

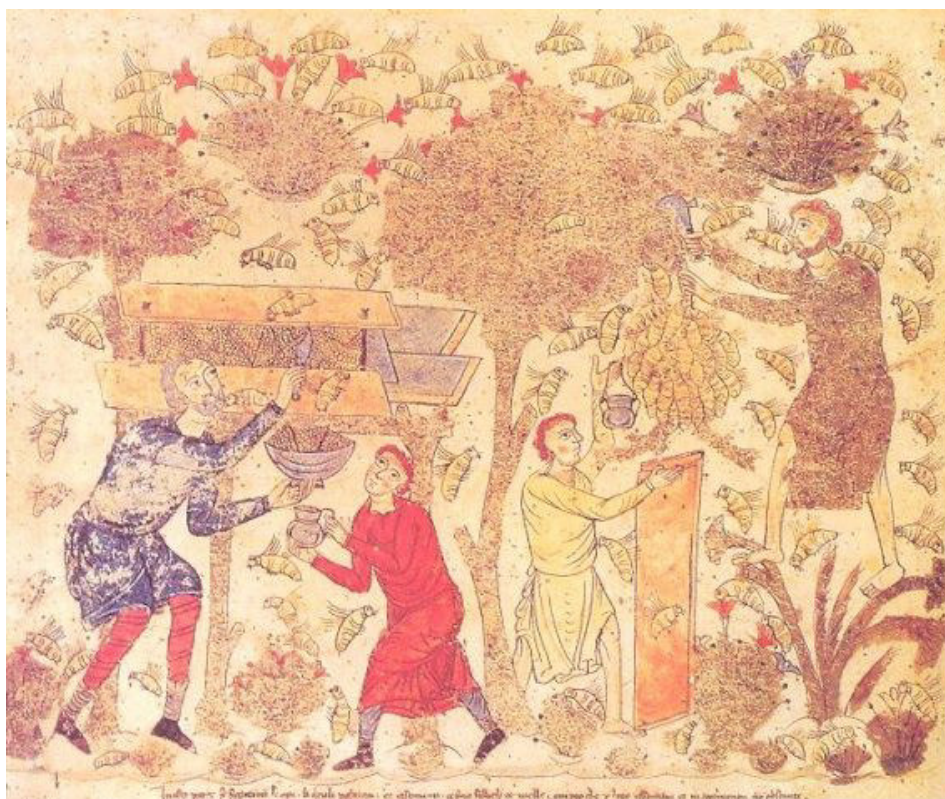


ANISN

ASSOCIAZIONE NAZIONALE  
INSEGNANTI SCIENZE NATURALI  
SEZIONE SARDEGNA

Associazione qualificata per produrre attività formativa  
DM. n. 177 del 10/7/00

“DAL POLLINE AL MIELE: UN VIAGGIO NELLA DOLCEZZA”



In copertina

Scene che rappresentano la raccolta di sciami, cera e miele documentate dal Codice Barberini 592, redatto nel 1087 nell'abbazia di Montecassino; oggi si trova nella Biblioteca Vaticana.

## PRESENTAZIONE

Abi industri in s'istadi, pappat meli in jerru

Ape operosa in estate, mangia miele in inverno

Un proverbio sardo di grande saggezza popolare ! Sottintende un invito ad essere previdenti, ma anche un inno alla industriosità e alla dolcezza.

Questo opuscolo è frutto del lavoro di un gruppo di esperti di Scienze Naturali, appassionati alla loro disciplina e capaci di appassionare anche i lettori ad una delle tante meraviglie della Natura.

Il testo è stato preparato attingendo sia a dati sperimentali che a fonti bibliografiche, utilizzando un linguaggio semplice e facilmente comprensibile.

Siamo convinti che dalla lettura di queste pagine, si possano inferire considerazioni di filosofia naturale, assai importanti per l'uomo e il suo vivere sulla Terra.

A. Einstein già si preoccupava ....” Se l'Ape scomparisse dalla faccia della terra, all'uomo non resterebbero che quattro anni di vita”

Elisabetta Piro

Presidente ANISN sezione Sardegna

## PREFAZIONE

Dal 4 al 9 novembre 2014 si è tenuta a Cagliari la VII edizione del FESTIVALSCIENZA. L'ANISN sezione Sardegna, nell'ambito dei laboratori interattivi, ha presentato ed illustrato i prodotti dell'alveare attraverso una esposizione articolata secondo temi specifici: il **Polline** con le sue bellissime architetture osservabili al microscopio ottico, il **Miele**, alimento elaborato dalle api, di cui sono state chiarite le caratteristiche merceologiche, organolettiche, nutrizionali e benefiche per la nostra salute, la **Pappa reale**, la **Propoli**, la **Cera** e il **Veleno d'api**. Poster e cartelli esplicativi, curati con linguaggio semplice ma rigorosamente scientifico, hanno arricchito tutta l'esposizione.

In questo volume, che racconta l'operato dell'ape e intitolato "DAL POLLINE AL MIELE: UN VIAGGIO NELLA DOLCEZZA", sono stati raccolti tutti i documenti, anche preparatori, utilizzati per la realizzazione della manifestazione.

Sono stati inclusi in questa raccolta uno studio analitico sulla "Bioarchitettura delle api" e le metodologie utilizzate in laboratorio per l'analisi del polline, unitamente alla determinazione dell'origine botanica del miele.



RACCOLTA DI DOCUMENTI, POSTER E METODOLOGIE PRESENTATI AL  
FESTIVALSCIENZA 2014, NEL SETTORE DEI LABORATORI INTERATTIVI,  
A CURA DI:

Socie ANISN

Licia Carbini già Professore Associato di Scienza dell'Alimentazione - Università degli Studi di Cagliari

Battistina Carzedda

M. Antonietta Manca

M. Grazia Rachele

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI

Paola Pittau, Professore Ordinario di Paleobotanica e Palinologia, Dipartimento di Scienze  
Chimiche e Geologiche, Coordinatore del corso di Laurea di Scienze Naturali

Carla Buosi, Borsista presso il Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

Giovanni Scanu, Dottorando presso il Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano per la preziosa collaborazione e l'incoraggiamento a proseguire il lavoro avviato al  
FestivalScienza:

Maria Bonaria Desogus e Patrizia Renza – socie ANISN

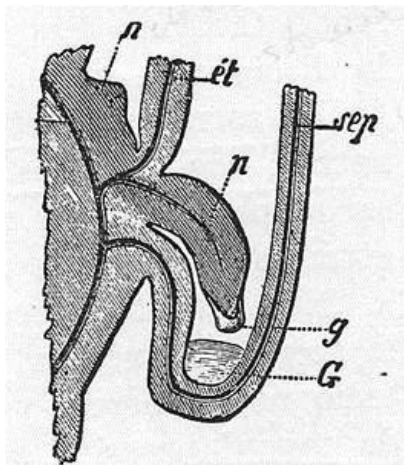
## INIZIO DEL VIAGGIO

L'avvento del fiore nella storia evolutiva fu una vera rivoluzione: i processi di impollinazione divennero più efficaci tanto da essere considerati una grande realizzazione tecnica del mondo vegetale. Secondo recenti studi (2013) i fiori emetterebbero campi elettromagnetici che le api/bombi percepiscono e distinguono.

L'interazione tra insetti e piante a fiore modellò nel tempo lo sviluppo di entrambi i gruppi, in un processo nato col nome di coevoluzione. I fiori assunsero colori sempre più seducenti, fragranze inebrianti, petali speciali. Tra le concessioni fatte agli insetti, la più vantaggiosa è stata il nettare, che i fiori producono come merce di baratto in cambio della dispersione del polline.

### *Comparsa delle api nella storia evolutiva.*

Nel tardo Devoniano compaiono le prime piante a seme, le Gimnosperme che vengono impollinate passivamente per azione del vento; successivamente, insetti probabilmente Coleotteri scoprono il polline come nuova fonte di cibo e inavvertitamente lo trasportano verso altre piante. All'inizio del Cenozoico, 40 – 60 milioni di anni fa, le api, le vespe e le farfalle fanno il loro ingresso nella storia evolutiva. La comparsa e la diversificazione di questi insetti a lingua lunga, per i quali i fiori



Sezione dei nettari ( n ), goccia di nettare ( g )  
che sta per staccarsi e cadere nella fossetta di  
raccolta ( G )- sep: sepal – et: stame -

rappresentano spesso la sola fonte di alimento, fu un risultato diretto dell'evoluzione delle Angiosperme. A loro volta gli insetti influenzano profondamente l'evoluzione delle Angiosperme, contribuendo notevolmente alla loro diversificazione, ne sono i principali impollinatori e le **api** ne detengono il primato.

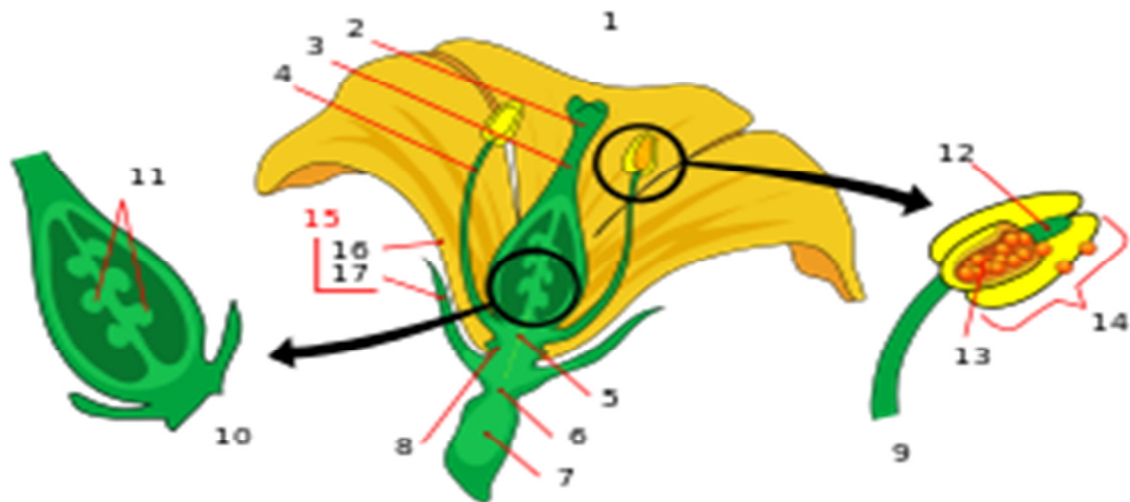
Esse per raggiungere i **nettari**, devono passare in prossimità delle antere caricandosi di polline. Parte lo depositano sullo stamma del fiore, che visitano successivamente, promuovendo l'impollinazione e parte lo scaricano nell'alveare. Nei fiori impollinati dalle api, il nettario è caratteristicamente situato alla base della corolla tubolare ed è accessibile solo a speciali organi succhiatori, cosa che costituisce un vantaggio sia per l'ape che per il fiore. Tali fiori sono provvisti di un caratteristico “ spazio di atterraggio” per gli

insetti. I fiori delle api, ossia i fiori che sono coevoluti con le api, hanno petali vistosamente e brillantemente colorati, generalmente azzurri o bianchi e spesso hanno particolari caratteristiche che consentono alle api di riconoscerli facilmente. Una di queste è costituita dagli “indicatori di miele” speciali segni che indicano la localizzazione del nettare. In *Digitalis purpurea* per es. sono piccole macchie scure sui petali (vedi figura). Lo spettro visivo delle api è differente dal nostro, esse possono vedere l'ultravioletto ma non possono distinguere il rosso che a loro appare nero.

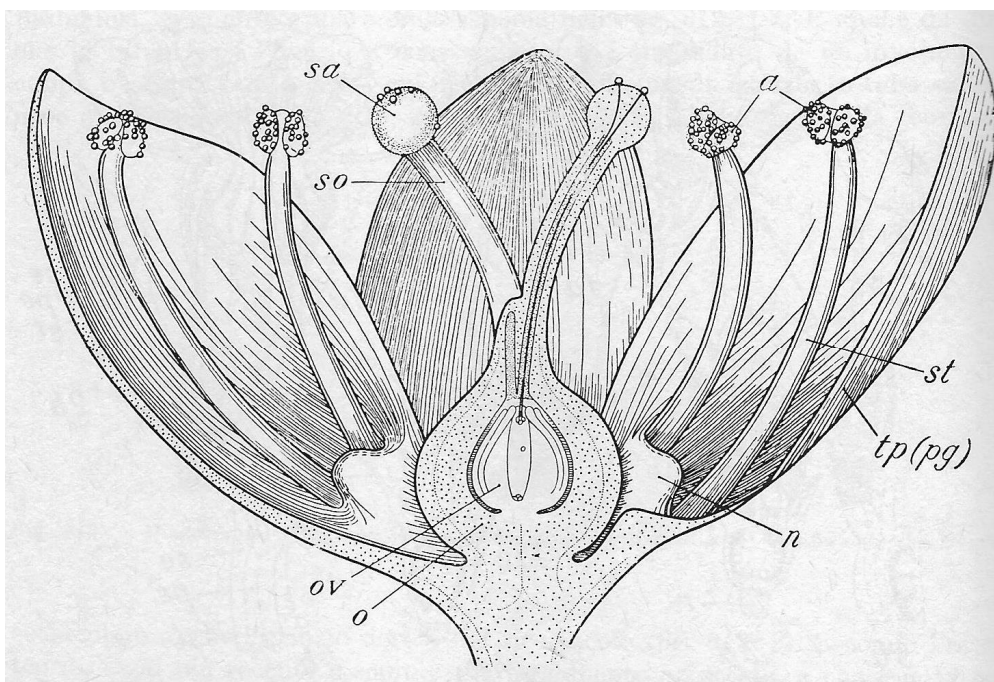


*Digitalis purpurea*

## MORFOLOGIA DEL FIORE DELLE ANGIOSPERME



- 1 - Fiore maturo 2 - Stigma 3 - Stilo 4 - Filamento 5 - Asse fiorale 6 - Articolazione 7 - Peduncolo 8 - Nettario 9 - Stame  
10 - Ovario 11 - Ovuli 12 - Connettivo 13 - Microsporangio 14 - Antera 15 - Perianzio 16 - Corolla 17 - Calice.



