

Donato A. Grasso

IL FORMICAIO INTELLIGENTE

Come vivono e che cosa possono insegnarci
i più sociali tra gli insetti

a cura
di Stefano Dalla Casa

ZANICHELLI

Copyright © 2018 Zanichelli editore S.p.A., Bologna [62088]
www.zanichelli.it

I diritti di elaborazione in qualsiasi forma o opera, di memorizzazione anche digitale su supporti di qualsiasi tipo (inclusi magnetici e ottici), di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), i diritti di noleggio, di prestito e di traduzione sono riservati per tutti i paesi. L'acquisto della presente copia dell'opera non implica il trasferimento dei suddetti diritti né li esaurisce.

Realizzazione editoriale:

- Collana ideata da: Federico Tibone e Lisa Vozza
- Coordinamento editoriale: Elena Bacchilega, Stefano Dalla Casa, Lucia Sanna Bissani
- Redazione: Federica Fedele
- Collaborazione redazionale: Veronica Vannini
- Progetto grafico: Falcinelli & Co.
- Impaginazione: Francesca Ponti
- Ricerca iconografica: Stefano Dalla Casa

Copertina:

- Progetto grafico: Falcinelli & Co.
- Artwork: Falcinelli & Co.
- Immagine di copertina: Mark Lv/Unsplash, jamesbin/iStockphoto

Prima edizione: ottobre 2018

Ristampa:

5 4 3 2 1 2018 2019 2020 2021 2022

Grazie a chi ci segnala gli errori

Segnalate gli errori e le proposte di correzione su www.zanichelli.it/correzioni.

Controlleremo e inseriremo le eventuali correzioni nelle ristampe del libro.

Nello stesso sito troverete anche l'*errata corrige*, con l'elenco degli errori e delle correzioni.

Stampa: Grafica Ragno

Via Lombardia 25, 40064 Tolara di Sotto - Ozzano Emilia (Bologna)

per conto di Zanichelli editore S.p.A.

Via Irnerio 34, 40126 Bologna

INDICE

- Prologo
- Gulliver nel formicaio 7
1. Nella galassia del vivente 13
Che cos'è una formica? Come questi insetti, comparsi nell'era dei dinosauri, si sono diversificati conquistando ogni angolo della Terra.
2. Un organismo diviso in più corpi 29
La società delle formiche è molto di più della somma dei singoli individui: è un superorganismo, in cui i singoli animali cooperano per la sopravvivenza comune. Ma con quali regole?
3. Sicuro, termoautonomo, arredato offresi 53
Si fa presto a dire formicaio: le formiche hanno avuto milioni di anni per sperimentare le soluzioni abitative più adatte al loro stile di vita.
4. Che la forza sia con voi 77
Per cacciare, difendersi e attaccare, le formiche usano diversi tipi di armi, oltre alla cooperazione. Dalla chimica, all'inganno, al sacrificio, lo studio dei superpoteri delle formiche potrebbe essere utile anche all'uomo.
5. Mutuo soccorso 103
Le formiche instaurano relazioni mutualistiche con microrganismi, piante e altri artropodi. Queste collaborazioni forgiate dall'evoluzione consentono a molte specie di risolvere i bisogni fondamentali di cibo, rifugio e difesa.

6. Le relazioni pericolose	131
Anche i superorganismi hanno punti deboli. Le formiche, sia come individui sia come colonie, possono essere sfruttate da altri organismi con risultati che ricordano un film di fantascienza.	
7. Algoritmi a sei zampe	157
Con semplici regole le formiche risolvono i problemi più complessi della collettività. Dallo studio di queste regole nascono algoritmi con applicazioni in informatica, robotica, medicina e neuroscienze.	
8. Medici in famiglia	183
Ma come si curano le formiche? Metodi di difesa dalle malattie che coinvolgono sia l'individuo sia la collettività. La medicina odierna può trarre utili spunti dalle formiche.	
9. Agricoltura sostenibile e altri usi	207
Le formiche come strumento nella lotta biologica e come fonte di ispirazione per le tecniche da adottare in agricoltura sostenibile. E se volessimo, potremmo anche mangiarle...	
10. A scuola con le formiche	227
Ecologi, educatori, scrittori, studenti e cittadini collaborano a progetti scientifici che ci permettono di comprendere sempre di più il mondo delle formiche e così facendo di comprendere il mondo.	
Epilogo	
Capire il mondo	243
Le fonti di questo libro	248
8 miti da sfatare	253
Forse non sapevi che...	258
Indice analitico	265
Ringraziamenti	270

