Università degli Studi di Catania

Facoltà di Agraria

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

Dottorato di Ricerca in "Scienze Entomologiche e difesa degli agroecosistemi"

XXIII ciclo

Dott. Pierluigi La Greca

Diversità ed ecologia degli Imenotteri Apoidei in ambienti frammentati pedemontani dell'Etna a differente pressione antropica

Coordinatore: Prof. Carmelo Rapisarda

Tutor: Prof.ssa Vera D'Urso

Co-tutor: Dott. PhD Giuseppe Fabrizio Turrisi

Anno Accademico 2007 – 2010

Summary

The bee fauna is extremely sensitive to environmental fragmentation processes, so that its composition and density are direct expression of the ecosystem structure and state of conservation.

*The main purpose of the present research has been the investigation of the biodiversity of the Hymenoptera Apoidea (*Apis mellifera *L. excluded) in fragmented areas within the territory of the Etna, in order to obtain a better knowledge of the specific composition, and to evaluate in detail the seasonal variations of the populations and the specificity linked to different types of environments.*

The investigated sites lie in the oriental pedemontane sector of Etna volcano and have a differentiated degree of anthropization, but all of them can be considered as territories with mean-high environmental fragmentation. The sites are: two urban parks in the town of Catania (Parco Gioeni and Parco degli Ulivi), a high degree of naturality of pedemontane Etna (Riserva Naturale Integrale and SIC Complesso Immacolatelle-Micio Conti, San Gregorio di Catania), and an organic agroecosystem (citrus orchard) (Acicatena).

Besides, a control site in the northern periphery of Catania (Leucatia locality), the bee community of which is well known, has been taken into consideration.

The surveys were carried out for three years (2008-2010) with protocol of collection and census, similar to that used within the Progetto Finalizzato A.M.A. (Ape, Miele, Ambiente), and consisted of monthly collections in every site, by using the linear transect method.

In total, 1139 specimens were collected, belonging to 105 species comprised in the following families: Andrenidae, Halictidae, Anthophoridae, Megachilidae and Apidae. Various comparative zoocenotic analyses have been carried out, by the calculation of the main diversity indexes and different methods of multivariate analysis. Besides, through cartographic instruments, a mapping of the level of bio-permeability of the pedemontane territory, within which the investigated sites lie, has been produced, putting in evidence the areas more subjected to anthropic disturbance and those, instead, characterized by a higher level of naturality, in order to define territorial systems which may function as ecologic corridors thus guarantying adequate ecological connection necessary to maintain of a good level of bee biodiversity.

The degree of environmental fragmentation has been evaluated by the biogeographic model of islands, particularly using the linear regression specie-area, considering the examined sites as islands at least under the ecological-functional point of view. The data obtained allowed the author to individualize suitable managing strategies in order to maintain adequate levels of biodiversity, especially the bee one, for those areas with high environmental fragmentation.

PARTE GENERALE

1. Introduzione

Il concetto di biodiversità rurale o agrobiodiversità è essenzialmente legato agli agroecosistemi, cioè ecosistemi naturali modificati dall´uomo al fine di renderli più produttivi. La forte spinta all´intensificazione delle coltivazioni, la continua crescita dei centri abitati in Sicilia come in tutto il Paese, ha portato al rischio di scomparsa o estinzione di svariate specie vegetali e animali e talvolta, nel caso di specie endemiche, anche alla loro scomparsa. I risultati di tali fenomeni risultano essere devastanti, non solo per determinati ecosistemi, ma per il territorio nel suo complesso. Un esempio concreto di tale realtà è dato dalla frammentazione degli ambienti naturali, che è attualmente considerata una tra le principali minacce di origine antropica alla diversità biologica (Wilcove et al., 1986; Terayama & Murata, 1990; Dobson et al., 1999; Henle et al., 2004; Winfree et al., 2009) e che è inteso come quel processo dinamico di chiara origine antropica, attraverso il quale un'area naturale subisce una suddivisione in frammenti più o meno disgiunti e progressivamente più piccoli ed isolati. Essa porta ad una progressiva distruzione e trasformazione degli ambienti naturali e, conseguentemente, anche la struttura e la dinamica di determinate popolazioni di specie animali e vegetali vengono influenzate portando ad alterare i parametri ecologici di comunità e la funzionalità degli ecosistemi. E' stato inoltre dimostrato come, a livello di specie, tale processo costituisca una delle cause dell'attuale elevato tasso d'estinzione su scala globale (Soulé & Orians, 2001).

