batterica e quindi nell'abomaso ricco di ghiandole gastriche, dove avviene la digestione enzimatica.

Alcuni animali modificano la dieta e l'apparato digerente durante lo sviluppo. Negli anfibi ad esempio si ha una riduzione dell'intestino, da lungo nel girino (erbivoro) a corto nell'adulto (carnivoro).



Cocodrillo (*Crocodylus* sp.)

Foto: John Kasawa



Daino (*Dama dama*)

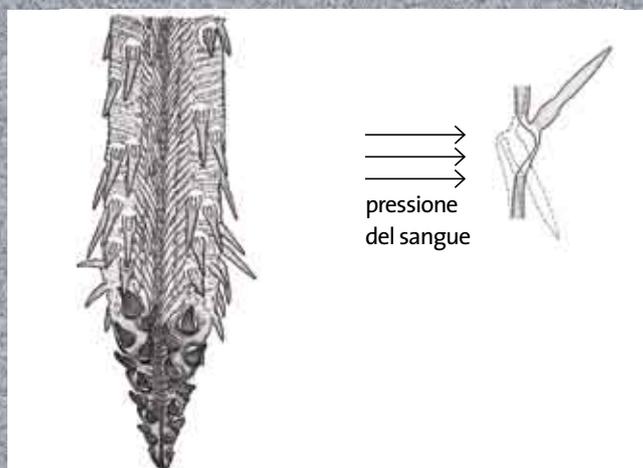
Foto: Raffaella Trabucco

## SPECIALIZZAZIONI: LE FARFALLE VAMPIRO

Il sangue dei vertebrati può rappresentare un alimento appetibile per gli animali di piccole dimensioni: è molto nutriente, diffuso capillarmente e disponibile tutto l'anno. Di conseguenza molti invertebrati hanno evoluto complessi apparati boccali adatti a perforare l'epidermide e a succhiare il sangue, in genere anestetizzando l'area: vi rientrano grandi gruppi di artropodi come zecche, pulci, pidocchi, zanzare o tafani, che contano ciascuno migliaia di specie. Questo comportamento alimentare è comparso anche tra le farfalle, delle quali interessa però il solo genere *Calyptra* che comprende meno di venti specie.

Le *Calyptra*, farfalle notturne poco appariscenti, sono diffuse principalmente in Asia orientale, sebbene una (*C. thalictri*) raggiunga l'Europa. In almeno dieci di queste specie, compresa quella europea, è stata verificata la capacità di nutrirsi del sangue di vari grandi mammiferi, uomo compreso. Per nessuna si tratta però di un comportamento esclusivo o abituale: le *Calyptra*, come altre farfalle affini, si nutrono principalmente succhiando i liquidi zuccherini che colano dalla frutta matura o che possono raggiungere perforandone la buccia. La propensione a pungere la pelle dei mammiferi per nutrirsi di sangue viene interpretata quindi come un adattamento secondario di questa abitudine alimentare, forse sfruttato soprattutto quando vi è scarsità della fonte di cibo principale.

Riescono a perforare la pelle dei vertebrati o la buccia molto dura di alcuni frutti (come gli agrumi) grazie a una proboscide appuntita e piuttosto rigida. Movimenti di torsione e di spinta alternata delle due metà che la compongono ne permettono la penetrazione; successivamente, la pressione del sangue al suo interno fa sollevare delle setole uncinato sulla superficie, che ancorano saldamente l'animale alla pelle. La puntura può durare anche un'ora e viene descritta come molto dolorosa durante l'esecuzione ma soltanto pruriginosa più tardi. Non si tratta tuttavia di un evento comune, almeno sull'uomo: le osservazioni riportate si riferiscono a uno sperimentatore che ha voluto verificare sulla propria mano le capacità di queste farfalle.



Apice della proboscide di *Calyptra* e dettaglio delle setole  
Immagine adattata da: Bänziger H., 1980. Skin-piercing blood-sucking moths  
III: feeding act and piercing mechanism of *Calyptra eustrigata* (Hmps.) (Lep.,  
Noctuidae). Mitt. Schweiz. ent. Ges. 53: 127-142.



*Calyptra thalictri* mentre si nutre di sangue  
Foto: J.M. Zaspel, V.S. Kononenko & P.Z. Goldstein, tratta da: <http://eolspecies.lifedesks.org/node/1586>

## ECCEZIONI: ADATTAMENTI E MUTAMENTI DEL SISTEMA DIGERENTE

Ciascuna specie animale ha la sua dieta che non dipende solo da una questione di gusti o di opportunità. Di fatto la struttura dell'apparato digerente è strettamente adattata alle abitudini alimentari, di cui limita la possibilità di variazione. Esistono alcune eccezioni che dimostrano la possibilità di sopravvivere mangiando cibi per cui non si è adattati. Un esempio ben noto è quello del panda gigante, la cui dieta è costituita per il 99% di germogli di bambù, pur presentando un apparato digerente da carnivoro; inoltre nel suo genoma, sequenziato nel 2009, non c'è traccia di enzimi in grado di decomporre la cellulosa. Recenti studi hanno accertato la presenza nell'apparato digestivo del panda di batteri in grado di decomporre la cellulosa, come avviene negli erbivori, e come accade per questi ultimi, anche il panda è costretto a trascorrere la maggior parte del tempo a sgranocchiare germogli di bambù, per trarne il massimo nutrimento. La necessità di adattare la struttura dell'apparato digerente alla dieta diviene evidente negli animali che modificano il regime alimentare durante lo sviluppo, modificando drasticamente l'apparato digerente. Questo accade ad esempio negli anfibiani anuri (rane e rospi), che passano da una dieta erbivora a una carnivora. I girini si nutrono di sostanze vegetali sospese nell'acqua o le raschiano con il becco corneo da substrati duri. L'acqua inghiottita viene espulsa dalle branchie mentre il cibo viene intrappolato nel muco e trasportato verso l'intestino, lungo fino a dieci volte il corpo e arrotolato su se stesso a spirale. Nonostante tali dimensioni la digestione è inefficiente e per massimizzare l'assimilazione dei nutrienti i girini reingeriscono le proprie feci, contenenti batteri che aiutano la degradazione della cellulosa. Quando il girino metamorfosa in anfibio adulto il canale digerente viene fortemente rimodellato: il sistema di filtrazione scompare, si sviluppano la lingua e lo stomaco ricco di ghiandole gastriche, mentre l'intestino si accorcia fino a un terzo della lunghezza primitiva.



Panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*)  
Foto: PANPOTE



Girino di raganella grigia (*Hyla versicolor*)  
Foto: Nicola Novarini