CAPITOLO SECONDO

Un organismo diviso in più corpi

Se ci guardiamo allo specchio, vedremo quello che convenzionalmente è definito un organismo: un'entità vivente dotata di una forma specifica e composta da una o più cellule. Quando le cellule sono più di una, in genere sono diversificate per forma e funzione e possono costituire tessuti con diverse proprietà. Questi tessuti, a loro volta, possono formare organi e sistemi interdipendenti. Tutto questo rende l'organismo in grado di mantenere la propria unità e funzionalità, nonché di riprodursi. Siamo abituati ad associare il concetto di organismo a quello di individuo, cioè a qualcosa che non può essere diviso in parti senza perdere le sue proprietà e la propria essenza.

Questa autonomia è però relativa. Ogni organismo è in stretta relazione e in continuità con il mondo fisico-chimico che lo circonda, e con il quale deve necessariamente scambiare materia ed

energia. Man mano che le ricerche chiariscono aspetti sempre più profondi della genetica, della fisiologia dello sviluppo e dell'evoluzione dei viventi, diventa sempre più evidente come questa indivisibilità non sia legata tanto ad aspetti anatomici e strutturali, quanto alla funzionalità dell'organismo stesso.

Per ricordare le parole del famoso naturalista e mirmecologo americano William Morton Wheeler:

L'organismo non è né un oggetto né un concetto ma un flusso di processi [...] È un complesso sistema individualizzato di attività coordinate per il conseguimento di risorse dall'ambiente e con lo scopo di produrre sistemi simili detti prole.

Questi concetti, pur essendo stati formulati più di un secolo fa, appaiono ancora oggi moderni alla luce delle recenti scoperte sulle simbiosi che legano inscindibilmente gli organismi pluricellulari e i microrganismi. Gli animali e le piante non possono più essere considerati entità autonome, ma piuttosto degli *olobionti*, cioè un *network* biomolecolare costituito dall'ospite pluricellulare e dai microbi a esso associati. I diversi genomi (*l'ologenoma*) sono funzionalmente interconnessi e sovrintendono alla gestione dell'intero sistema biologico formato dai partner coinvolti.

Guardandoci allo specchio non ce ne accorgiamo, ma ciascuno di noi, insieme ai batteri che colonizzano il nostro intestino, la nostra pelle, le nostre mucose, è appunto un olobionte. Non siamo

quello che crediamo di essere, ma siamo chimere, ovvero una confederazione di organismi le cui esistenze sono interdipendenti.

Se la biologia moderna considera l'organismo come un insieme di individualità che ne definiscono le proprietà, allora le affermazioni fatte nel 1911 da Wheeler non sembrano oggi così strane:

La colonia è un vero organismo e non la mera analogia di un individuo [...] La caratteristica organismica più generale delle colonie di formiche è la sua individualità. Come la cellula o la singola persona, la colonia si comporta come un tutt'uno, mantenendo la sua identità nello spazio e opponendosi alla disgregazione¹.

La colonia può essere considerata, quindi, *un organismo diviso in più corpi* e studiarla è un modo per addentrarsi nell'esplorazione dei vari livelli che costituiscono l'organizzazione del vivente, un po' come aprire una matryoska. La colonia degli insetti sociali, come ogni suo singolo membro od ogni cellula di ciascuno di essi, è un meccanismo biologico complesso le cui parti cooperano per fini comuni. Il biologo può analizzarla dal punto di vista genetico, cellulare, individuale e sociale, e la bellezza dell'esplorazione sarà direttamente proporzionale alla sua abilità di «zoomare» e mettere a fuoco i diversi aspetti. Parlare, quindi, di una colonia di formiche (o di api, vespe, termiti) come qualcosa

¹ Da Wheeler W. M., "The ant-colony as an organism", *Journal of Morphology* (1911).

di più di una stretta associazione di individui significa parlare di un *superorganismo*.