La fauna apidica risulta essere estremamente sensibile ai processi di frammentazione ambientale (Matheson et al., 1996) e spesso la sua composizione specifica e la densità delle specie sono diretta espressione della struttura e dello stato di conservazione degli ecosistemi (Mazzeo et al., 1999, 2001, 2002, 2004, 2007a, 2007b, Seminara et al., 2009; Longo, 2002). Un'adeguata ricchezza specifica e abbondanza di pronubi è indice di elevata biodiversità ed in relazione alla loro plasticità biologica ed etologica essi vengono utilizzati per valutare il grado di complessità ambientale e caratterizzare un'area attraverso un profilo entomofaunistico. Per tale ragione, la conoscenza dei popolamenti di pronubi in un determinato territorio risulta essere importante sia ai fini dell'impollinazione delle colture agrarie, sia anche perché tramite l'assenza o la rarefazione di questi organismi, è possibile stabilire il grado di compromissione ambientale (Porrini et al., 1998). Infatti, essi assumono importanza per lo studio degli ecosistemi, finalizzati alla valutazione della loro diversità biologica (Mazzeo et al., 2001).

2. Finalità della presente ricerca

Prendendo in considerazione l'attuale assetto territoriale della fascia pedemontana dell'Etna, si può rilevare con ogni evidenza una pressione antropica che ha raggiunto ormai livelli talmente elevati da presupporre scenari di evoluzione orientati verso una erosione della biodiversità, con perdita di estesi territori a naturalità diffusa e processi estesi di frammentazione. Tale erosione ecologica interessa soprattutto gli ambienti naturali residui, le aree marginali e gli agroecosistemi in abbandono post-colturale, con notevole riduzione delle aree a vegetazione spontanea e conseguente rarefazione della flora, con la quale le specie di Insetti pronubi sono intimamente associati (Corbet et al., 1991; Fussel & Corbet, 1991, 1992; Hanski, 1999; Westrich, 1990).

La finalità principale della presente ricerca è stata quella di indagare la diversità degli Apoidei in aree frammentate del territorio etneo, per ottenere una conoscenza sia della loro composizione in specie ma soprattutto per valutare in dettaglio le variazioni stagionali dei popolamenti e le specificità legate a diverse tipologie di ambienti. L'indagine è stata rivolta a tutte le specie di Apoidei, sia solitari che sociali, con esclusione di *Apis mellifera* L., specie ampiamente utilizzata per finalità economiche (produzione di miele e derivati) e frequentemente oggetto di specifiche indagini. Si è voluto pertanto indagare la ricchezza specifica e la struttura dei popolamenti di Apoidei in siti a diverso grado di antropizzazione della fascia pedemontana etnea, in dettaglio due parchi urbani all'interno della città di Catania, un'area a naturalità elevata, specificamente una Riserva Naturale, nonché SIC, ed infine un

agrumeto del catanese a conduzione biologica. Tutti questi siti, per la loro ubicazione ed il contesto territoriale dove ricadono possono essere assimilati a frammenti di ambienti con grado di naturalità e pressione antropica differenziata, gradualmente variabile da medio-bassa ad elevata. L'approccio di studio ha avuto pertanto come ipotesi di lavoro il considerare tali frammenti di territorio alla stregua di "isole" in senso ecologico-funzionale, facendo riferimento alle implicazioni e alle estensioni metodologiche derivanti dalla ben nota teoria della biogeografia delle isole, che ha un solido riferimento dottrinale nello storico lavoro di McArthur & Wilson (1967).

I dati sugli Apoidei della Sicilia, ed in particolare dell'area pedemontana etnea, dove ricadono i siti indagati, sono dispersi in una serie lunga ma frammentaria di pubblicazioni, che soltanto nel corso degli ultimi venti anni sono stati revisionati ed arricchiti, essenzialmente ad opera di V. Nobile (Nobile, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1993a, 1993b, 1994, 1995a, 1995b, 1996, 2001; Pagliano & Nobile, 1993; Nobile & Turrisi, 1997, 1999, 2004; Nobile & Campadelli, 1998; Nobile & Tomarchio, 1998a, 1998b, 2001). Altre ricerche sono state di recente intraprese dal Dipartimento di Scienze e Tecnologie Fitosanitarie dell'Università di Catania, con la finalità di censire il popolamento dei pronubi e fornire dati sull'ecologia e sulle preferenze trofiche, anche in relazione alla gestione di agroecosistemi (Mazzeo et al., 1999, 2001, 2002, 2004, 2007a, 2007b, Seminara et al., 2009; Longo, 2002; Quaranta et al., 2002, 2004).