*Tp*: tepali costituenti un perigonio (*pg*)

*n*: nettari

*st*: stami

*a*: antere

*o*: ovario

*so*: stilo

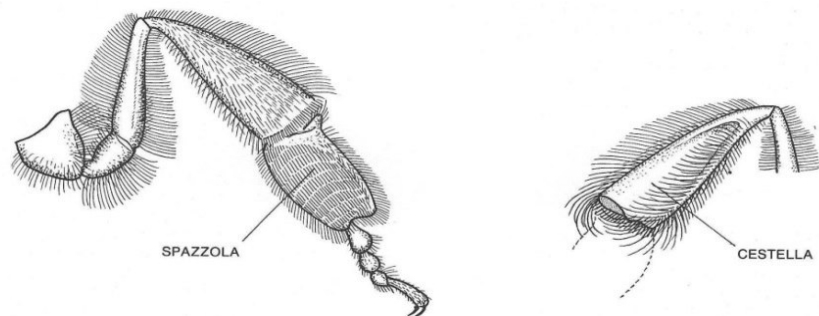
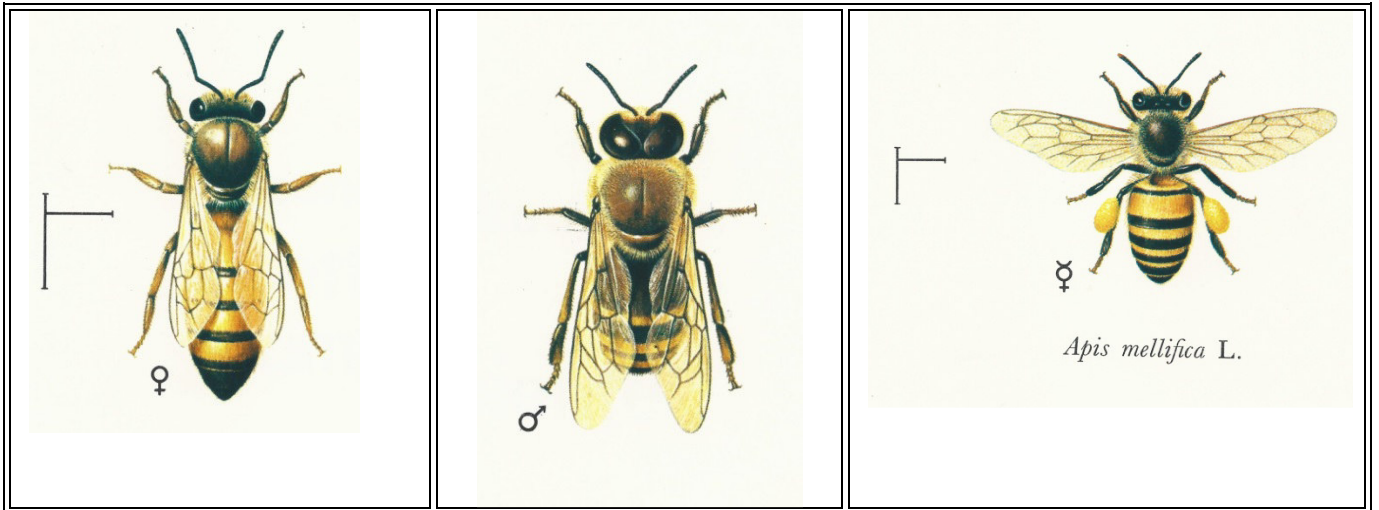
*sa*: stigma

*ov*: ovulo

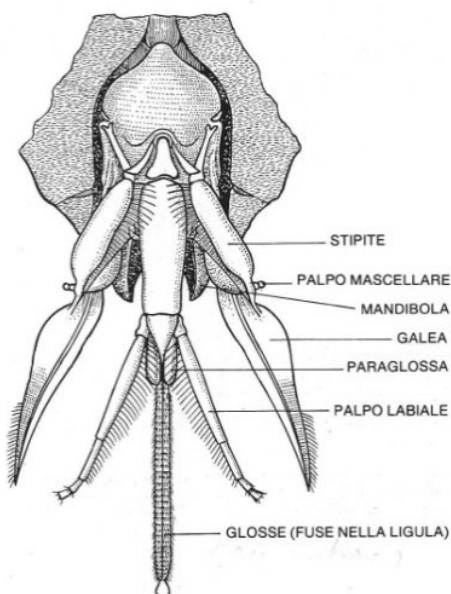
sullo stigma di destra, che è sezionato, si vede come due granuli di polline abbiano germinato.

Struttura schematica di un fiore di *Polygonum avicula*

## MORFOLOGIA DELL'APE DOMESTICA (*Apis mellifica* L.)



Zampa posteriore di operaia di ape domestica, con le modificazioni per spazzolare e trasportare il polline



Apparato boccale lambente – succhiante di ape operaia, visto ventralmente



## BREVE STORIA DEGLI STUDI SUL POLLINE

La parola polline deriva dal termine latino “pollen-inis” che significa “fior di farina” e per estensione “polvere finissima”. Questo termine, che descrive in maniera appropriata l’aspetto del polline, fu utilizzato per la prima volta dal medico tedesco Valerius Cordus (1515-1544) che aveva osservato nelle antere del giglio un *rubiginosus pulvisculus*, “polvere” che ritrovò poi in altri fiori. In realtà il suo ruolo fecondante non era ignoto nell’antichità.

Ne sono una testimonianza i bassorilievi nel palazzo di Assurbanipal (IX secolo a.C.) in cui dei personaggi mitologici, agitando delle infiorescenze maschili, praticavano la fecondazione artificiale dei datteri. Tuttavia Aristotele respinse l’idea del sesso nelle piante, perché esse erano immobili.

Successivamente, un suo allievo il filosofo Teofrasto, affermò l’esistenza dei sessi nelle piante e ipotizzò che le piante potessero essere fecondate da insetti. In seguito, a metà del XVII secolo, con la possibilità di utilizzare il microscopio ottico, lo studioso inglese Grew e l’italiano Malpighi realizzarono i primi disegni e le prime descrizioni dei granuli pollinici.

Fu poi il botanico tedesco Joseph Gottlieb Koelreuter, nel 1766, il primo a descrivere l’impollinazione anemofila ed entomofila delle piante ed a produrre degli ibridi artificiali; inoltre definì la struttura del granulo pollinico con un nucleo centrale ricoperto da due rivestimenti. Infine fu Carolus Linnaeus (Carl Von Linné, 1707-1778), medico e botanico svedese a dettare criteri di classificazione delle piante stabilendo la nomenclatura binomiale, anche se l’idea originale era già presente negli scritti di Teofrasto.

Nel secolo XIX vennero chiariti e pubblicati i meccanismi della fecondazione crociata, della germinazione dei pollini e la prima classificazione dei pollini su criteri morfologici e chimici delle pareti dei granuli pollinici.

Gli studi acquisirono maggior consistenza in Scandinavia alla fine del 1800, quando vennero presi in considerazione i cambiamenti della vegetazione e del clima del Quaternario, dando inizio alla vera e propria “analisi pollinica” che assunse una nuova connotazione con l’utilizzo dei calcoli percentuali grazie all’elaborazione di Langerheim e Weber.

Solo nei primi anni ’40 del secolo scorso, da parte degli inglesi Hyde e Williams, venne coniato il termine “palinologia” dal verbo greco παλυνειν (palynein) che, come suddetto, significa “infarinare” e da qui estende il suo significato a “spargere/cospargere/diffondere”, prendendo come riferimento la particolarità del polline di venir diffuso e “sparso come la farina” nell’ambiente. Inizialmente l’analisi pollinica aveva posto la sua attenzione sui depositi torbo/lacustri, mentre non vi era interesse nei confronti dei suoli, in quanto era opinione comune che nei profili aerati i granuli pollinici e le spore venissero distrutti dall’attività microbiologica e che comunque subissero un rimescolamento cospicuo.

A partire dagli anni ’50 si iniziò ad applicare la palinologia anche a suoli/paleo suoli; proprio per creare una differenziazione e per dare importanza all’indagine dei suoli, Turner nel 1984, propose il termine pedopalinologia.



## MORFOLOGIA DEL GRANULO POLLINICO

La morfologia microscopica e ultrastrutturale del polline ha assunto in questi ultimi anni un'importanza sempre maggiore. I caratteri di maggiore significato tassonomico-filogenetico sono i seguenti: **dimensioni**, **forma complessiva**, **simmetria**, **polarità**, **unità polliniche**, **tipo di apertura**, **ultrastruttura della parete**.

**Dimensioni:** le dimensioni medie si aggirano sui 25 – 50 micron, pur conoscendosi anche pollini di appena 2 – 5 micron (*Boraginaceae*) e di 200 micron (*Cucurbitaceae*).

| Diametro maggiore $\mu\text{m}$ | Classi di dimensione |
|---------------------------------|----------------------|
| < 10                            | molto piccolo        |
| 10 -20                          | piccolo              |
| 20 -30                          | medio - piccolo      |
| 30 - 40                         | medio                |
| 40 - 50                         | medio - grande       |
| 50 - 100                        | grande               |
| > 100                           | molto grande         |

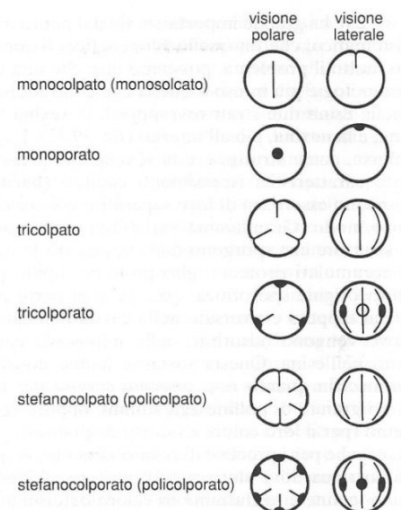
**Forma:** dipende molto dal tipo di apertura e dalla polarità. Le forme più comuni sono quella globosa e quella ellissoidale, denominata “naviforme” (boat – shaped) dagli autori americani.

**Simmetria:** è strettamente dipendente dalla forma e dal tipo di aperture. In generale si possono distinguere due tipi differenti di granuli, quelli **radiosimmetrici** e quelli **bisimmetrici**. Nei primi si possono riconoscere tre o più piani di simmetria, mentre in quelli bisimmetrici esiste un unico piano di simmetria, oppure sono individuabili due piani tra loro perpendicolari.

**Polarità:** essa deriva dal fatto che il polline nelle antere viene inizialmente formato da gruppi di quattro cellule (tetradi), in modo che si possano individuare due poli, uno al centro della parte attaccata agli altri granuli della tetrade e l'altro al vertice opposto. Una volta liberati dalla tetrade, i granuli possono risultare “apolari”, cioè privi di ben individuabili poli, oppure “eteropolari” come il caso dei granuli ellissoidali, nel qual caso l'asse equatoriale è molto più lungo di quello verticale.

**Unità pollinica:** nella maggior parte delle Angiosperme, già nelle antere, le tetradi polliniche dissolvono la parete di callosio che le tiene unite, così da rendere indipendenti i singoli granuli. Tuttavia è abbastanza frequente il fatto che i quattro granuli di ogni tetrade rimangano uniti a formare tetradi polliniche (da non confondere con quelle che si formano alla fine della meiosi). In un certo numero di famiglie i granuli di polline di ogni loggia o di ogni antera rimangono uniti fra loro a costituire delle **massule**.

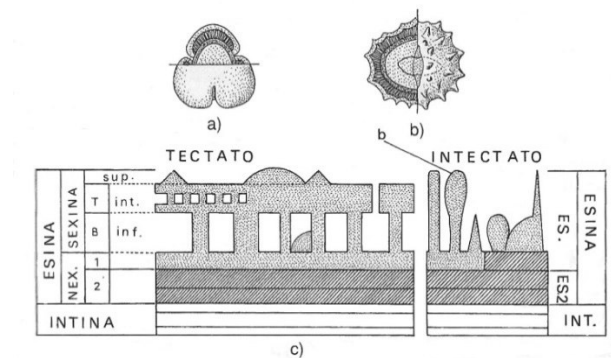
**Tipo di aperture:** di solito le aperture corrispondono a porzioni di granulo pollinico nelle quali la parete più esterna (**esina**) rimane sottile e costituisce una zona di più facile emissione del tubetto pollinico, al momento della germinazione del polline. Esiste una grandissima variabilità per quanto riguarda il numero di aperture, la loro forma, la loro posizione e la loro struttura. Per il numero di aperture si distinguono pollini inaperturati e bi-tri-poliaperturati. La forma delle aperture può essere allungata, simile a pieghe o solchi (pollini colpati), tondeggianti (pollini porati), o simile a bande equatoriali (pollini zonati). Combinando assieme forme e numero di aperture si parla di pollini **monocolpati**, **tricolpati**, ecc. e anche **colporati** (forma tondeggianti – solco).



Rappresentazione schematica e denominazione dei vari tipi di polline in base alle caratteristiche delle loro aperture. ( Da Faegri e Munksgaard ).

**Ultrastruttura della parete:** per quanto riguarda la parete del granulo pollinico maturo (lo **sporoderma**), la microscopia elettronica ha consentito di porre in evidenza numerose particolarità non rilevabili col microscopio ottico. Osservato in sezione lo **sporoderma** risulta costituito da due strati principali: uno esterno, l'**esina**, alla cui composizione chimica partecipa una sostanza estremamente resistente, la **sporopollenina**, e uno interno, l'**intina**, costituito prevalentemente da polisaccaridi, da emicellulose, da pectine e da cellulosa; quest'ultima è di grandissima importanza per la formazione del tubetto pollinico. Complicate sono le strutture dell'esina. Essa è formata da uno strato esterno **sexinium** e uno interno **nexinium**, anch'essi ulteriormente suddivisi ciascuno in due strati. La parte esterna del sexinium, **ectosexinium**, è rappresentata per lo più dal **tectum** che può essere compatto (pollini tectati) o interrotto (pollini semitectati); se il tectum manca i pollini sono intectati. Lo strato successivo **endosexinium**, è costituito da una serie di colonnine dette **baculi** che possono essere tra loro separati o concresciuti. Questi poggiano sul primo strato del nexinium; il secondo strato separa le parti ora descritte dall'intina.

Schema della struttura di un granulo pollinico tricolporato (**a** *Centaurea montana*, **b** *Amberboa muricata*) e **c**) della parete di un granulo pollinico tectato e intectato. (Da Teppner e coll. Secondo Weberling e Schwantes).