Il superorganismo è un'unità biologica che, pur avendo molti attributi di un organismo, nella gerarchia dell'organizzazione biologica si trova un gradino al di sopra di esso. Infatti, gli elementi fondamentali dei superorganismi non sono in questo caso cellule e tessuti, ma animali che agiscono in stretta collaborazione. Come in tutti i sistemi complessi, costituiti da molte parti interagenti, anche le proprietà dei superorganismi derivano dalla diversificazione e integrazione delle parti e vanno oltre la banale somma delle singole componenti. Citando Aristotele, potremmo dire che «il tutto è maggiore della somma delle parti». Da cui il concetto di *proprietà emergenti*.

Il successo ecologico delle formiche e degli altri insetti sociali è dovuto proprio a questa caratteristica che ha permesso loro di diffondersi e sfruttare in modo efficiente le risorse disponibili nella maggior parte degli ambienti terrestri. Oggi, grazie ai progressi fatti in molti campi della biologia, stiamo decifrando la natura profonda di queste proprietà e la logica che governa il comportamento individuale rispetto alla colonia. I principi che stanno alla base dell'organizzazione delle attività collettive (sfruttamento delle risorse, costruzione del nido, emigrazione della colonia in nuovi siti, difesa cooperativa) sono stati in parte chiariti e il concetto di algoritmo, inteso come insieme di regole che porta alla risoluzione di un problema, è sempre più utilizzato per descrivere molte proprietà delle società degli insetti.

Per apprezzare queste proprietà non è necessario essere uno scienziato e recarsi in luoghi esotici. D'estate nel giardino di casa, all'ombra del parco cittadino, in un vaso sul balcone è possibile imbattersi in qualche «spaccato» di storia naturale, testimonianza di questa organizzazione. Ma come funziona un superorganismo?

Alcune regole per essere super

Le società degli insetti si compongono di individui appartenenti a gruppi ben definiti e specializzati nello svolgimento di specifici compiti, le cosiddette *caste*. Le regine, i maschi e le operaie sono i rappresentanti di tre diverse caste. Le attività svolte dalle colonie di formiche sono molteplici. Le regine depongono le uova. Le operaie vanno in giro alla ricerca di risorse utili, si prendono cura della prole e della regina, si dedicano alla costruzione e alla manutenzione del nido e difendono la società dai nemici. Alcune specie coltivano funghi, altre saccheggiano i nidi limitrofi per ottenere delle schiave. Altre ancora formano sciami predatori con milioni di individui, pronti ad attaccare qualunque piccolo essere vivente capiti a tiro durante le loro scorrerie, e infine ci sono formiche che allevano insetti per il loro sostentamento o formano zattere su cui rifugiarsi in caso di alluvioni.

Ognuna di queste attività richiede una precisa organizzazione e un'efficiente distribuzione della forza lavoro. Per capire come tutto possa funzionare

perfettamente è necessario partire dalla considerazione che le attività collettive, per quanto complesse, sono sempre il frutto delle decisioni dei singoli individui. Le azioni dei singoli sono integrate nell'unità sociale di cui fanno parte, secondo regole ben precise che stiamo cominciando a conoscere.

L'organizzazione delle società degli insetti si fonda sui processi complementari del differenziamento delle attività e della loro integrazione. Ciò si traduce in un'efficace divisione del lavoro che si basa su meccanismi rigidi, per esempio legati al sesso o alla struttura anatomica degli individui, e flessibili, per esempio programmi comportamentali variabili in base alle contingenze che via via si presentano.

Mater familias

Più che una sovrana è una madre. La regina, sebbene fondamentale per l'esistenza, per lo sviluppo e per la coesione della colonia, non ne sovrintende le attività e non ne coordina lo svolgimento. Nelle società degli insetti non ci sono capi che comandano e l'organizzazione è in gran parte decentralizzata. Le attività collettive non sono il frutto di un comando centrale – come nelle società verticistiche tipiche di molte attività umane – ma il risultato di decisioni prese dai singoli individui, sulla base di informazioni locali, che portano alla risoluzione collettiva di un problema. La regina non regna affatto, almeno nel senso a noi più familiare.

In film come *Z la formica* (1998), *A Bug's Life* (1999) o il recente *Ant-Man* (2015), il mondo di questi insetti è rappresentato in maniera «umanoide». Serve un capo, una sovrana, che governi e detti le regole. In *Ant-Man*, lo scienziato Hank Pym, che ha inventato il sistema per ridurre una persona alle dimensioni di un insetto, afferma che le formiche possono fare cose incredibili, ma hanno bisogno di un leader che le guidi. Ma si tratta di una rappresentazione fantastica che non corrisponde alla realtà.