Per lo svolgimento della presente ricerca è stato adottato un protocollo di raccolta e censimento analogo a quello impiegato

nell'ambito del Progetto Finalizzato A.M.A. (Ape, Miele, Ambiente), in quattro diversi siti a differente grado di antropizzazione e gestione, che comprendono sia ambienti a naturalità diffusa, che agroecosistemi e parchi urbani. Nei diversi siti indagati, le indagini sono state condotte contemporaneamente e parallelamente nel triennio a disposizione per lo svolgimento della tesi di dottorato. I campionamenti hanno avuto due finalità precipue: 1) censire in maniera quanto più completa possibile le comunità apidiche dei siti; 2) fornire dati quantitativi per ottenere informazioni sulla struttura e dinamica dei popolamenti. L'indagine ha inoltre tenuto conto dei dati esistenti per un sito relativamente isolato posto alla periferia di Catania (in località Leucatia) ottenuti nell'arco di circa un ventennio da raccolte saltuarie ma continuative condotte dal Dott. Vittorio Nobile del Dipartimento di Biologia Animale dell'Università di Catania, finalizzate alla definizione della composizione faunistica degli Apoidei in quel sito. Quest'ultimo è stato pertanto considerato come "area di controllo" e le conoscenze sull'apidofauna sono state utili per poter confrontare i dati ottenuti negli altri quattro siti oggetto di specifica indagine.

Inoltre, attraverso strumenti cartografici è stata prodotta una mappatura del livello di biopermeabilità del territorio pedemontano nel quale ricadono i siti di indagine, individuando le aree sottoposte a maggiore disturbo antropico e quelle invece caratterizzate da un livello più elevato di naturalità e quindi definire sistemi territoriali che possano fungere da corridoi ecologici per assicurare un'adeguata connettività ecologica e conseguentemente livelli significativi di biodiversità.

Il presente lavoro viene articolato in una parte generale e una sperimentale. Nella prima vengono riportate informazioni essenziali sulla morfologia e bio-etologia del gruppo sistematico in oggetto, gli Apoidei. Nella parte sperimentale vengono illustrati i metodi utilizzati per il campionamento e presentati i risultati ottenuti dalle indagini sul campo, nonché le elaborazioni ottenute dalle analisi della composizione e struttura delle comunità apidiche, con l'ausilio di metodi statistici e cartografici. Segue la discussione dei risultati ottenuti per analizzare la loro congruenza con le ipotesi di lavoro adottate nella fase preliminare della ricerca e confrontare i dati ottenuti per i diversi siti d'indagine.

3. Aspetti generali della problematica

Le ricerche sugli aspetti funzionali della biodiversità e degli ecosistemi sono perlopiù dedicate agli aspetti generali, integrando le caratteristiche primarie come produttività, stabilità e resilienza ma trascurando le relazioni biotiche quali aspetti fondamentali che guidano la loro funzionalità (Chapin et al., 1997; Loreau et al., 2001; Lundberg & Moberg, 2003; Winfree et al., 2009).

Gli impollinatori non influiscono in maniera diretta sui processi biotici e abiotici degli ecosistemi ma determinano influenze indirette attraverso cambiamenti, anche radicali, della struttura e della composizione delle comunità vegetali (Lundberg & Moberg, 2003; Winfree et al., 2009). La perdita degli impollinatori ed i rischi conseguenti sui processi di impollinazione e degli ecosistemi in generale sono stati oggetto di diverse ricerche negli ultimi anni. L'impatto dell'erosione degli impollinatori sui processi di impollinazione dipende ampiamente dal grado di specializzazione del rapporto pronubo-specie vegetale. Assumendo una correlazione uno-a-uno tra un singolo impollinatore ed una specie vegetale, si potrebbe predire l'interruzione dell'interrelazione mutualistica in caso di scomparsa da un territorio di una delle specie. Anche il legame tra diverse specie vegetali con un singolo impollinatore o, viceversa, tra diversi impollinatori con una singola specie vegetale, implica un elevato rischio di estinzione sia per le specie pronube che per quelle vegetali. All'altro estremo, tenendo presente una relazione generalizzata dove diverse specie di impollinatori visitano diverse specie vegetali e viceversa, il sistema mutualistico pianta-impollinatore dovrebbe

mostrare una maggiore capacità di resilienza nei confronti di una eventuale perdita di uno o più impollinatori.