**La superficie esterna dello sporoderma** è caratterizzata dalla presenza di una serie di sculture, tipiche di ciascun polline.

**Psilata:** a superficie liscia

**Scabrata:** lievemente punteggiata

**Foveolata:** con areole depresse isolate

**Gemmata:** con processi più larghi che lunghi, ristretti alla base.

**Verrucata:** simile alla precedente, ma privi di strozzature alla base

**Clavata:** con processi più lunghi che larghi restringentisi verso la base

**Echinata:** con processi appuntiti

**Striata:** con creste ad andamento parallelo

**Rugata:** con creste a decorso irregolare

**Reticolata:** con creste intersecantisi a formare un reticolo.

Pollini di famiglie botaniche diverse sono generalmente diversi fra loro e in misura minore tale diversità è riscontrabile anche nell'ambito della stessa famiglia, fra un genere e l'altro.

Rilevante è il fatto che la Palinologia ha assunto recentemente un'importanza notevolissima, sia nelle ricerche di paleobotanica e di paleoecologia, sia in quelle riguardanti la tassonomia e la filogenesi delle Spermatofite, sia nel campo dell'allergologia.

## COMPOSIZIONE DEL POLLINE

Il polline è un prodotto vegetale che le api raccolgono dai fiori addizionandolo con minime quantità di saliva e nettare tali da non modificarne la composizione chimica. Esso rappresenta l'unica fonte di proteine e la principale risorsa di sali minerali e vitamine dell'alveare. Ogni pianta produce polline con proprietà e composizione chimica diverse in funzione dell'origine botanica.

La composizione media è così definita:

**Acqua** tra il 10 e il 25%; **Protidi** tra il 10 e il 35%; **Glucidi** tra il 15 e il 45%; **Lipidi** tra l'1 e il 10%



Per quanto riguarda la componente **protidica**, si conoscono i vari aminoacidi che la compongono, sia liberi che combinati:

|                  |            |              |
|------------------|------------|--------------|
| acido glutammico | isoleucina | fenilalanina |
| arginina         | leucina    | treonina     |
| cistina          | lisina     | triptofano   |
| istidina         | metionina  | valina       |

### Sostanze **minerali** e **oligoelementi**:

|          |          |           |         |
|----------|----------|-----------|---------|
| potassio | magnesio | calcio    | fosforo |
| silicio  | zolfo    | manganese | rame    |
| ferro    | cloro    |           |         |

Di particolare importanza è la componente **vitaminica**:

**provitamina A o carotene** che nell'organismo si trasforma in vitamina A, **vitamine del gruppo B**, **vitamina C**, **vitamina D**, **vitamina E4** o tocoferolo.

**Enzimi**: fosfatasi, amilasi, invertasi.

Ricordiamo inoltre la **Rutina** che aumenta la resistenza capillare, sostanze antibiotiche attive su colibacilli e su alcuni *Proteus* e *Salmonelle*, flavonoidi, carotenoidi e antociani responsabili della differente colorazione del polline.



## L'APE MELLIFERA

Le api (*Apis mellifera*) esistono sulla terra da 40 milioni di anni con lo stesso aspetto, come mostrano i reperti fossili. Le api erano quindi già operose milioni d'anni prima che l'uomo facesse la sua comparsa sulla Terra; alcuni esemplari sono stati rinvenuti intrappolati all'interno di gocce di resina fossile. Questa longevità e stabilità della specie sono il risultato della sua eccezionale



capacità di adattamento. Il comportamento dell'ape dipende, secondo i casi, sia da fattori innati che dalla sua adattabilità alle condizioni ambientali. La regina depone l'uovo fecondato in una cella; tre giorni dopo essere stato deposto l'uovo si schiude. La larva viene dapprima nutrita con la pappa reale, liquido secreto dalle *ghiandole faringee* delle operaie, poi con un misto di polline e di miele. Dieci giorni dopo essere stata deposta, la larva ha completato la crescita, e le operaie provvedono ad *opercolare* la cella (cioè a chiuderla con della cera). La larva intanto si chiude in un bozzolo e, dodici giorni dopo, dalla celletta esce una giovane ape che ha già le dimensioni e l'aspetto definitivi: dalla deposizione sono passate 3 settimane.

### L'operaia d'estate

- I primi dieci giorni, **nutrice**:

per tutto il tempo di sviluppo delle proprie ghiandole, la nuova ape si occupa di preparare le celle per le prossime uova. Dopo, potrà nutrire le giovani larve con la pappa reale che lei stessa secernerà. Alla fine di questo periodo farà i suoi primi voli intorno all'alveare;

- dai 10 ai 20 giorni successivi, **costruttrice**:

le ghiandole faringee si sono atrofizzate, mentre si sono sviluppate le *ghiandole sericipare* (quelle che producono e secernono la cera), e ora l'ape partecipa all'ampliamento dei favi, alla trasformazione in miele del nettare portato dalle bottinatrici, alla pulizia e alla regolazione termica dell'alveare (ottenuta agitando le ali "da ferma"), alla sua protezione contro i predatori e i ladri (api "straniere", cioè provenienti da altri alveari);

- dopo, fino alla quinta o sesta settimana di vita, **bottinatrice**:

in giro per la campagna nel raggio di 2 km per approvvigionare l'alveare di nettare, melata, polline, propoli e acqua.

L'ape completa in questo modo il ciclo della propria vita: generalmente, un'operaia muore di sfinitimento durante un ultimo giro di bottinaggio.

### **L'operaia d'inverno**

Alla fine dell'estate o all'inizio dell'autunno nascono delle operaie che vivranno da 5 a 6 mesi, dal corpo più ricco di acidi grassi. Il loro lavoro sarà proteggere la regina, mantenere lo sciame che passerà l'inverno ad una temperatura di circa 30 °C, e poi, dal mese di febbraio, preparare l'arrivo delle nuove generazioni.

### **I fuchi**

Dalla primavera all'inizio dell'estate nascono le api maschio, dette *fuchi*. Provengono da uova non fecondate, sono quindi aploidi, in quanto le loro cellule contengono un solo cromosoma per ogni tipo (e non una coppia). Più grossi delle operaie, sono però sprovvisti di pungiglione. I fuchi non partecipano al lavoro dell'alveare. Non possono nutrirsi da soli per via della lingua troppo corta e dipendono quindi per il sostentamento dalle operaie. Il loro ruolo è strettamente limitato alla fecondazione delle giovani regine durante il volo nuziale. Quelli che riescono ad accoppiarsi muoiono poco tempo dopo. Quanto agli altri, le operaie smettono di nutrirli alla fine dell'estate ed essi, sempre più deboli man mano che l'autunno s'avvicina, finiscono per essere spietatamente scacciati dall'alveare e periscono di sfinitimento o di freddo.

### **L'ape regina**

La regina proviene da un uovo fecondato identico a quello da cui nasce l'operaia, ma deposto in una celletta speciale posta a fianco dei favi. Durante il suo sviluppo la larva sarà nutrita esclusivamente di pappa reale, e sarà proprio questa dieta che le permetterà di diventare la regina. Nasce 16 giorni dopo la deposizione dell'uovo, cioè 5 giorni prima dell'operaia. È raro riuscire a vedere una regina all'esterno, mentre è relativamente facile riconoscerla dentro l'alveare: si distingue infatti dalle numerose operaie che la circondano, la proteggono e la nutrono per la maggiore lunghezza dell'addome. Le regine nascono esclusivamente in primavera, sia per sostituire una regina vecchia o malata, sia per sciamare (sciamatura che però non avviene se la colonia è prospera). Una settimana dopo la nascita, la giovane regina intraprende il suo volo nuziale. Raggiunge un punto dove si riuniscono i maschi del vicinato (assicurando così la diversità genetica) e si accoppia con diversi maschi, in volo, finché il ricettacolo seminale di cui è dotata non è pieno. I maschi che l'hanno fecondata, il cui apparato genitale viene divelto nell'accoppiamento, moriranno tutti poco dopo: il loro ruolo è terminato. La regina fa un unico volo nuziale: tutto lo sperma

ricevuto viene conservato nel suo ricettacolo, ed essa resta in questo modo fecondata per il resto della vita (che dura da quattro a cinque anni).

### **Predatori**

Naturalmente anche l'*Apis mellifera*, come tutti gli insetti, deve temere i predatori. Nel caso specifico gli uccelli insettivori sono i peggiori nemici dell'apiario, i Gruccioni (*Merops apiaster*) hanno come primaria fonte di alimentazione proprio api e vespe. Ciascun individuo riesce a cibarsi di circa 250 api al giorno, nei paesi anglofoni è chiamato Bee-eater (mangia api); si può facilmente dedurre che questo colorato e elegante volatile è temuto dagli apicoltori.

L'ape deve fare i conti anche con i nemici in agguato sui fiori, tra i quali i più attivi sono i ragni. In particolare, sono molto temuti dalle api, i mimetici e temibili Thomisidae (crab spider) appostati sui fiori.

### **Il ruolo dell'ape in natura**

Le api svolgono un ruolo di primo piano in agricoltura, perché costituiscono i veicoli naturali dei quali la natura si serve per l'impollinazione: la loro opera comprende quasi tutte le specie commestibili usate e coltivate dall'uomo per le proprie necessità alimentari e tessili. Inoltre le api sono considerate dei BIOINDICATORI attendibili per valutare il livello di inquinamento ambientale di un determinato territorio. Infatti in una zona malsana e inquinata le api non si fanno vedere o fuggono al momento in cui l'inquinamento compare; sono invece presenti numerose dove le condizioni ecologiche sono buone. Lo dimostra anche uno studio effettuato nel 2013 nel Sulcis-Iglesiente dall'entomologa e zoologa Ilaria Negri, dal biologo Marco Pellecchia della Società di consulenze ambientali Koinè di Parma e dal ricercatore Christien Mavris del Natural History Museum di Londra e altri.

La ricerca, durata due anni, è stata condotta in una zona mineraria dell'Iglesiente e in una zona industriale di Portovesme, settori ambientali inquinati dove si riscontra un'alta incidenza di patologie tumorali, respiratorie e cardiovascolari. Il ruolo di bioindicatore delle api è dovuto al fatto che dopo aver bottinato, ritornano alle arnie cariche di particelle solide (particolato) di piccole dimensioni (max 0.5 mm) contenenti Fe, Si, Al, sale marino cristallizzato, oltre metalli pesanti (Pb, Ba). Tali particelle si localizzano nelle ali, nel capo e nelle zampe. Quindi le api da miele sono in grado di raccogliere campioni delle principali particelle sospese nell'aria, emesse da fonti diverse e rappresentano uno strumento ideale per il monitoraggio di un certo tipo di inquinanti<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> I risultati del lavoro effettuato, dal titolo *Honey bees as active samplers of airborne particulate matter*, sono stati pubblicati sulla rivista scientifica Plos On.

## LA PAPPA REALE

### L'alimento della regina

La **pappa reale** è una secrezione prodotta dalle ghiandole ipofaringee e mascellari delle giovani api operaie e viene utilizzata come nutrimento per le larve fino a tre giorni di età e per l'ape regina per tutta la vita. Solo grazie a questa "superalimentazione" l'ape regina aumenta il suo peso di circa duemila volte in cinque giorni; vive circa 5 anni contro le 5 o 6 settimane delle comuni api operaie e depone fino a 2000 uova al giorno, per alcuni anni.



La **pappa reale** si presenta come una **sostanza gelatinosa, di colore bianco-giallognolo con riflessi perlacei, astringente in bocca e dal sapore acidulo, leggermente zuccherino. L'odore è di tipo fenolico.** Tende a ispessirsi con l'invecchiamento e il suo colore può modificarsi a contatto con l'aria.

I principali costituenti della pappa reale fresca sono **acqua** (57-70%), **proteine** (14-15%), **zuccheri** (12-13%), **lipidi** (3-4%) e **minerali** (2%). Delle sostanze proteiche, gran parte sono amminoacidi, di cui i nove considerati indispensabili all'organismo umano (isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, istidina e valina).

Gli zuccheri sono costituiti principalmente da glucosio e fruttosio e, in misura minore, da maltosio, trealosio, melibiosio, erlosio e ribosio. I lipidi sono fondamentalmente costituiti da acidi grassi, tra cui l'acido cheto-trans-decendioico e l'acido idrossi-trans-decendioico. Tra i minerali, sono presenti potassio, calcio, sodio, zinco, ferro, rame e manganese.

Tra le **vitamine**, abbondanti sono quelle del **gruppo B**, in particolare l'acido pantotenico (vitamina B5). E' presente anche l'**acetilcolina**, un neurotrasmettitore e vasodilatatore, oltre che fattore antibatterico e antibiotico. In letteratura si parla spesso di una frazione ancora sconosciuta della pappa reale, la cui composizione contiene un notevole numero di sostanze indispensabili alla vita dell'uomo, in una **prodigiosa sinergia** che sarebbe impossibile da realizzare in laboratorio.

**Grazie al suo contenuto in vitamine e minerali** la pappa reale vanta importanti proprietà ricostituenti. Per questo motivo viene consigliata per arricchire la dieta di bambini, atleti, debilitati e persone anziane, soprattutto se inappetenti.

## LA PROPOLI

La **pròpoli** o meno frequentemente **pròpolis**, è una sostanza resinosa che le api raccolgono dalle gemme e dalla corteccia delle piante. Si tratta quindi di una sostanza di origine prettamente vegetale, anche se le api, dopo la raccolta, la elaborano con l'aggiunta di cera, polline ed enzimi prodotti dal loro stesso organismo. Il colore può variare moltissimo nelle tonalità del giallo, del rosso, del marrone e del nero. L'odore è fortemente aromatico. Tra i generi vegetali più produttivi, alle nostre latitudini vengono annoverati *Populus* spp, *Salix* spp, *Betula* spp, *Alnus* spp, *Pinus* spp, *Abies* spp, *Prunus* spp.



### Composizione

E' impossibile definire una composizione esatta ed universalmente valida della propoli in quanto estremamente variabile a seconda della vegetazione d'origine, della stagione e di molti altri fattori. Nel corso di numerosi studi su propoli di varia origine sono stati identificati più di 150 diversi composti biochimici ed altri ne vengono scoperti ancora oggi. Per semplificare possiamo suddividere i principali componenti in cinque grandi gruppi: **resine** (45-55%), **cera** e **acidi grassi** (25-35%), **oli essenziali** e **sostanze volatili** (10%), **polline** (5%), **composti organici** e **minerali** (5%).