Tuttavia, sebbene la regina non sia un vero sovrano, senza di lei la colonia non potrebbe esistere. E questo ci porta al primo aspetto della suddivisione del lavoro all'interno delle colonie, quello basato sulla riproduzione. Questo compito è affidato alle femmine fertili, cioè alle regine, e ai maschi, entrambi solitamente alati (figura 5).

Tutte le altre attività sono svolte da femmine che, in genere, non si riproducono, cioè le *operaie*. Avrete sicuramente sentito parlare anche dei *soldati* a difesa del formicaio: anche questi individui sono femmine. Le colonie sono società matriarcali, in cui i maschi hanno un ruolo marginale nell'economia delle attività, sono solo fabbriche di spermatozoi che vivono poche settimane o mesi, giusto il tempo di donare i propri pacchetti di geni alle future regine.

Un altro aspetto importante della biologia riproduttiva delle formiche e di altri insetti, che ha delle ripercussioni sull'intera vita sociale, è la modalità in cui si determina il sesso dei nascituri.



Figura 5. Una grossa femmina alata di *Lasius niger* (specie comune nei nostri prati) colta nel momento dell'accoppiamento. Anche i maschi (ne vediamo due nella foto) sono dotati di ali e il loro ruolo è limitato all'interno della colonia. Infatti muoiono poco dopo l'accoppiamento. Fotografia: vblinov/Shutterstock.

Dopo essersi allontanata in volo dalla colonia madre e dopo essersi accoppiata con uno o più maschi, la regina si libera delle ali e cerca un luogo adatto alla nidificazione. Rimarrà chiusa a lungo nel nido senza nutrirsi, in attesa di produrre la prima di una lunga serie di nidi, le prime operaie della nuova società. Nel corso della sua lunga vita (in alcune specie anche 30 anni), la regina può produrre centinaia, migliaia o milioni di uova. Lo sperma accumulato in quel volo nuziale è immagazzinato in una sacca (la *spermateca*) dove rimane vitale anche per decenni. Non è ancora chiaro

CAPITOLO OTTAVO

Medici in famiglia

Si allontana lentamente dalla casa in cui è nata. Da quel momento non ci sarà più nessun contatto con le altre, nessuna attività svolta, nessun tentativo di ritornare. È un'operaia di *Temnothorax unifasciatus*, una piccola formica di colore giallo-bruno comune anche in Italia. È malata, infettata da un fungo patogeno; morirà qualche giorno dopo in solitudine, evitando in questo modo di diffondere l'infezione tra i compagni del nido. Questa decisione a isolarsi è l'ultimo atto di dedizione estrema alla propria colonia che ha caratterizzato tutta la sua esistenza. Testimonia la perfetta integrazione tra l'individualità e il gruppo che la contiene, un aspetto importante nell'organizzazione delle società e nella loro evoluzione.

In natura la morte sopraggiunge raramente per vecchiaia. A parte eventi catastrofici, la «signora con la falce» ha quasi sempre le sembianze di pre-

datori e parassiti. Questi ultimi in particolare, secondo alcuni studiosi, avrebbero un ruolo di primo piano, come «burattinai» nel gioco dell'evoluzione. Molte delle caratteristiche anatomiche, fisiologiche e comportamentali degli organismi viventi sarebbero state plasmate proprio dalle pressioni selettive esercitate da parassiti e microrganismi patogeni.

Gli ambienti in cui vivono le formiche (terreno, legno marcescente, rametti e altre parti vegetali) sono habitat ideali per potenziali insidie come virus, batteri, funghi, acari e nematodi. E la vita in società, per quanto incredibilmente vantaggiosa, amplifica certi pericoli. Quando moltissimi individui interagiscono e condividono gli stessi spazi per molto tempo, le condizioni microclimatiche sono costanti e ben controllate e vi è un accumulo di cibo e di prole, si creano condizioni ideali che possono favorire la proliferazione di microrganismi patogeni e il contagio tra i membri del gruppo. Per questo motivo, nel corso di milioni di anni di evoluzione, le formiche e gli altri insetti sociali hanno sviluppato raffinati sistemi di profilassi e cura.