Il grado di specializzazione della relazione pianta-impollinatore è parte di un vasto dibattito nella comunità scientifica (Waser et al., 1996; Johnson & Steiner, 2000). La visione più condivisa tra gli studiosi dei processi di impollinazione evidenzia come l'interazione fra le specie sia variabile nello spazio e nel tempo (Herrera, 1988; Waser et al., 1996). E' presumibile che questa generalizzazione sia valida in ecosistemi dominati dalla presenza di attività umane, mentre in ambienti poco o nulla antropizzati siano presenti più elevati gradi di specializzazione (Johnson & Steiner, 2000).

Il processo di frammentazione ambientale porta alla costituzione di aree ad elevato grado di naturalità con minore estensione e ad un aumento della loro distanza, e pertanto ad una riduzione della loro superficie totale nel territorio. In generale, esiste una correlazione positiva tra ampiezza dei frammenti ambientali con la ricchezza di specie e la densità delle loro popolazioni, individuando tali interrelazioni rispettivamente la correlazione numero di specie-area e abbondanza delle specie-area (Terayama & Murata, 1990; Rosenzweig, 1995; Connor et al., 2000; Gibb & Hochuli, 2002). L'importanza relativa della forma, estensione ed interdistanza dei frammenti ambientali differisce a seconda dei livelli di perdita degli habitat. L'impatto dell'isolamento è elevato al di sotto di una certa soglia in un determinato territorio (Andren, 1994; Bascompte & Sole, 1996).

Un aspetto di grande rilevanza, ma poco indagato, è quello relativo alla composizione della matrice paesaggistica delle

aree circostanti i frammenti aventi discreta naturalità (Ricketts, 2001). Le specie di impollinatori specializzati per quanto riguarda la selezione dell'habitat di nidificazione o di foraggiamento, le specie con limitata capacità di dispersione e quelle che dipendono da rapporti mutualistici obbligati sono ovviamente maggiormente sensibili alla frammentazione degli habitat (Holt et al., 1999; Steffan-Dewenter & Tscharntke, 1999, 2002; Davies et al., 2000; Steffan-Dewenter, 2003; Tscharntke et al., 2002; Steffan-Dewenter et al., 2006).

Gli studi sulla frammentazione degli habitat sono generalmente focalizzate su pochi gruppi animali (soprattutto Uccelli e Mammiferi) e sulle caratteristiche dimensionali dei frammenti ambientali (Debinski & Holt, 2000; Gibb & Hochuli, 2002). Per le comunità di Insetti in generale, e di Apoidei in particolare, gli effetti della frammentazione ambientale sono poco indagati (Steffan-Dewenter & Tscharntke, 1999, 2002; Steffan-Dewenter et al., 2006). Ad esempio, Cane (2001) ha rilevato soltanto quattro pubblicazioni riguardanti la frammentazione degli habitat e le comunità apidiche puntualizzando che nessuna di queste considera l'habitat nelle sue componenti, inclusi i siti di nidificazione. Aizen & Feisinger (1994a) hanno riscontrato una riduzione della diversità specifica con il decrescere della dimensione dei frammenti ambientali, ma nessun effetto sulle frequenze di visita su due specie vegetali a fioritura primaverile. Bolger et al. (2000) non hanno riscontrato significativa relazione tra numero di specie ed estensione dell'areale per le comunità apidiche campionate tramite trappole a caduta ed altre tipologie di trappole in frammenti all'interno di aree urbanizzate.

4. Caratteri generali degli Imenotteri, con particolare riguardo agli Apoidei

4.1. Generalità

Gli Imenotteri sono in assoluto l'ordine che presenta il massimo grado di evoluzione fra gli Insetti, comprendendo sia specie solitarie che sociali. Questo ordine comprende oltre 200.000 specie descritte (Sharkey, 2007), di dimensioni che possono variare da 0,25 mm a 60 mm. Gli adulti hanno tegumento resistente e di vario colore. L'ordine comprende due grandi gruppi, quello parafiletico dei Symphyta, che non ha più valore come sottordine (Vilhelmsen, 1997) comprendente in massima parte specie con stadi larvali fitofagi (sono esclusi gli Orussidi, che sono invece parassito idi di Insetti xilofagi), caratterizzate da adulti con addome sessile, apparato boccale masticatore o masticatore-lambente ed ali con venulazione molto ricca e complessa. Il gruppo degli Apocrita, che invece viene evidenziato come monofiletico in molti studi (Sharkey, 2007) comprende in massima parte specie parassitoidi di altri gruppi animali, soprattutto di Artropodi, sebbene diverse linee filetiche abbiano secondariamente adottato regimi trofici fitofagi (in senso ampio) con processi di radiazione adattativa. Gli stadi immaginali degli Apocriti si caratterizzano il 1° urite addominale incorporato al torace, determinando un tagma composito che viene denominato "mesosoma", e con la rimanente porzione dell'addome, che viene denominato "metasoma, caratterizzata dall'assottigliamento fra gli uriti 2° e 3°, a costituire un peziolo più o meno allungato. Gli Apocriti vengono suddivisi a loro volta in due sottogruppi: Terebrantia e Aculeata. I primi