Tra i componenti di maggiore interesse possiamo citare:

Minerali: **Mg, Ca, I, K, Na, Cu, Zn, Mn** e **Fe**.

Vitamine: **B<sub>1</sub>** (**tiamina**), **B<sub>2</sub>** (**riboflavina**), **B<sub>6</sub>** (**piridossina**), **C** (**acido ascorbico**), **E** (**tocoferolo**), **P** (**flavonoidi**), contenuti in grande quantità, fino al 20% del peso.

Acidi, tra cui l'**acido caffeico feniletilestere** contenuto nelle resine.

Vari: **Steroli, Polisaccaridi, Lattoni, Cumarine, Alcoli, Aldeidi, Terpeni, Amminoacidi, Acidi grassi, Chetoni**.

### Proprietà mediche

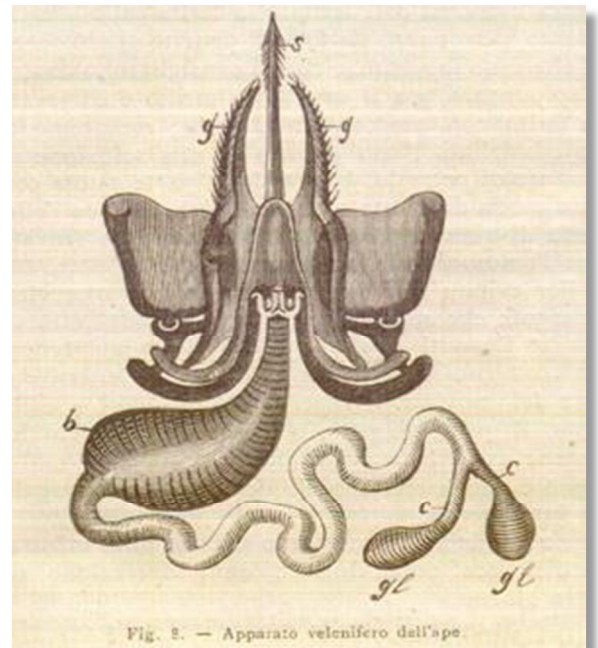
La propoli ha proprietà: antibiotiche (batteriostatiche e battericide), antinfiammatorie, antimicotiche, antiossidanti ed antirrancidenti, antivirali, anestetiche, riepitelizzanti e cicatrizzanti, antisettiche, immunostimolanti, vasoprotettive.



## IL VELENO D'APE

Il **veleno d'ape**, o **apitossina**, è prodotto da specifiche ghiandole delle api di sesso femminile, collegate a una sacca contenitrice e a un pungiglione: le api operaie ne sono dotate per difendere l'alveare, la regina invece, per uccidere le rivali.

È un liquido di sapore prima dolciastro e poi amaro, limpido e incolore, solubile in acqua ma non in alcol. La porzione attiva del veleno è costituita da una complessa miscela di proteine che provoca un'inflammatione locale ed agisce come anticoagulante. L'apitossina è acida (pH da 4,5 a 5,5). La densità è di 1,13 g/cm<sup>3</sup>; un'ape può iniettarne circa 0,1-0,2 mg. L'apitossina può essere neutralizzata dall'etanolo, ma non dalle alte o basse temperature.



### Componenti dell'apitossina

La **melittina** rappresenta il 52% dei peptidi del veleno. È un potente agente anti-infiammatorio, che induce l'organismo alla produzione di cortisolo e previene anche la distruzione delle cellule in caso di forte infiammazione.

L'**apamina** accresce la produzione di cortisolo nelle ghiandole surrenali e agisce anche come neurotossina.

L'**adolapina** rappresenta il 2-5% dei peptidi, agisce come anti-infiammatorio e analgesico in quanto blocca la cicloossigenasi.

La **fosfolipasi A2** rappresenta il 10-12% dei peptidi ed è l'elemento più distruttivo dell'apitossina: degrada i fosfolipidi di cui sono composte le membrane cellulari, provoca una riduzione della pressione sanguigna, inibisce la coagulazione del sangue, attiva anche l'acido arachidonico che viene metabolizzato dalla cicloossigenasi, formando prostaglandine che regolano la risposta infiammatoria.

La **ialuronidasi** rappresenta l'1-3% dei peptidi, provoca la dilatazione dei capillari e quindi l'ampliamento dell'infiammazione.

Le **istamine** rappresentano lo 0,5-2% e sono coinvolte nel meccanismo di risposta allergica.

Le **dopamine** e **noradrenaline** rappresentano l'1-2% e provocano l'aumento della frequenza cardiaca.

I **proteasi-inibitori** rappresentano il 2% e agiscono come anti-infiammatori e provocano l'arresto del flusso sanguigno.

## LA CERA D'API

La **cera d'api** è prodotta dalla secrezione delle ghiandole ceripare delle giovani api operaie quando la temperatura dell'alveare è compresa tra i 33 ed i 36°C.

Viene prodotta sotto forma di goccioline che, a contatto con l'aria, si solidificano formando piccole scagliette che rimangono “incollate” all'addome dell'ape.

Successivamente, l'insetto estrae le scagliette di cera dall'addome con le zampe, per modellarle con le mandibole insieme a polline e propoli. Il procedimento appena descritto viene ripetuto centinaia di volte per ogni scaglia: il risultato finale, derivato da tutte le 10.000-90.000 api operaie dell'alveare, sarà la costruzione perfetta del favo.



### Composizione

La cera è formata da una mistura di diversi composti, tra i quali: idrocarburi 14%, monoesteri 35%, diesteri 14%, triesteri 3%, idrossi monoesteri 4%, idrossi poliesteri 8%, esteri acidi 1%, poliesteri acidi 2%, acidi liberi 12%, alcoli liberi 1%, composti non identificati 6%.

I componenti principali della cera d'api sono: acido palmitico, palmitati, idrossipalmitati, esteri oleati formati da lunghe catene (30-32 atomi di carbonio) di alcoli alifatici, palmitato di miricile, acido cerotico, 1-5% di propoli, 1-2% di alcoli liberi, 1-2% di acqua, pigmenti.

La cera d'api è un prodotto appartenente alla categoria dei lipidi, perciò è insolubile in acqua, parzialmente solubile in alcol e completamente solubile in composti come cloroformio, benzina, etere.

Il punto di fusione corrisponde a 62-65°C.

### Utilizzi

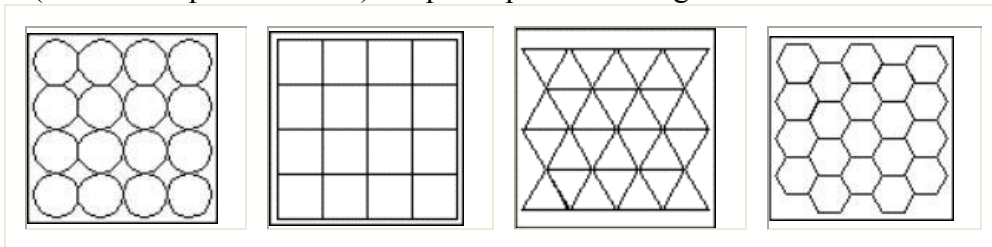
La cera d'api viene usata in commercio per fabbricare candele, cosmetici e prodotti farmaceutici, per lucidare materiali, come componente delle cere modellanti e in vari altri prodotti. Viene inoltre utilizzata come rivestimento dei formaggi per proteggerli durante la stagionatura. Come additivo alimentare la cera d'api è conosciuta come E 901 (agente lucidante).

## LA “BIOARCHITETTURA” DELLE API

*Darwin afferma, a proposito delle api, che si tratta “del più splendido degli istinti conosciuti”, poiché “il favo delle api è assolutamente perfetto nei riguardi dell’economia di lavoro e di cera”.*

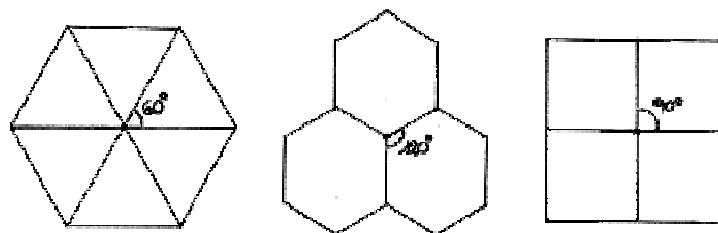
Le api in natura costruiscono i favi dove depositano, in celle, il raccolto e allevano le larve. La costruzione avviene con cera prodotta da ghiandole situate sotto l'addome e secreta sotto forma di un fluido che solidifica rapidamente. Un favo è composto da due facce con celle a sezione esagonale. Perché le api costruiscono celle a sezione esagonale? Perché l'esagono è la forma che garantisce la massima economia di lavoro e di cera. Vediamo di spiegarlo con degli esempi sostenuti da calcoli e associati ad immagini.

La costruzione di celle a sezione circolare, come si vede dalle immagini, comporta inevitabilmente spreco di cera e una minor superficie utile. La costruzione di un poligono regolare (equiangolo ed equilatero) presenta, invece, il vantaggio che ogni parete serve, ogni volta, per dividere due celle permettendo così un risparmio nella produzione di cera. In effetti i cerchi non consentono una tassellazione (cioè una copertura intera) del piano poiché rimangono dei “buchi”.



Volendo tassellare un piano con piastrelle a forma di **poligoni regolari** abbiamo tre possibilità: in ogni vertice potremo avere 6 **triangoli** o 3 **esagoni**. o 4 **quadrati**.

Infatti è possibile riempire pienamente un piano solo se la somma degli angoli relativi ai vertici che si incontrano è pari a un angolo giro. È quindi necessario che l'angolo interno del poligono regolare sia un divisore esatto intero di  $360^\circ$ .



Come si vede dalla figura, gli angoli dei poligoni sono di  $60^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $90^\circ$  rispettivamente.

Tra queste possibilità, (triangoli, quadrati, esagoni) qual è quella più economica?

In matematica è un problema di minimo e possiamo risolverlo in due modi:

- 1) **A parità di superficie  $S$ , calcolare quale poligono ha il perimetro minimo (la quantità di cera occorrente è minore per tale poligono)**
- 2) **A parità di perimetro  $p$ , calcolare quale poligono racchiude l'area maggiore (la quantità di miele immagazzinata è maggiore per tale perimetro)**

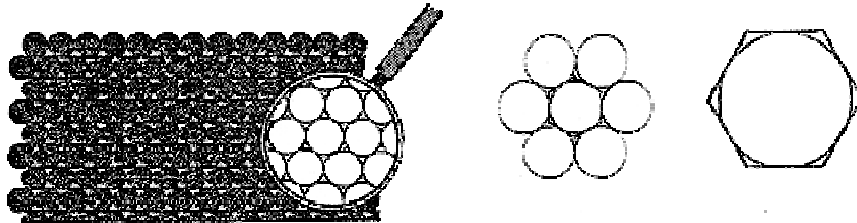
**In base ai calcoli matematici, riportati in appendice, risulta che:**

- 1) **A parità di superficie  $S$ , l'esagono è il poligono che racchiude il perimetro minimo rispetto al quadrato e al triangolo equilatero**

**2) A parità di perimetro  $p$ , l'esagono racchiude una superficie di area maggiore rispetto al quadrato e al triangolo equilatero**

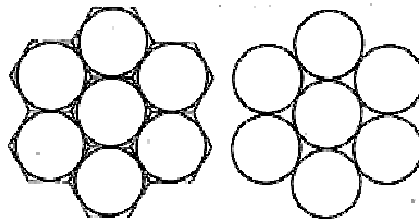
In conclusione, la costruzione di celle di forma esagonale determina il massimo rapporto area/perimetro per ogni cella rispetto ad altre possibili tassellazioni del piano.

E' interessante valutare cosa sarebbe accaduto se le api avessero costruito celle circolari anziché esagonali.



Senza riportare i calcoli risulta che in un piano costituito da celle circolari la percentuale ricoperta dai cerchi è circa il 91% con uno spreco di circa il 9%.

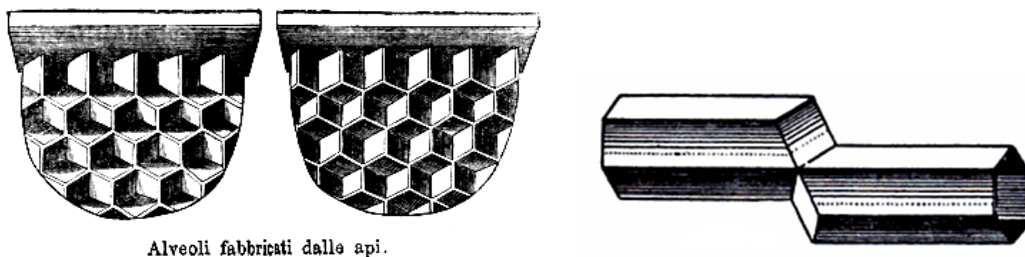
Se invece si tassella il piano con gli esagoni



si può dimostrare, anche solo con la figura, che i lati dei sei esagoni esterni formano "gratis" il perimetro dell'esagono interno; se 7 circonferenze sono in effetti 7 circonferenze, 7 perimetri esagonali sono in realtà ottenuti con 5 perimetri esagonali.

L'istinto delle api fa ancora di più. Noi abbiamo considerato fino ad ora le sezioni delle celle, abbiamo risolto cioè problemi di geometria piana.

Infatti la sezione delle celle è esagonale, ma la cella stessa è a forma di prisma cavo e il fondo non è un piano perpendicolare ai lati delle celle ma è costituito da tre losanghe (rombi) uguali formanti una superficie concava. E' cioè cuspidato (vedi figure.)



Alveoli fabbricati dalle api.

Nelle due facce del favo le celle non sono esattamente opposte, poiché all'asse dell'una corrisponde nella faccia opposta del favo lo spigolo comune a tre celle. Quindi, due opposti strati di favi si incastrano perfettamente l'uno nell'altro con ogni faccia dell'estremità chiusa condivisa da celle opposte.

Anche gli angoli delle losanghe non sono casuali e il calcolo della misura di questi angoli ha una sua storia.