Poiché il superorganismo è un organismo distribuito in più corpi, esistono vari livelli di difesa. Si parla, infatti, di «immunità individuale» e di «immunità sociale»: entrambi i sistemi agiscono in sinergia e limitano la possibilità di ammalarsi.

A livello individuale, anche le formiche come altri insetti hanno messo a punto sistemi di prevenzione e cura basati su meccanismi comportamentali, fisiologici e biochimici. Le operaie di

varie specie, per esempio, evitano di raccogliere cibo contaminato o di toccare compagne infette. Le formiche sono anche molto attente alla propria igiene e pulendosi si cospargono di sostanze antisettiche prodotte da diverse ghiandole. Le più importanti sono situate nella parte posteriore del torace (*ghiandole metapleurali*), ma sostanze antimicrobiche sono prodotte anche in strutture che sboccano in altre parti del corpo, come la ghiandola del veleno (punta dell'addome) o le ghiandole labiali e mandibolari (presso la bocca).

Esistono anche casi di vera e propria «automedicazione». Studi recenti condotti all'Università di Helsinki hanno dimostrato che le operaie di *Formica fusca*, in caso di infezione da *Beauveria bassiana*, un fungo entomopatogeno, ingeriscono cibo addizionato con perossido di idrogeno, cioè acqua ossigenata, un potente antisettico appartenente alla classe dei ROS (*Reactive Oxygen Species*). Si tratta di composti dell'ossigeno a elevata attività ossidante che intervengono nelle difese immunitarie. In caso di necessità gli animali li possono produrre attraverso il loro metabolismo oppure acquisirli con la dieta. Nel caso delle formiche gli esperimenti hanno dimostrato che la scelta del cibo con i ROS è deliberata, poiché viene effettuata solo quando gli animali sono infetti. Inoltre, tra le dosi messe a disposizione dagli sperimentatori, le formiche scelgono quella più bassa poiché il perossido di idrogeno è comunque dannoso per l'organismo.

Ogni farmaco ha i suoi effetti collaterali, ma l'infezione è spesso letale e tra i due mali è sempre

meglio scegliere il minore. Infatti, la probabilità che le formiche sopravvivano all'infezione aumenta del 20% dopo l'assunzione del cibo contenente perossido di idrogeno. In natura composti contenenti ROS si possono trovare nel nettare, negli animali morti, in derivati vegetali come la melata degli afidi, tutti possibili alimenti per *Formica fusca*. Quindi, oltre all'uomo e ad altri animali, anche le formiche possono curarsi da sé.

Anche se i meccanismi immunitari sono diversi da quelli dei vertebrati, anche nelle formiche esistono sistemi di protezione dai patogeni su base biochimica e fisiologica. Per esempio, un'infezione può essere combattuta con la produzione di proteine antibiotiche circolanti nell'emolinfa (il «sangue» degli artropodi). Nell'emolinfa circolano anche cellule fagocitarie che attaccano microorganismi e parassiti.

La vita delle singole formiche, però, è integrata in quella della comunità. Gli agenti patogeni, per potersi insinuare e diffondere nel superorganismo, devono quindi superare anche un secondo livello di difesa. *L'immunità sociale*, come molte altre capacità di questi insetti, produce i suoi effetti benefici solo grazie all'azione collettiva. Una prima azione difensiva è l'igiene del nido. Rifiuti, materiali contaminati o individui morti sono rapidamente rimossi e sistemati in aree dedicate del nido o al di fuori di questo. La disinfezione non è solo meccanica, ma anche chimica. Il materiale del nido è trattato con sostanze ad azione antimicrobica prodotte dalle formiche o raccolte dall'ambiente, come le resine vegetali.

La pulizia non riguarda solo il nido, ma anche i suoi abitanti. Le formiche, oltre a pulire sé stesse (*grooming*), tolettano anche le compagne (*allogrooming*). Durante questa operazione, batteri e funghi sono rimossi meccanicamente e accumulati in una speciale tasca boccale, dove sono uccisi dai secreti della ghiandola labiale e infine espulsi fuori dal nido.

Alla regina sono riservate particolari attenzioni: è circondata, accudita e pulita di continuo da una schiera di giovani operaie, che non lasciano mai il nido e quindi sono meno soggette a contaminazioni esterne. Anche la prole riceve cure preferenziali e in alcune specie è cosparsa con i secreti ad azione antimicrobica prodotti dalle ghiandole delle operaie. In alcuni casi le regine, nel deporre le uova, le rivestono con il proprio veleno ad azione antisetica. Gli individui infetti o moribondi sono spesso allontanati dalle compagne oppure attuano comportamenti di autoesclusione dalla società (di fatto un suicidio), che rappresentano un'altra espressione dell'immunità sociale.

In un recentissimo studio, Sylvia Cremer dell'Institute of Science and Technology in Austria e altri ricercatori hanno scoperto che *Lasius neglectus* utilizza una forma estrema di disinfezione da un fungo patogeno. Le operaie individuano e uccidono le pupe infettate dal fungo ma non contagiose poiché ancora nella fase di incubazione. Prima viene rimosso l'involucro del bozzolo e, dopo aver praticato una incisione nella cuticola, viene rilasciato al suo interno il veleno. Oltre a uccidere la pupa, il veleno

impedisce la proliferazione del patogeno verso l'esterno, difendendo così il resto della colonia.

Le formiche hanno scoperto prima dell'uomo il modo per evitare il diffondersi di epidemie. Gli individui sani sono esposti preventivamente a basse dosi dell'agente patogeno, allo scopo di innescare i meccanismi individuali di immunizzazione. Un sistema di profilassi sociale molto simile a una vaccinazione. La ricerca, condotta ancora una volta dal gruppo di Cremer, ha scoperto che quando le foraggiatrici di *Lasius neglectus* rientrano a casa da un'esplorazione sono insistentemente tolettate dalle compagne. Questo riduce la possibilità di attacco da parte dei funghi patogeni, ma allo stesso tempo aumenta il rischio di infezione per le operaie «igieniste». Nel rimuovere le spore dalle compagne, le pulitrici vengono infettate dal fungo ma a dosi molto basse, e questo non fa che attivare meccanismi innati di protezione, immunizzando l'individuo. Maggiore è il numero di individui che adotta questo comportamento, più sarà facile far fronte all'infezione e bloccare un'eventuale epidemia nella colonia. Come nell'uomo, è valido il principio della «immunità di gregge»: gli individui che non sono immunizzati corrono un basso rischio di infezione se circondati da un numero elevato di individui immuni.

Il sistema adottato da queste formiche non è propriamente analogo alla vaccinazione, che prevede l'inoculazione di ceppi poco virulenti o disattivati del patogeno. È più simile alla «variolazione», una pratica medica molto antica adottata

per combattere il vaiolo anche nell'Europa del Settecento. Si inoculava in una persona sana il contenuto delle pustole di un malato di vaiolo, cercando di indurre una forma di immunità specifica e permanente.

Il trattamento era tutt'altro che sicuro ma probabilmente ha ispirato il medico inglese Edward Jenner nell'invenzione del «vaccino»¹³, un metodo decisamente meno pericoloso e più efficace che avrebbe di fatto salvato la vita a milioni di persone.

Gli insetti sociali sono abili «medici in famiglia» a cui potersi ispirare e altri prima di noi non si sono lasciati sfuggire questa occasione. Oggi, grazie alle conoscenze e alle tecnologie a nostra disposizione, questa frontiera è molto più facile da esplorare.

Amabili morsi e altre medicazioni

L'attacco al villaggio da parte di una tribù nemica era stato feroce e distruttivo. Per *Zampa di Giaguaro* l'unica possibilità di proteggere moglie e figlio era stata nasconderli in un profondo crepaccio tra le rocce. Nella confusione della fuga il bimbo si era ferito, un lungo taglio alla gamba. La madre, attingendo alla sapienza millenaria del suo popolo,

¹³ Edward Jenner (1749-1823) alla fine del Settecento dimostrò che inoculando il contenuto delle pustole di mucche affette da vaiolo vaccino (da qui il nome) in un individuo sano, si induceva una lieve infezione in grado di proteggerlo da quella, molto più grave, prodotta dal virus del vaiolo umano.

riuscì a suturare la ferita utilizzando delle formiche. È necessario avvicinarle con la testa ai lembi del taglio precedentemente accostati tra loro per indurle a morderli saldamente, cosa non difficile quando le formiche percepiscono una minaccia. Per bloccarne la presa in una morsa permanente basta recidere la testa dal torace: la sutura è fatta.