Nel 1712 un astronomo dell'osservatorio di Parigi, Giacomo Maraldi, misurò con esattezza l'angolo delle losanghe (rombi) delle celle trovando una misura di **109°28'**. Nel 1739 il matematico Samuel Koenig, interrogato su quale sarebbe dovuto essere l'angolo delle losanghe per minimizzare la superficie delle celle, calcolò un angolo di **109°26'** molto vicino a quello realizzato dalle api. La cosa sorprendente è che nel 1743 lo scozzese Colin Mac Laurin provò che Koenig aveva commesso un errore ed i valori giusti erano esattamente quelli indicati da Maraldi, cioè quelli dei rombi realizzati dalle api.

Anche la costruzione del fondo cuspidato delle celle è una dimostrazione delle straordinarie capacità “architettiche” delle api. Questa particolare forma, permette di poter sfruttare al meglio lo spazio a disposizione, economizzando la capacità di “stoccaggio” dei prodotti raccolti e rielaborati.

Con il fondo cuspidato, a differenza di un fondo piatto, le api economizzano una cella su 55.

Per la verità, una soluzione fortemente competitiva con quella delle api in matematica la si era trovata: una cella col fondo costituito da due esagoni e da due quadrati, anziché da tre rombi. C'era però un problema: le pareti delle celle avrebbero avuto uno spessore non trascurabile, certamente non uniforme, e le aperture delle celle stesse non sarebbero state regolari; il tutto per risparmiare un misero 0,35% dell'area di un'apertura, e ancora meno se si pensa all'area superficiale totale.

Nell'attesa che altre stravaganze geometriche vengano partorite dalla mente dell'uomo le api continuano a fare il loro lavoro, costruendo i loro favi secondo un'ottimale organizzazione matematica dello spazio, ignorandone tuttavia le leggi matematiche! Sanno “fare matematica” in modo magistrale ma inconsapevole, per cui è ancora una volta la selezione naturale l'artefice di un'organizzazione animale così degna d'ammirazione da parte nostra.

## DAL NETTARE AL MIELE

Il miele per millenni è stato l'unico dolcificante noto e sfruttato dall'uomo. Esistono più di 16.000 specie di api, ma non più di una decina, oltre alla più diffusa *Apis mellifera*, è in grado di produrre il miele.

Le api raccolgono il nettare dai fiori di varie piante: un liquido contenente zuccheri, amminoacidi, minerali e altre sostanze. La composizione esatta del nettare, e quindi il tipo di zuccheri



contenuti, dipende da molti fattori: primariamente dal tipo di pianta scelta dall'ape per la sua raccolta, ma anche dalle condizioni ambientali. Gli zuccheri contenuti nel nettare variano dal 7% al 70%. Alcuni, come quello della menta, contengono quasi esclusivamente saccarosio, mentre quelli di altre piante, come il girasole, contengono quasi esclusivamente glucosio e fruttosio.

La composizione del nettare influisce moltissimo sull'aroma e sul sapore che avrà il miele prodotto dalle api. È per questo che mieli prodotti da api che visitano prevalentemente piante tutte dello stesso tipo, possono avere aromi, consistenze, sapori e caratteristiche estremamente diversi.

Il miele di corbezzolo, un classico da aggiungere alle frittelle sarde chiamate *sebadas o seadas*, è amarognolo mentre quello di fiori di arancio è molto aromatico.

Una singola ape operaia, succhiando il nettare dai fiori prescelti, ne raccoglie al massimo 25 mg, immagazzinandolo in una sorta di serbatoio alla fine dell'esofago. Lì cominciano ad agire alcuni enzimi che trasformano il saccarosio e gli oligosaccaridi presenti in glucosio e fruttosio. Ritornata all'alveare l'ape passa il nettare raccolto a un'altra ape operaia che ripetutamente lo rigurgita e lo risucchia per 15-20 minuti. Alla fine la goccia di nettare viene depositata nella celletta esagonale.

Gli enzimi continuano a lavorare, trasformando il saccarosio, e contemporaneamente gran parte dell'acqua evapora, anche grazie all'aria costantemente messa in circolo dalle api con le loro ali. La trasformazione è completa in uno/tre giorni. Quando la celletta è piena viene chiusa con della cera. Alla fine della trasformazione il miele è una soluzione molto densa e viscosa di zuccheri (fino all'82%) in acqua.

Altre sostanze sono presenti in piccole quantità, ma sono quelle che caratterizzano l'aroma e il sapore del miele. Le concentrazioni dei singoli zuccheri nel miele sono più basse delle solubilità individuali, ma poiché la concentrazione di zuccheri totali è superiore a quanto possa disciogliere la



poca acqua presente, con il tempo lo zucchero meno solubile, il glucosio, formerà dei cristalli venendo eliminato dalla soluzione.

Questo è un fenomeno ben noto agli appassionati di mieli. Il miele non è assolutamente “andato a male” come alcuni pensano. È sufficiente immergere il barattolo in acqua calda per un po’ per risciogliere il glucosio. I vari tipi di miele hanno colori diversi, dal giallino pallido al bruno; risulta che non sia stata ancora chiarita del tutto l’origine del colore del miele.

I ricercatori hanno proposto diverse ipotesi, ossia che sia dovuto ai carotenoidi, ai polifenoli oppure ai prodotti di una lenta caramellizzazione, ma ancora non è stata identificata con sicurezza la sostanza che colora in modo diverso i vari tipi di miele. Il miele ha un potere edulcorante superiore al saccarosio, zucchero che consumiamo normalmente, per la maggiore percentuale di fruttosio.

Per questo viene usato in pasticceria, a piccole dosi, come il miele di acacia poco aromatico, mentre i mieli molto aromatici è bene utilizzarli a crudo, per il loro magnifico aroma. Il miele è abbastanza acido, avendo un pH intorno a 4. L’acidità è dovuta all’acido gluconico, prodotto dall’ossidazione del glucosio. Sono presenti anche altri acidi che possono contribuire al sapore caratteristico del miele.

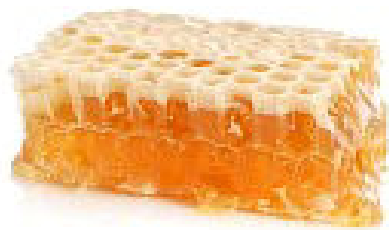
L’alta concentrazione di zuccheri rende il miele un ambiente ostile ai batteri, per cui viene usato come conservante; però può contenere muffe, lieviti, polline e occasionalmente spore come quelle causa del botulismo (*Clostridium botulinum*).

Per questo motivo le Autorità Giudiziarie sconsigliano di dare il miele ai bambini al di sotto di un anno, poiché i bambini non hanno a quell’età l’apparato digerente completamente formato e le spore possono, attraverso lo stomaco, raggiungere l’intestino. Qui a causa della immaturità della flora, le spore germinano, si moltiplicano e producono la tossina botulinica. In Italia dal 1984 al 2008, sono stati riportati 29 casi di botulismo infantile, ma solo in alcuni è stato possibile dimostrare il legame con il consumo del miele. Comunque è sempre consigliabile non somministrarlo o metterlo nel succhiotto.

## IL MIELE

*Il miele è come il sole del mattino,  
con tutta la grazia dell'estate  
e il fresco antico dell'autunno.  
È la foglia appassita ed è il frumento.  
Oh divino liquore dell'umiltà,  
sereno come un verso primitivo!*  
Federico Garcia Lorca





## MIELE: Cibo degli Dei e degli Eroi

### BREVE INTRODUZIONE STORICA E CARATTERI MERCEOLOGICI

Il miele veniva considerato dai **Greci** il cibo degli Dei e degli eroi per le sue preziose qualità, Ippocrate e Celso ne rilevarono anche le proprietà antisettiche e cicatrizziali.

Gli **Egiziani** lo consideravano talmente prezioso, tanto da dover accompagnare i defunti nell'aldilà, come dimostrano i campioni trovati, ancora commestibili, nei vasi tombali. Anche dai **Romani** era un alimento apprezzato, Virgilio ne esalta le proprietà nelle Georgiche ed Apicio in un testo di gastronomia *De re coquinaria*.

Il miele perse un poco la sua importanza dopo il 1492, per l'introduzione nell'alimentazione dello zucchero di canna e di barbabietola. L'utilizzo, successivamente, venne dedicato alla elaborazione dei dolci tradizionali e tale abitudine sussiste ancora.

### CARATTERI MERCEOLOGICI

Il miele è un prodotto alimentare che le api elaborano dal nettare dei fiori o dalle sostanze zuccherine di altre parti della pianta che poi si miscelano.

La trasformazione del nettare in miele inizia nella borsa melaria dell'ape bottinatrice (operaia adulta), mediante gli enzimi secreti dalle ghiandole salivari (labiali, ipofaringee).

La maturazione del miele si completa nelle cellette, dove l'evaporazione dell'acqua porta ad una umidità del 18%. Per accelerare l'evaporazione, le api mulinano, ripetutamente, le ali. Una volta raggiunta l'umidità adeguata, le cellette vengono chiuse con un opercolo di cera, ma solo dopo che viene iniettato, come disinfettante, l'acido formico prodotto da una ghiandola posta all'estremità dell'addome.

## COMPOSIZIONE DEL MIELE E COMPOSIZIONE GLUCIDICA PERCENTUALE MEDIA DEI VARI TIPI DI MIELE

### *COMPOSIZIONE DEL MIELE*

La composizione del miele dipende da vari fattori, poiché i costituenti hanno un' origine diversa.

Il processo di trasformazione del nettare in miele consiste, prevalentemente, nella trasformazione del saccarosio in glucosio; successivamente si aggiungono sostanze sia di origine vegetale (vitamine, sali minerali) sia di origine animale, provenienti dall'ape (enzimi, ormoni, acidi organici). La composizione media percentuale è la seguente:

|         |         |          |         |             |          |
|---------|---------|----------|---------|-------------|----------|
| ACQUA   | 18.0 g% | CALCIO   | 5.0 mg% | VITAMINA B2 | 0.04 mg% |
| GLUCIDI | 80.0    | FOSFORO  | 6.0     | VITAMINA C  | 1.00     |
| LIPIDI  | 0       | FERRO    | 0.5     | VITAMINA PP | 0.30     |
| PROTIDI | 0.6     | SODIO    | 11.0    |             |          |
| Kcal.   | 304     | POTASSIO | 51.0    |             |          |

### *COMPOSIZIONE GLUCIDICA PERCENTUALE MEDIA DI VARI TIPI DI MIELE*

|                | MEDIA * | ASFODELO ** | CORBEZZOLO ** | CARDO** |
|----------------|---------|-------------|---------------|---------|
|                | g. %    | g. %        | g. %          | g. %    |
| GLUCIDI TOTALI | 80.30   | 74.13       | 74.29         | 74.35   |
| FRUTTOSIO      | 38.41   | 37.70       | 37.40         | 39.50   |
| GLUCOSIO       | 33.35   | 30.73       | 30.75         | 32.00   |
| SACCAROSIO     | 1.50    | 1.56        | 2.81          | 2.32    |

\*Tabelle composizione alimenti

\*\*Mieli sardi

Come si può osservare i glucidi presenti nel miele sono fruttosio, glucosio, saccarosio oltre a raffinosio, maltosio e isomaltosio.

Le proteine sono rappresentate da enzimi (amilasi, catalasi, invertasi, glucosio ossidasi, fosfatasi) e da amminoacidi semplici, tra cui gli essenziali: lisina, valina, leucina, isoleucina.

Le vitamine sono contenute, in particolare, nel miele grezzo o riscaldato non oltre 60 °C. Le principali sono B1, B2, C, PP, presenti in differenti concentrazioni.

Gli acidi sono sia organici che inorganici. Gli organici principali sono: citrico, formico, succinico, ossalico; gli inorganici sono fosforico e cloridrico. Le sostanze aromatiche sono rappresentate da acetone, aldeide acetica e aldeide formica. Infine, non va trascurato che nel miele sono presenti ormoni, sostanze antibiotico simili (inibine) e pigmenti.

## CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE E CARATTERISTICHE IN BASE ALL'ORIGINE DEL MIELE

### *CARATTERISTICHE ORGANOLETTICHE*

**Consistenza-** Le caratteristiche del miele variano a seconda della modalità di estrazione. Il miele ottenuto dallo svuotamento del favo è denso ed opaco (**miele vergine**). Viene detto **miele torchiato**, quando i favi, estratti dagli alveari, vengono sottoposti a torchiatura manuale o meccanica. Il miele può essere separato anche per centrifugazione (**miele centrifugato**).

**Colore-** Il colore dipende dai fiori da cui deriva il nettare o dalla stagione del prelievo. Varia dal bianco trasparente al bruno scuro, dipendente anche dal contenuto in ferro.

**Fluidità-** Dipende dalla quantità e dalla qualità degli zuccheri. Il miele ricco di fruttosio resta liquido a lungo (acacia, trifoglio) mentre quello ricco di glucosio cristallizza rapidamente (tiglio). La cristallizzazione è legata al processo di invecchiamento. Per riportarlo allo stato fluido è sufficiente portarlo a 45-50 °C e non oltre, per evitare la distruzione degli enzimi.

**Acidità-** Il miele è abbastanza acido avendo un pH intorno a 4. L'acidità è dovuta alla presenza di acido gluconico, prodotto dalla ossidazione del glucosio.

### *CARATTERISTICHE DEL MIELE IN BASE ALL'ORIGINE*

|                 |                                          |                    |                                      |
|-----------------|------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|
| <b>ABETE</b>    | scuro, liquido, sapore gradevole         | <b>CORBEZZOLO</b>  | colore beige, amaro                  |
| <b>ACACIA</b>   | trasparente, liquido, aroma delicato     | <b>EUCALIPTO</b>   | chiaro, brillante, liquido           |
| <b>AGRUMI</b>   | chiaro, profumato                        | <b>ERBA MEDICA</b> | giallo ocra                          |
| <b>ASFODELO</b> | chiaro, limpido con il profumo del fiore | <b>FRAGOLA</b>     | chiaro, rosato                       |
| <b>CARDO</b>    | sapore forte tendente all'amaro          | <b>TIMO</b>        | colore ambra scuro, sapore spiccato. |
| <b>CASTAGNO</b> | colore noce scuro, liquido, amaro        |                    |                                      |

## VALORE NUTRITIVO DEL MIELE



E' un alimento ad elevato valore nutritivo, buon apporto calorico, presenza di oligoelementi e vitamine. Il valore energetico deriva dal contenuto in glucosio e fruttosio; quest'ultimo ha un minor valore calorico (3.75) rispetto al saccarosio (3.95), ma un maggior potere dolcificante (25 volte superiore) ed un minor effetto cariogeno. La digeribilità è

dovuta alla presenza di zuccheri semplici.