Ci troviamo nei pressi di un piccolo villaggio Maya dello Yucatan all'inizio del XVI secolo e stiamo parlando di una famosa scena del film diretto da Mel Gibson *Apocalypto* (2006). Le formiche sono delle tagliafoglie, probabilmente del genere *Atta*. Non si tratta di una fantasia cinematografica: questa pratica è stata riportata da varie fonti, antiche e recenti, nonché dai racconti delle popolazioni locali. Tutte le tagliafoglie hanno teste grandi e mandibole potenti, ma in Sud America le formiche più adatte a questo scopo sono probabilmente quelle del genere *Eciton* (figura 26). Viste le enormi mandibole acuminate e la presa che esercitano, non si fatica a immaginarlo. L'impiego delle formiche come sistema naturale per la sutura delle ferite è stata, e forse in alcuni popoli lo è ancora, una pratica adottata per convergenza culturale in varie parti del mondo. Alcuni resoconti nell'ambito della medicina tradizionale orientale risalgono a migliaia di anni fa. In ogni caso, si tratta sempre di luoghi in cui l'uomo ha potuto facilmente, e dolorosamente, sperimentare i morsi persistenti e profondi da parte di formiche aggressive e di grandi dimensioni, come in varie parti dell'Africa, Sud America e Sudest asiatico.



Figura 26. Un soldato di *Eciton hamatum* (Panama). Le potenti mandibole sciaboliformi riescono a penetrare facilmente nella carne di un mirmecologo generosamente disposto alla dimostrazione. Il comportamento di queste formiche è stato sfruttato dalle culture tradizionali per suturare ferite usando le teste degli insetti staccate dal resto del corpo. Fotografia: Mark Moffett/Minden Pictures/Getty Images.

Esistono antiche testimonianze e racconti aneddotici di suture prodotte con le formiche anche nel sud dell'Europa e nel bacino del Mediterraneo. A queste latitudini non vivono delle vere e proprie «formiche suturanti» come nelle regioni tropicali, ma sono comunque presenti specie di *Camponotus*, *Messor* o *Cataglyphis* di grandi dimensioni che potrebbero essere state le protagoniste di quei racconti.

Non esistono dati scientifici sulla reale efficacia di questi metodi e permangono dubbi sugli standard igienici assicurati. Si tratta di pratiche antiche o comunque adottate da popoli a stretto contatto con la natura e ben lontani da un approccio tecnologico alla vita quotidiana. In diverse specie di formiche le ghiandole che sboccano alla base delle mandibole o

nei pressi della bocca producono potenti sostanze antisettiche. Non è improbabile che l'apparente potere curativo dei «morsi» delle formiche sia dovuto anche a questa proprietà, non solo alla loro attitudine a tenere serrati i lembi di una ferita.

Tuttavia, oggi disponiamo di sistemi più efficaci e in gran parte del mondo le formiche non sono più utilizzate a questo scopo. Ma se dovesse capitarvi un incidente in una foresta tropicale e foste sprovvisti di un kit di sopravvivenza guardatevi intorno, non dovrete far fatica a trovare degli «aghi» da sutura.

Oltre alle mandibole, molte formiche possiedono pungiglioni e veleni che utilizzano a scopo difensivo o predatorio. I principi attivi di queste secrezioni (tra cui peptidi, enzimi, acidi, alcaloidi, ammine biogene) hanno effetti deleteri sulle cellule e sui tessuti intorno alla puntura, e a volte si estendono all'intero organismo. Queste sostanze, però, risultano efficaci anche in altri contesti.

Günter Holzmann, dissidente antinazista rifugiatosi in Sud America negli anni Trenta, nel 1968 si recò in Bolivia per lavoro e sperimentò un trattamento particolare per la sua dolorosa *artrite reumatoide*.

Attingendo alla tradizione degli indios locali, si fece pungere ripetutamente da formiche arboree del genere *Pseudomyrmex*, ottenendone apparentemente un giovamento. In seguito convinse alcuni reumatologi ad avviare prove cliniche per verificare il potere curativo di questo veleno su altri pazienti. I risultati furono incoraggianti. Studi scientifici

condotti negli anni Ottanta registrarono miglioramenti nei pazienti trattati in questo modo. Da allora, per la mancanza di indagini più approfondite, non è mai stato possibile confermare l'efficacia terapeutica di questo trattamento.