**Il fruttosio** ha un'azione di "protezione " dovuta a queste caratteristiche:

- assorbimento lento
- ingresso nelle cellule del tessuto muscolare ed adiposo insulino- non- dipendente
- velocità di metabolizzazione identica nel sano e nel malato
- non determina ipoglicemia negli sport di resistenza

**Tuttavia è bene ricordare che:**

- assunto in eccesso favorisce la lipidogenesi
- può determinare intolleranza
- l'assorbimento è dose dipendente

L'alta concentrazione di zuccheri rende il miele un ambiente ostile ai batteri e per questo motivo è usato come conservante. Può contenere però muffe, lieviti, polline e occasionalmente spore come quelle del botulino (*Clostridium botulinum*). Questo vieta di dare il miele ai bambini con meno di un anno, poiché non avendo ancora l'apparato digerente completamente formato, le spore possono germinare e produrre, in loco, la tossina botulinica neurotossica.

Il miele sardo, definito **l'oro dei boschi** si utilizza, prevalentemente, per la preparazione dei dolci: pardulas, caschettas, seadas, aranzada, torrone. In Sardegna è diffuso in modo particolare quello di Asfodelo, Cardo, Corbezzolo.



## EFFETTI BENEFICI DEL MIELE E INSERIMENTO NELLA DIETA



### *EFFETTI BENEFICI DEL MIELE*

Gli effetti benefici del miele sono ampiamente conosciuti, ma gli studi in proposito sono sempre attuali. Di recente la ricercatrice Heidrun B. Gross della University of California - Davis, afferma che non deve essere considerato un semplice dolcificante, ma un alimento da consumarsi abitualmente. Il miele, oltre al valore nutritivo, contiene composti fenolici, aventi attività antiossidante che neutralizza i radicali liberi, composti che danneggiano la cellula ed in particolare il DNA.

La conseguenza della presenza di radicali liberi è l'insorgenza di diverse patologie, tra cui quelle tumorali.

La Gross e la sua equipe, hanno condotto uno studio su 25 volontari sani, sottoposti per 29 giorni ad una dieta in cui erano compresi, quotidianamente, 4 cucchiaini da tavola di miele di grano saraceno di due tipi ed a diverso contenuto di antiossidanti.

I campioni di sangue prelevati all'inizio ed al termine dell'indagine, hanno messo in evidenza che il livello di antiossidanti era aumentato in entrambi i gruppi.

Una precedente ricerca aveva già messo in evidenza che una singola dose di miele poteva incrementare il livello degli antiossidanti. Pertanto, i ricercatori consigliano di aggiungere alla dieta, 2 cucchiaini di miele al giorno, in sostituzione degli altri dolcificanti (ricchi di zuccheri semplici e quindi rapidamente assorbibili). Questa quantità garantisce un apporto di antiossidanti sufficiente a potenziare il sistema immunitario.

La presenza di enzimi nel miele favorisce i processi digestivi; inoltre, il contenuto in vitamine, sebbene non elevato, ha un'azione protettiva sui capillari e sulle cellule nervose.

Il miele ha anche una funzione di difesa dovuta a sostanze antibiotico simili. Il miele di eucalipto ha proprietà medicamentose in presenza di tosse e bronchite, il miele di arancio ha effetto sedativo.

### *INSERIMENTO DEL MIELE NELLA DIETA*

Il miele può far parte dell'alimentazione dei soggetti di tutte le età:

- nell'infanzia, poiché il fruttosio è assorbito senza fermentare
- nell'accrescimento, per l'incremento dell'apporto di nutrienti fondamentali
- nella gravidanza-allattamento, per l'adeguato apporto in nutrienti
- nell'età senile, per l'apporto nutritivo e la digeribilità
- nello sportivo, per l'adeguato apporto in nutrienti ed energia

## METODI DI ALLESTIMENTO DEI GRANULI POLLINICI

Per poter procedere all'esame dei granuli pollinici è necessario allestire preparati microscopici con i pollini delle varie specie botaniche. Per ottenere il materiale di partenza è consigliabile cogliere fiori non ancora aperti, lasciando poi che l'antesi si completi in un ambiente chiuso, onde evitare inquinamenti da parte di altri pollini, soprattutto di piante anemofile presenti nell'aria; si prelevano le antere mature o, se le dimensioni del fiore sono troppo ridotte, il fiore intero.

I metodi di preparazione del campione da esaminare sono due:

- 1) Metodo acetolitico
- 2) Metodo prescritto dalla Commissione Internazionale di Botanica Apistica.

### Metodo 1

Si pone il campione (antere o fiori) in una provetta da centrifuga; si aggiungono 4,5 ml di anidride acetica e 0,5 ml di acido solforico concentrato; si fa bollire in bagno – maria per circa 2 min. e si centrifuga (5 min. a 2500 rpm); si decanta, si riempie la provetta con acqua distillata aggiungendo 2 – 3 gocce di acetone per eliminare la schiuma che si forma in superficie e si centrifuga nuovamente; si decanta, si scioglie il sedimento con 3 ml di soluzione contenente una parte di glicerina e una parte di acqua distillata e si versa su carta di filtro in dischetti; il polline si preleva quindi con un piccolo frammento di gelatina glicerinata (montato su un ago micromanipolatore) e si pone su un vetrino portaoggetti; si scalda leggermente alla fiamma fino a che la gelatina si liquefa, si copre con un vetrino coprioggetti e si luta. Con questo metodo il citoplasma e l'intina dei granuli vanno distrutti, mentre l'esina, resa più scura dal trattamento acetolitico, mostra nitidamente i particolari della sua struttura e scultura.

### Metodo 2

Il campione viene posto su un vetro di orologio e lavato con etere; si elimina l'etere, lo si sostituisce, si agita e lo si elimina nuovamente. Quando l'etere residuo è evaporato si pone il polline su un vetrino portaoggetti; si include in gelatina glicerinata sciolta a 40°C, si copre con un vetrino coprioggetti e si luta. Il passaggio in etere che ha lo scopo di eliminare i grassi può essere abolito: in tal caso i granuli conservano uno strato superficiale di oli che possono conferire loro tonalità di colore tipiche della specie di provenienza. Con questo metodo si conserva anche il citoplasma dei granuli, che a volte presenta caratteristiche utili per il riconoscimento ma appaiono con minore chiarezza i dettagli dello sporoderma.

Gli ingrandimenti da adottare nell'osservazione microscopica dei preparati sono diversi a seconda delle finalità. In genere si adotta un ingrandimento di 500x; per uno studio più specialistico 800x – 1000x. Per riconoscere l'origine botanica del miele è sufficiente 500x.

## MATERIALI UTILI

Centrifuga da almeno 2500 rpm, anidride acetica, acido solforico concentrato, glicerina, acetone, carta di filtro in dischi, gelatina glicerinata, vetrini porta – coprioggetti, vetrini a orologio, aghi micromanipolatori, pipette Pasteur, etere, microscopio

## NOTE DI MELISSOPALINOLOGIA

La melissopalinologia è la branca della palinologia che studia l'origine botanica e geografica dei mieli, sulla base dell'analisi microscopica del loro sedimento e quindi del riconoscimento del polline e degli altri elementi figurati che tale sedimento contiene.

Attraverso la melissopalinologia si può risalire anche all'origine geografica di un miele, in quanto lo spettro pollinico di un miele rispecchia la situazione floristica del luogo in cui è stato prodotto e zone geografiche diverse presentano associazioni floristiche particolari, con differenze tanto più spiccate quanto maggiore è il divario climatico.

L'analisi melissopalinologica qualitativa consiste nel riconoscimento dei diversi elementi figurati contenuti nel sedimento e nella valutazione delle rispettive percentuali di presenza. Nella maggior parte dei casi è sufficiente per determinare l'origine botanica e geografica del miele.

## METODO PER L'ANALISI QUALITATIVA DEL MIELE

Si sciolgono 10 g di miele in 20 ml di acqua a 40°C, si centrifuga per 5' a 2500 rpm e si decanta; si riprende il sedimento in 10 ml di acqua distillata, si centrifuga nuovamente e si decanta; si raccoglie quindi il sedimento con una pipetta Pasteur e lo si pone su un vetrino portaoggetti lasciandolo asciugare a 40°C; si include in gelatina glicerinata, si copre con un vetrino portaoggetti e si luta. Si procede quindi all'esame microscopico del preparato.

## LA PALINOLOGIA E LE SUE APPLICAZIONI

Buosi C., Scanu G.G., Pittau P.

La Palinologia è la scienza che studia i palinomorfi attuali e fossili. Con il termine di palinomorfi s'intendono principalmente i granuli pollinici, le spore di muschi, felci e funghi, le cisti algali ed altri propaguli, la maggior parte dei quali legati alla moltiplicazione vegetativa (dinoflagellati, acritarchi, achitinozoi, scolecodonti) e i palinomorfi non-pollini/non-spore come i frammenti di cuticole animali, di tegumenti o tessuti vegetali, i POM (particulate organic matter, sostanza organica pedogenica) e i cherogeni che possono essere rinvenuti nelle rocce sedimentarie e nei sedimenti. Pollini e spore sono piccoli granuli legati alla riproduzione sessuale delle piante: i primi sono prodotti nelle sacche polliniche da tutte le piante a seme (Spermatofite), mentre le seconde sono prodotte da felci, licopodi, equiseti e briofite. Il granulo di polline è provvisto di un rivestimento che nella parte più esterna (esina) è costituito da un complesso di sostanze (biopolimero) chiamate sporopollenine, che sono fra le sostanze più resistenti nel mondo organico. Grazie alla resistenza dell'esina, i pollini fossili si mantengono riconoscibili e sopravvivono, in substrati diversi, anche per milioni di anni. L'ossigeno è l'unico elemento che provoca l'immediata distruzione e corrosione delle sporopollenine. I granuli pollinici diventano quindi uno strumento d'indagine e di misurazione estremamente comodo, in quanto sono emessi dalle piante stagionalmente e rimangono intrappolati nei sedimenti.

La Palinologia è una scienza interdisciplinare che viene utilizzata per una vasta gamma di applicazioni, relative a molte discipline scientifiche:

- **MORFOPALINOLOGIA** sta alla base di tutti i settori della Palinologia in quanto fornisce la possibilità di identificare i tipi pollinici. Essa sistematicamente osserva e descrive le misure riferite ai diversi parametri morfologici (raggruppamento, polarità, simmetria, aperture, sporoderma, esina, dimensioni, perimetro, forma, aperture) peculiari per ogni taxon.
- **ARCHEOLOGIA** esamina gli usi umani delle piante in passato e fornisce informazioni relative all'ambiente in cui gli esseri umani si sono evoluti. Lo studio dei pollini in strati archeologici consente di seguire l'evolversi delle interazioni fra uomo e ambiente vegetale e delle modifiche del paesaggio connesse alle attività antropiche (disboscamenti, pratiche colturali, introduzione di specie esotiche, ecc.). Questo può aiutare a determinare la stagionalità di occupazione di un sito, la presenza o l'assenza di pratiche agricole o prodotti,

- l'uso di sostanze vegetali nella pratica medica primitiva; apre una finestra conoscitiva sulle abitudini alimentari dei popoli in tempi storici attraverso l'analisi di olii, vini e bevande.
- Inoltre, permette di ricostruire le pratiche di sepoltura e di determinare i livelli di occupazione e abbandono di un sito.
- **PALEOECOLOGIA E LE RICOSTRUZIONI CLIMATICHE.** La Palinologia può essere utilizzata per ricostruire la vegetazione del passato e consente di effettuare precise ricostruzioni di climatologia dei tempi storici e geologici, partendo dalla profonda conoscenza delle associazioni vegetazionali attuali e dei loro parametri ecologici. Le informazioni sulle fasi glaciali e interglaciali dell'Olocene sono conservate principalmente nei sedimenti varvati dei laghi alpini, nei suoli delle foreste, nei depositi di limo nero di stagni e lagune dove il materiale pollinico è preservato dalla ossidazione e conserva intatte le caratteristiche vegetazionali dell'epoca.
- **ALLERGOLOGIA.** I granuli pollinici delle piante costituiscono una fonte allergenica tra le più importanti. Circa il 10% della popolazione mondiale presenta patologie allergiche da pollini!  
Questo dato permette di sottolineare l'estrema importanza dell'allergologia nell'ambito della ricerca medica. Una delle principali patologie allergiche è la pollinosi; lo strumento della palinologia è quindi fondamentale ausilio alla ricerca medica sia nello studio dei meccanismi che nella compilazione dei calendari pollinici. È essenziale conoscere l'andamento nel tempo della concentrazione dei pollini allergenici per poter contenere efficacemente la malattia, limitare l'esposizione e impostare le terapie.
- **BIOSTRATIGRAFIA.**  
La Biostratigrafia è la scienza che ordina gli eventi paleobiologici (i fossili) secondo la scala del tempo. Lo studio dei pollini permette di correlare formazioni rocciose di aree geografiche molto distanti fra loro. In geologia gli studi palinologici uniti alla conoscenza delle tappe evolutive dei vegetali, dei pollini e delle spore permettono di determinare l'età relativa di strati, formazione, depositi o sequenze stratigrafiche.
- **PALINOLOGIA FORENSE.** È lo studio dei pollini in reperti collegati a crimini di vario tipo (ad esempio, ricerca del polline sulle vesti di un sequestrato per cercare di rintracciare il luogo di prigionia); è collegata con la Medicina Legale e con varie materie forensi. Oggi, in

molti paesi di cultura anglo-sassone l'uso della palinologia forense ha assunto grande importanza nello svolgimento dei processi penali. Nella maggior parte dei casi i dati palinologici sono un fattore determinante sia per la soluzione del caso, sia nell'identificazione dei legami di un sospetto con la scena del crimine.

- **EVOLUZIONE BOTANICA.** Come le piante, anche il polline e la spora che sono parti piccole, ma molto importanti, hanno accompagnato l'evoluzione dei vegetali fin dalla loro prima comparsa (1,8 miliardi di anni fa). Il cammino evolutivo che, partito dalle Tallofite unicellulari, è passato attraverso gruppi estinti appartenenti ad ogni divisione botanica (Psilofite, Sphenofite, Cordaitales, Pteridospermatofite, Bennettitali, ecc.), li ha modificati nella morfologia esterna e nella struttura dell'esina. La ricostruzione evolutiva è possibile con lo studio morfologico e ultrastrutturale.



## MORFOLOGIE POLLINICHE DELLE ANGIOSPERME

Scanu G.G., Buosi C., Pittau P.

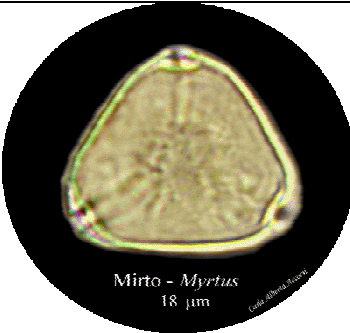
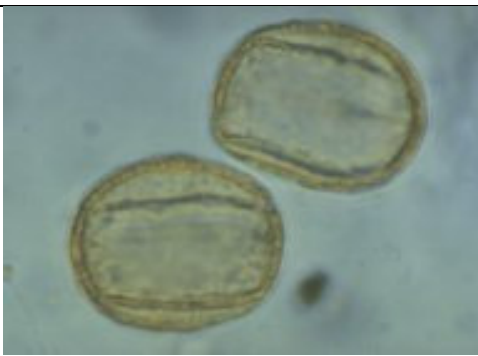
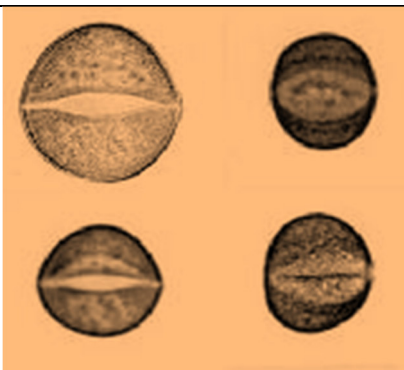
Come si sa, il granulo pollinico è la microspora delle Gimnosperme e delle Angiosperme la cui funzione è la fecondazione. Con la comparsa delle piante a fiore, fatta risalire da certi recenti studi al Triassico medio, si differenziano una serie di morfologie polliniche esclusive proprio delle Angiosperme. I granuli pollinici delle piante più evolute hanno dimensioni che variano dai 10 ai 100/200 micron. La superficie di questi granuli è interrotta da aperture dette germinative dalle quali fuoriuscirà il tubetto pollinico, utile alla fecondazione. Queste aperture sono costituite da pori o da fenditure (trasversali o longitudinali) chiamate colpi se hanno un andamento meridiano oppure obliquo, o solchi se si trovano nella parte distale del granulo. Grazie alle dimensioni, alla forma e alle varie sculturazioni della parete esterna (esina) si può compiere un'identificazione delle varie specie polliniche, con un'accuratezza che ci permette di arrivare a distinguere, nella maggior parte dei casi, le varie specie in un singola famiglia. Nei granuli pollinici di alcune famiglie angiospermiche si dipartono delle estroflessioni bastoncellari, chiamate columelle, che fanno parte dello strato più esterno dell'esina. Queste strutture sorreggono un ulteriore strato che prende il nome di tectum che può essere perforato, continuo o sculturato in maniera caratteristica. Quando questo strato sovrastante è continuo o uniforme viene definito tectato. Quando invece sul tectum troviamo fessure e ornamentazioni che permettono il contatto diretto dello strato columellare con l'esterno, esso prende il nome di semitectato. Come mostrato sul poster, esistono varie tipologie di ornamentazioni e di aperture dei granuli pollinici, che sono caratteristiche per taxa. La variabilità morfologica del polline consente di attribuire il granulo alla pianta che l'ha generato. Possiamo avere pollini INAPERTURATI, dove non sono presenti aperture e la germinazione avviene per frattura o per consunzione dell'esina. Si tratta di palinomorfi tipici delle Taxaceae, Cupressaceae, ecc. Nei granuli MONOSULCATI è presente un solo solco in posizione prossimale (tipico nelle monocotiledoni come palme, Iridaceae, ecc.). I DISULCATI si trovano in certe palme e presentano due solchi obliqui in posizione meridiana. Parlando di TRISULCATI invece si intendono pollini con tre fessure meridiane a 120 gradi tra loro. Quest'ultimo è parecchio diffuso nelle piante a fiore. I MONOPORATI, che quindi presentano un solo poro con generalmente un ispessimento (collare rialzato), sono tipici delle Poaceae e parecchio importanti sotto molti punti di vista come ad esempio in campo medico (allergologia) o archeobotanico (antichi raccolti). I pollini DIPORATI, aventi due pori in posizione equatoriale, simmetricamente opposti, sono tipici di alcune Dipsacaceae, Moraceae, ecc. I TRIPORATI hanno i pori disposti sul piano equatoriale e sono classici di Urticaceae, Cannabaceae, in *Betula*, *Parietaria*, ecc.

I pollini possono avere sei o più pori (PERIPORATO), come classico nelle Papaveraceae, in *Carex*, *Malva*, *Plantago*, ecc... Quando i pollini posseggono sia colpi che pori si parla di COLPORATI (possono essere TRI- o TETRA-, a seconda che siano presenti 3 o 4 colpi con pori). Le Lamiaceae (*Rosmarinus*, ecc...) hanno dei pollini STEFANOCOLPATI, con sei o più colpi disposti longitudinalmente. Oltre a quelle citate, le morfologie polliniche presenti sono molteplici e per conoscenza se ne elencano ancora alcune: sincolpato (3 solchi, es.: carrubo), spiraperturato (apertura sinuosa), ulcerato (presenta assottigliamenti dell'esina), tricolpato (Brassicaceae, *Fagus*, *Artemisia*, *Quercus*).

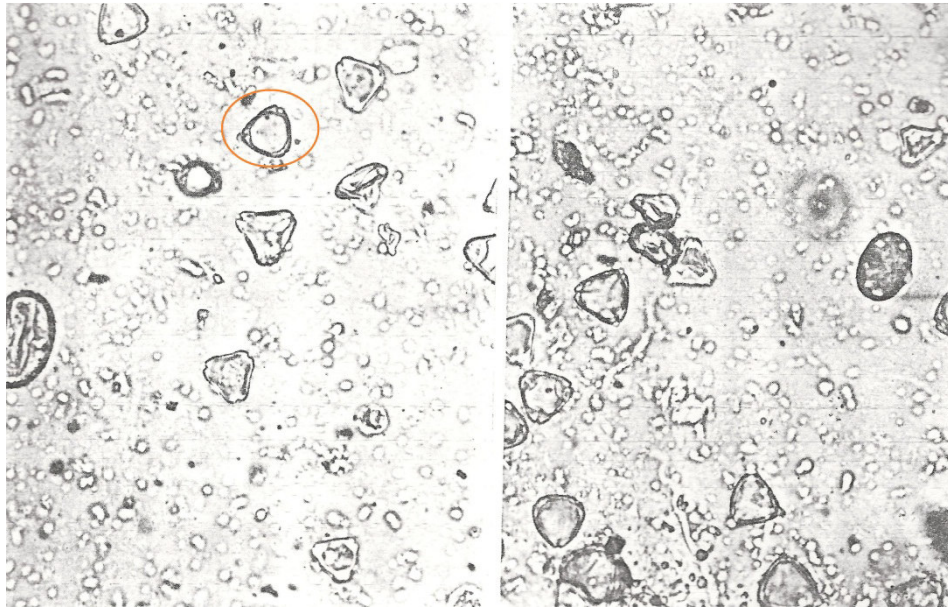
Conoscere la biodiversità morfologica è la base quindi per ogni applicazione della palinologia, che va dall'evoluzione botanica alle ricostruzioni ambientali.



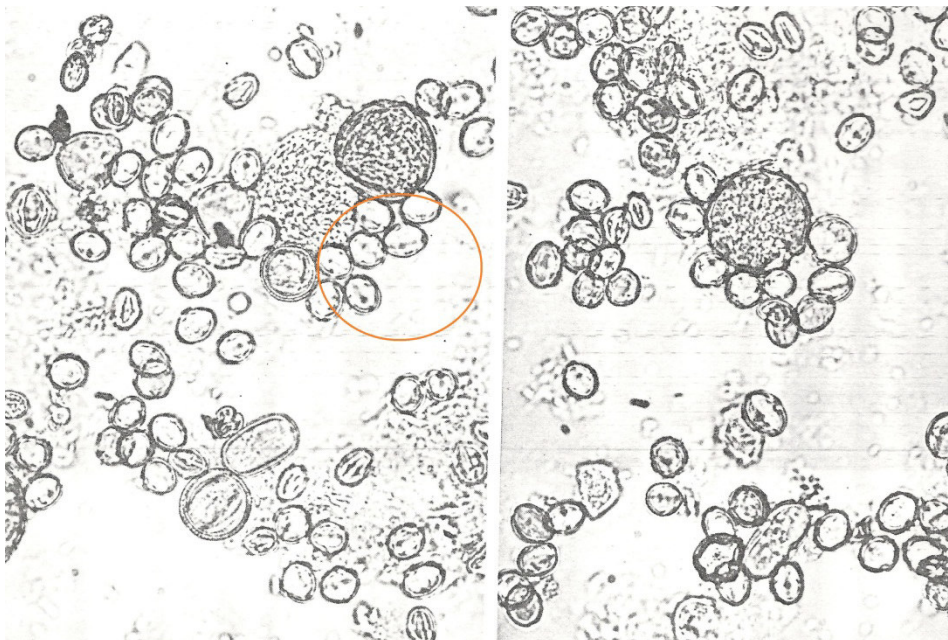
## Tabella Pollini della Flora Italiana

|                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Corbezzolo</p> <p><i>Arbutus unedo</i> L.,</p>                                                    |  <p>Rosmarino</p> <p><i>Rosmarinus officinalis</i></p>                                 |
|  <p>Castagno - <i>Castanea</i><br/>18 µm</p> <p>Mill.<br/>Castagno</p> <p><i>Castanea sativa</i></p> |  <p>Mirto - <i>Myrtus</i><br/>18 µm</p> <p>Mirto</p> <p><i>Myrtus communis</i> L.</p> |
|  <p>Malva</p> <p><i>Malva</i> sp.</p>                                                               |  <p>Cisto</p> <p><i>Cistus</i> sp.</p>                                               |
|  <p>sp.<br/>Quercia</p> <p><i>Quercus</i></p>                                                       |  <p>Asfodelo</p> <p><i>Asphodelus</i> sp.</p>                                        |





Spettro pollinico di miele di *Eucalyptus camaldulensis*



Spettro pollinico di miele di *Castanea sativa*



## IL POLLINE

La parola polline deriva dal termine latino "pollen - inis" che significa "fior di farina" e per estensione "polvere finissima". Questo termine fu utilizzato per la prima volta dal medico tedesco Valerius Cordus (1515 - 1544) che aveva osservato nelle antere del giglio un *rubiginosus pulvisculus*, "polvere" che ritrovò poi in altri fiori.



Granuli pollinici

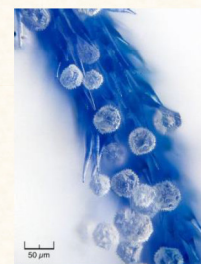
Il polline è costituito da una moltitudine di granuli microscopici contenuti nei sacchi pollinici delle antere dei fiori e ha l'aspetto di una polvere diversamente colorata a seconda del fiore. Questi granuli sono le cellule riproduttrici maschili delle piante Spermatofite e variamente trasportati riescono a raggiungere gli organi femminili dei fiori.



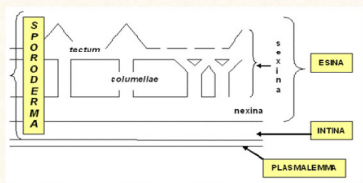
Stami e pistilli di infiorescenza di Asteracea



Particolare di un pistillo di infiorescenza di Asteracea con granuli pollinici



La morfologia microscopica e ultrastrutturale del polline ha assunto in questi ultimi anni un'importanza sempre maggiore e la microscopia elettronica ne ha rivelato particolarità non rilevabili col microscopio ottico. I caratteri di maggiore significato tassonomico sono i seguenti: *dimensioni, forma complessiva, simmetria, polarità, "unità polliniche", tipo di apertura, ultrastruttura della parete.*



Disegno schematico della parete del granulo pollinico

La parete del granulo pollinico, o **sporoderma**, è costituita da uno strato interno, "**intina**" e da uno strato esterno "**esina**" contenente la **sporopollenina**, sostanza quasi indistruttibile e che consente al polline di conservare i suoi caratteri morfologici anche per migliaia di anni.



## APPLICAZIONI



### Archeologia

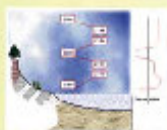
La Palinologia dà informazioni sul tipo di coltivazioni praticate dai popoli preistorici e permette di risalire al grado di conoscenza delle tecniche agricole e sull'uso di sostanze vegetali nella pratica medica primitiva; apre una finestra conoscitiva sulle abitudini alimentari dei popoli in tempi storici attraverso l'analisi di oli, vini e bevanda. Permette di ricostruire il percorso e l'origine di merci e oggetti come, ad esempio, la Sacra Sindone. Questi sono alcuni degli aspetti legati allo studio del materiale pollinico estratto dai reperti archeologici.

### Biostratigrafia

La Biostratigrafia è la scienza che ordina gli eventi paleontologici (i fossili) secondo la scala del tempo. Lo studio dei pollini permette di correlare formazioni rocciose di aree geografiche molto distanti fra loro. La correlazione biostratigrafica unita alla conoscenza delle tappe evolutive dei vegetali e delle spore e dei pollini, permette la datazione relativa degli strati della crosta terrestre.



### Ricostruzioni climatiche



È possibile fare precise ricostruzioni di climatologia dei tempi storici e geologici, partendo dalla profonda

conoscenza delle associazioni vegetazionali attuali e dei loro parametri ecologici.

Le informazioni sulle fasi glaciali e interglaciali dell'Olocene sono conservate principalmente nei sedimenti varcati dai laghi alpini, nei suoli delle foreste, nei depositi di limo nero di stagni e lagune dove il materiale pollinico è preservato dalla ossidazione e conserva intatte le caratteristiche vegetazionali dell'epoca.