In Cina da secoli la medicina tradizionale riporta gli effetti benefici sull'artrite di sostanze ottenute da formiche del genere *Polyrhachis*. Prove farmacologiche di laboratorio hanno evidenziato l'azione antidolorifica e antinfiammatoria di estratti ottenuti dal corpo di queste formiche, confermando le loro potenzialità nel trattamento di diverse patologie.

Brachyponera sennaarensis è una specie di origine africana, ormai diffusa anche in Medio Oriente, conosciuta per le sue pericolose punture, che possono causare la morte per crisi anafilattica. Test di laboratorio hanno dimostrato che il suo veleno è un efficace analgesico, antiossidante e antinfiammatorio che potrebbe avere effetti positivi su patologie renali, epatiche e reumatiche. Anche il veleno delle temutissime formiche di fuoco *Solenopsis invicta* potrebbe avere un impiego alternativo in medicina. Un alcaloide in esso contenuto (la *solennopsina*) sembra essere efficace contro la psoriasi e altre malattie della pelle.

Nella medicina tradizionale orientale esistono molti trattamenti a base di composti ottenuti da vari animali, tra cui molti artropodi. Sostanze prodotte dalle api, strette parenti delle formiche, sono utilizzate nella medicina cinese da oltre 3000 anni. Non solo miele, cera, pappa reale e propoli ma anche il loro veleno.

Non esistono prove definitive sull'efficacia e la sicurezza della «apipuntura» nel trattamento di patologie infiammatorie, ma diversi studi su animali e *in vitro* hanno confermato l'efficacia di vari composti presenti nel veleno, tra cui la melittina, che gli scienziati continuano a studiare nella speranza di ottenere nuovi farmaci.

Oggi sappiamo che l'arsenale biochimico sviluppato dalle formiche e da altri Imenotteri è estremamente ricco e questo spiega il successo riscosso da questi insetti in diverse epoche nella medicina tradizionale di vari popoli.

Al Museo di Storia della Scienza di Firenze è custodito un boccettino risalente al XVIII secolo con un'etichetta molto evocativa: «Olio espresso dalle formiche».

Tuttavia, per una reale applicazione clinica è importante individuare i principi attivi e conoscerne i meccanismi di azione e gli eventuali effetti collaterali. Molti di questi rimedi tradizionali, pur avendo fondamenti scientifici validi e un'efficacia significativa da un punto di vista sperimentale, al momento sono poco utilizzabili per limiti pratici e di produzione.

Perciò è importante non trascurare la ricerca scientifica in questo campo. A volte dai cosiddetti rimedi tradizionali si arriva anche a scoprire molecole alla base di efficaci terapie. Il chinino, il primo farmaco efficace contro la malaria, è stato isolato nel XIX secolo dalla corteccia dell'albero della china, nonostante le sue proprietà medicinali fossero note da secoli.

La natura, insomma, è un immenso laboratorio e la biodiversità, se adeguatamente osservata e «interrogata», offre aiuti inaspettati per il nostro benessere. Non dobbiamo forse la scoperta della penicillina alla giusta combinazione di genialità, casualità e magari anche a qualche frutto ammuffito rimasto in laboratorio?

A caccia di nuove medicine

Robert Campbell era entrato in possesso di un derivato ottenuto da particolari fiori della foresta amazzonica. La sostanza si era dimostrata efficace contro il cancro. Stava lavorando in un villaggio immerso nella foresta e dopo avere a lungo e inutilmente tentato di individuare il principio attivo aveva deciso di abbandonare la ricerca finché una giovane ricercatrice, animata da forte ambizione e spirito di avventura, non lo raggiunse convincendolo a riprovarci. Si era sbagliato: la cura non derivava da sostanze prodotte dai fiori, come inizialmente aveva ipotizzato, ma da una rara specie di formiche. Purtroppo una catastrofe ambientale, avvenuta in seguito alla costruzione di una grossa strada all'interno della foresta, oltre a spazzare via la popolazione indigena, rischiava di far sparire per sempre il segreto delle formiche medicinali.

La storia, di pura fantasia, è raccontata in *Medicine man* (*Mato Grosso*, nella versione italiana), un film del 1992 interpretato da Sean Connery e Lorraine Bracco. Una pellicola che pone grande