### Palinologia forense

Gli studi sui polliniferi intrappolati nei materiali associati alle attività investigative stanno lentamente guadagnando riconoscimenti come prove legali valide. Oggi, in molti paesi di cultura anglo-sassone l'uso della palinologia forense ha assunto grande importanza nello svolgimento dei processi penali. Nella maggior parte dei casi i dati palinologici sono un fattore determinante sia per la soluzione del caso, sia nell'identificazione dei legami di un sospetto con la scena del crimine.



### Allergologia

Circa il 10% della popolazione mondiale presenta patologie allergiche!

Questo dato permette di sottolineare l'estrema importanza dell'allergologia nell'ambito della ricerca medica.



Una delle principali patologie allergiche è la pollinosi, lo strumento della palinologia è quindi fondamentale anche alla ricerca medica sia nello studio dei meccanismi che nella compilazione dei calendari pollinici.



### Evoluzione botanica

Come le piante, anche il polline e la spora che sono parti piccole, ma molto importanti, hanno accompagnato l'evoluzione dei vegetali fin dalla loro prima comparsa (1,8 miliardi di anni). Il cammino evolutivo che, partito dalle Tallofite unicellulari, è

passato attraverso gruppi estinti appartenenti ad ogni divisione botanica (Psilofite, Sphenofite, Cordaitales, Pteridospermatophyta...). Il ha modificato nella morfologia esterna e nella struttura dell'esina. La ricostruzione evolutiva è possibile con lo studio morfologico e ultrastrutturale.



## IL MIELE CIBO DEGLI DEI E DEGLI EROI

Il miele veniva considerato dai Greci il cibo degli Dei e degli Eroi per le sue preziose qualità e gli Egiziani lo usavano anche per accompagnare i defunti nell'aldilà. I Romani lo apprezzavano: Virgilio nelle Georgiche esaltava l'organizzazione dell'alveare ed Apicio lo citava nel suo trattato di gastronomia De Re Coquinaria. Nella Bibbia sono numerosi i passi che fanno riferimento al miele. Dopo il Medio Evo, perse un poco la sua importanza per l'introduzione dello zucchero raffinato industrialmente.



L'ape bottinatrice, *Apis mellifera* L.1758, mentre raccoglie il nettare e il polline dai fiori

Le api raccolgono il nettare, prodotto da ghiandole specializzate all'interno dei fiori di varie piante; è un liquido zuccherino, il cui contenuto in zuccheri varia dal 7% al 70%. La sua composizione influisce sull'aroma e sul sapore del miele. L'ape bottinatrice ne raccoglie al massimo 25 mg e lo immagazzina nella borsa melaria, dove agiscono enzimi secreti dalle ghiandole salivari, che trasformano il saccarosio e gli oligosaccaridi presenti in glucosio e fruttosio.

Ritornata all'alveare l'ape passa il nettare raccolto a un'altra ape operaia che ripetutamente lo rigurgita e lo risucchia per 15 - 20 min. Alla fine la goccia di nettare viene depositata nella celletta. Gli enzimi continuano a lavorare, trasformando il saccarosio e gran parte dell'acqua evapora grazie all'aria messa in circolo dalle api con le loro ali. Una volta raggiunta l'umidità adeguata, le cellette vengono chiuse con un opercolo di cera, ma solo dopo che viene iniettato come disinfettante l'acido formico.



Api operaie a lavoro nell'alveare



La trasformazione del nettare in miele è completa in uno-tre giorni. Il miele è una soluzione molto densa e viscosa di zuccheri (fino all'82%) in acqua e altre sostanze presenti in piccole quantità ne caratterizzano l'aroma e il sapore. Lo zucchero prevalente è il fruttosio (38%), seguito dal glucosio (33%). Altri oligosaccaridi sono presenti in quantità minore. Il miele ha un pH intorno a 4. L'acidità è dovuta alla presenza di acido gluconico, prodotto dall'ossidazione del glucosio.



## NON SOLO MIELE

### L'alveare fornisce altri preziosi prodotti

Oltre al miele, l'apicoltura fornisce una serie di prodotti pregiati, che si prestano ad essere commercializzati per una vasta gamma di utilizzi: pappa reale, polline, propoli, cera e veleno d'api.



La **pappa reale** è una secrezione prodotta dalle ghiandole ipofaringee e mascellari delle api operaie e viene utilizzata per nutrire le larve, fino a tre giorni di età e l'ape regina per tutto il tempo che precede la metamorfosi. Si presenta come una pasta semifluida di colore bianco giallognolo, di sapore acidulo. Contiene acqua, proteine e amminoacidi, glucidi, vitamine, in particolare la B5, sali minerali, enzimi, ormoni. Può essere considerata un complesso multivitaminico interessante.

Ogni singolo "gomitolo" di **polline** raccolto dalle api contiene dai 100.000 a 5 milioni di microgranuli di polline, ognuno capace di assicurare la riproduzione della specie vegetale da cui proviene. Esso racchiude tutte le sostanze necessarie alla vita: proteine, vitamine, amminoacidi, grassi, carboidrati, enzimi, sali minerali, ormoni. La completezza e la complessità dei suoi componenti ne fanno una valida alternativa naturale agli integratori di sintesi.



Il nome **propoli** deriva dal greco *pro* e *polis* che in senso figurato significa "difensore della città". Infatti le api lo utilizzano per difendere l'alveare dai pericoli che possono minacciarlo; come materiale da costruzione e come isolante. Le api elaborano il propoli con l'aggiunta di cera, polline, enzimi. Il colore è variabile, l'odore fortemente aromatico.

La sua composizione varia in rapporto alla vegetazione d'origine. Sono stati identificati per ora circa 150 composti: resine, cere, acidi grassi, oli essenziali, polline, composti organici e minerali. Dal punto di vista sanitario svolge funzioni antibiotiche, antivirali, antinfiammatorie, antimicotiche, antisettiche, immunostimolanti.

La **cera** è secreta dalle api operaie in forma di sottili scaglie, mediante otto ghiandole ventrali addominali, ad una temperatura dell'alveare tra 33°C e 36°C. Le api mellifere la usano per costruire le celle del loro favo, dove vengono allevate le larve e depositati miele e polline. Essa può avere un colore variabile a seconda della purezza e della specie botanica d'origine. Le componenti principali sono: acido palmitico, palmitati, idrossipalmitati ed esteri oleati. E' usata in commercio per creare candele, in cosmetica e in farmacia. Viene utilizzata come additivo alimentare col nome di E 901.



Il **veleno d'ape** o apitossina è prodotto dall'apparato velenifero delle api operaie. E' un liquido di sapore prima dolciastro poi amaro, limpido e incolore. La parte attiva del veleno è costituita da una miscela complessa di proteine, che provoca un'infiammazione locale e agisce come anticoagulante. Un'ape può iniettarne circa 0'1 – 0,2 mg attraverso il suo pungiglione. Circa 1% della popolazione è allergica alla puntura d'api. E' usato in cosmetica e in campo sanitario in caso di artrosi, artrite reumatoide, sciatalgia per alleviarne i sintomi.

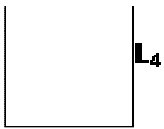
## Appendice

### Calcoli relativi alla *Modalità n° 1*

**“A parità di superficie  $S$ , l'esagono è il poligono che racchiude il perimetro minimo rispetto al quadrato e al triangolo equilatero”**

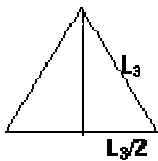
Calcoliamo il perimetro di un triangolo, di un quadrato e di un esagono con superficie assegnata. Sia la superficie uguale a 1

( $S=1$ ) e rispettivamente  $L_3$ ,  $P_3$ ,  $L_4$ ,  $P_4$ ,  $L_6$ ,  $P_6$ , i lati e i perimetri del triangolo, del quadrato e dell'esagono.



Per il **quadrato** con  $S = 1$   $L_4 = 1$

$$P_4 = 4;$$



Per il **triangolo** con  $S = 1$

$$P_3 = 3 \cdot L_3$$

Applicando il teorema di Pitagora per ricavare l'altezza otteniamo la seguente formula dell'area che servirà per trovare il lato del triangolo equilatero

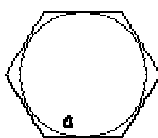
$$S = \frac{L_3^2 \sqrt{3}}{4}$$

$$S = L_3^2 \times 0,433$$

$$L_3^2 = S/0,433 = 2,309.....$$

$$L_3 = 1,5195....$$

Perciò  $P_3 = 4,5585$



Per l'**esagono** con  $S = 1$

$$P_6 = 6 \cdot L_6$$

L'area dell'esagono regolare è data da:

$$S = \frac{p \cdot a}{2} = \frac{6L_6 \cdot L_6 \sqrt{3}}{2 \cdot 2} = \frac{6L_6^2 \sqrt{3}}{4} = \frac{3L_6^2 \sqrt{3}}{2}$$

Quest'ultima formula serve per ricavare il valore del lato

$$L_6^2 = \frac{2 \cdot S}{3\sqrt{3}} = \frac{2 \cdot 5\sqrt{3}}{9}$$

$$L_6 = \sqrt{\frac{2 \cdot 5\sqrt{3}}{9}} = \frac{1}{3} \sqrt[4]{12} = 0,620...$$

Quindi:  $P_6 = 3,722$

Perciò con  $S=1$  Il perimetro più piccolo è quello dell'esagono

Calcoli relativi alla Modalità n° 2

"A parità di perimetro, l'esagono racchiude una superficie di area maggiore rispetto al quadrato e al triangolo equilatero"

Sia  $p = 1$  il perimetro prefissato.

a) Area racchiusa dal **triangolo** equilatero

$$L_3 = \frac{p}{3} \quad h = \frac{p}{3} \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3} = \frac{p}{6} \sqrt{3} \quad Area = \frac{p}{3} \cdot \frac{p}{6} \sqrt{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{p^2 \sqrt{3}}{36} = 0,048$$

b) Area racchiusa dal **quadrato**

$$L_4 = \frac{p}{4}; \quad Area = \left(\frac{p}{4}\right)^2 = \frac{p^2}{16} = 0,0625$$

c) Area racchiusa dall'**esagono** regolare

$$L_6 = \frac{p}{6}; \quad \text{apotema} = \frac{p}{6} \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{p\sqrt{3}}{12} \quad Area = p \cdot \frac{p\sqrt{3}}{12} \cdot \frac{1}{2} = \frac{p^2 \sqrt{3}}{24} = 0,0721$$

**Questi calcoli dimostrano che:**

**$b > a$**  (l'area del quadrato è maggiore di quella del triangolo)

**$c > b$**  (l'area dell'esagono è maggiore di quella del quadrato)

**Pertanto l'esagono racchiude la superficie di area maggiore a parità di perimetro**



## BIBLIOGRAFIA

Peter H. Raven – Ray F. Evert – Helena Curtis – 1983 – BIOLOGIA DELLE PIANTE – Edizione ZANICHELLI

Renato Ariano – BREVE STORIA DEGLI STUDI SUL POLLINE – Internet

S. Tonzig – E. Marrè – 1976 - ELEMENTI DI BOTANICA – Edizione AMBROSIANA –Milano

Carlo Cappelletti – 1964 – BOTANICA – volume primo – Edizione UTET

Filippo M. Gerola – 1997 – BIOLOGIA VEGETALE Sistematica Filogenetica – terza Edizione – UTET

Pierfranco Blesio – 1976 – GUARDIAMO GLI INSETTI – Editrice LA SCUOLA

Dario Bressanini – 2014 - IL MIELE – Internet

Sergio Zangheri – Luigi Masutti – 1988 - ENTOMOLOGIA AGRARIA –Edizione EDAGRICOLE

Fidanza Flaminio -ALIMENTAZIONE E NUTRIZIONE UMANA- Ed.GNOCCHI 1996

Guida pratica -MANGIAR MEGLIO PER VIVERE MEGLIO.Sel. READER'S DIGEST- MILANO 1987

## SITOGRAFIA

[gaianew.it](http://gaianew.it)

[apicolturabio.it](http://apicolturabio.it)

[wikipedia](http://wikipedia)

negri – pellecchia-magris- di prisco-caprio -2015- honey bees as active samplers of airborne particulate matter

<http://matematica.unibocconi.it/articoli/tasselli-regolari-ed-irregolari>

[www.dm.unibo.it/rsddm/it/articoli](http://www.dm.unibo.it/rsddm/it/articoli)

<http://verissima03.altervista.org/geometriapi.htm>

[books.google.it/books/about/lo\\_sciame\\_intelligente.html?hl=it&id](http://books.google.it/books/about/lo_sciame_intelligente.html?hl=it&id).

i costumi delle api wikisource

<https://books.google.it/books?isbn=8820304694>

[naturamatematica.blogspot.com/2011\\_01\\_01\\_archive.html](http://naturamatematica.blogspot.com/2011_01_01_archive.html)

## INDICE

|                                                                                          |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Inizio del viaggio: comparsa delle api nella storia evolutiva                            | 1     |
| Morfologia del fiore delle Angiosperme                                                   | 2     |
| Morfologia dell'ape domestica                                                            | 3     |
| Breve storia degli studi sul polline                                                     | 4     |
| Morfologia del granulo pollinico                                                         | 5     |
| Composizione del polline                                                                 | 7     |
| L'ape mellifera                                                                          | 8     |
| La pappa reale                                                                           | 11    |
| La propoli                                                                               | 12    |
| Il veleno d'ape                                                                          | 13    |
| La cera d'api                                                                            | 14    |
| La "bioarchitettura" delle api                                                           | 15    |
| Dal nettare al miele                                                                     | 18    |
| Il miele                                                                                 | 20    |
| Breve introduzione storica e caratteri merceologici                                      | 21    |
| Composizione del miele e composizione glucidica percentuale media dei vari tipi di miele | 22    |
| Caratteristiche organolettiche e caratteristiche in base all'origine del miele           | 23    |
| Valore nutritivo del miele                                                               | 24    |
| Effetti benefici del miele e inserimento nella dieta                                     | 25    |
| Metodi di allestimento dei granuli pollinici                                             | 26    |
| Note di melissopalinologia. Metodo per l'analisi qualitativa del miele                   | 27    |
| La palinologia e le sue applicazioni                                                     | 28    |
| Morfologie polliniche delle angiosperme                                                  | 31    |
| Poster                                                                                   | I-VII |
| Appendice                                                                                | 33    |
| Bibliografia                                                                             | 36    |