rappresentano un gruppo eterogeneo e chiaramente parafiletico e comprendono specie parassitoidi di altri Insetti o altri Artropodi. Le femmine possiedono un ovopositore formato da tre paia di valve, spesso molto sviluppato in lunghezza che viene utilizzato per l'ovideposizione. Gli Aculeata, che rappresentano invece un gruppo monofiletico, includono specie solitarie o sociali, che attuano cure parentali e nutrono la prole con sostanza di origine vegetale, con secreti di particolari ghiandole o ancora con prede morte o paralizzate. Le femmine adulte possiedono l'ovopositore completamente interno al metasoma in posizione di riposo ed è trasformato in aculeo atto all'inoculazione di secreti neurotossici utilizzati per la difesa e per paralizzare gli ospiti. Gli Aculeata includono numerose famiglie, fra le quali quelle incluse nella superfamiglia Apoidea, brevemente caratterizzata di seguito.

Gli Apoidea presentano caratteri di maggiore affinità filogenetica con Gli Sphecoidea, comprendente un'unica famiglia vivente, gli Sphecidae, che alcuni Autori hanno recentemente suddiviso in diverse famiglie sulla base di indagini cladistiche. Per quanto concerne l'anatomia, gli Apoidei differiscono dagli Sfecidi per una serie di caratteri, i più rilevanti dei quali sono: l) lobo posteriore pronotale distinto, ma piuttosto piccolo, di solito ben separato dal mesonoto; 2) pronoto esteso ventralmente come una coppia di processi digitiformi, uno su ciascun lato, dietro le coxe anteriori; 3) presenza di estesa ed abbondante pubescenza, di lunghezza e colore variabili, con singole sete che nella parte distale portano ramificazioni secondarie, più o meno complesse; 4) basitarso posteriore ampio e depresso in senso dorso-ventrale.

4.2. Morfologia dell'adulto

Come gli altri Imenotteri Apocriti, gli Apoidei (Fig. 1) presentano il corpo suddiviso in tre regioni: capo, mesosoma e metasoma, che presenta metameri evidenti soltanto sul metasoma (Tremblay, 1999); le varie parti rigide sono articolate fra loro mediante membrane elastiche in cui la cuticola risulta più sottile e flessibile (Contessi, 2005). Nel capo, invece, i segmenti sono profondamente trasformati e fusi tra loro, mentre nel mesosoma è possibile riconoscerli solo dopo una attenta osservazione (Frilli et al., 2001).

4.2.1. Capo

Il capo (Fig. 2) è ipognato, di forma varia, molto mobile con la presenza di occhi composti, tre ocelli e antenne e deriva dalla fusione di sei metameri (Tremblay, 1999); nella parte posteriore vi è un ampio foramen occipitale dal quale passano l'aorta, i nervi sopraintestinali, l'esofago i dotti salivari, la catena gangliare ventrale e alcune trachee (Frilli et al., 2001). Gli occhi composti, il cui margine è definito orbita, sono collocati ai lati del capo e chiamati così in quanto costituiti da migliaia di piccoli elementi visivi detti ommatidi, i quali presentano nella parte esterna minuscole cornee utili ad intercettare i raggi luminosi che una volta percepiti dalla retinula, vengono poi trasmessi alla parte anteriore del cervello o protocerebro. I tre ocelli, detti anche occhi semplici, sono invece disposti a formare un triangolo sul vertice. L'apparato boccale (Fig. 3) è di tipo masticatore-lambente e più frequentemente di tipo masticatore-lambente-succhiatore per la modificazione di alcune parti boccali che assolvono l'efficiente funzione di suzione di

sostanze liquide. Il labbro superiore è ben sviluppato anche se poco sclerificato. Le mandibole sono fortemente sclerificate e più o meno sviluppate; vengono utilizzate per la costruzione del nido e per la raccolta di materiali e sostanze varie (Michener, 2001; Michener & Fraser, 1978; Intoppa et al. , 1997).

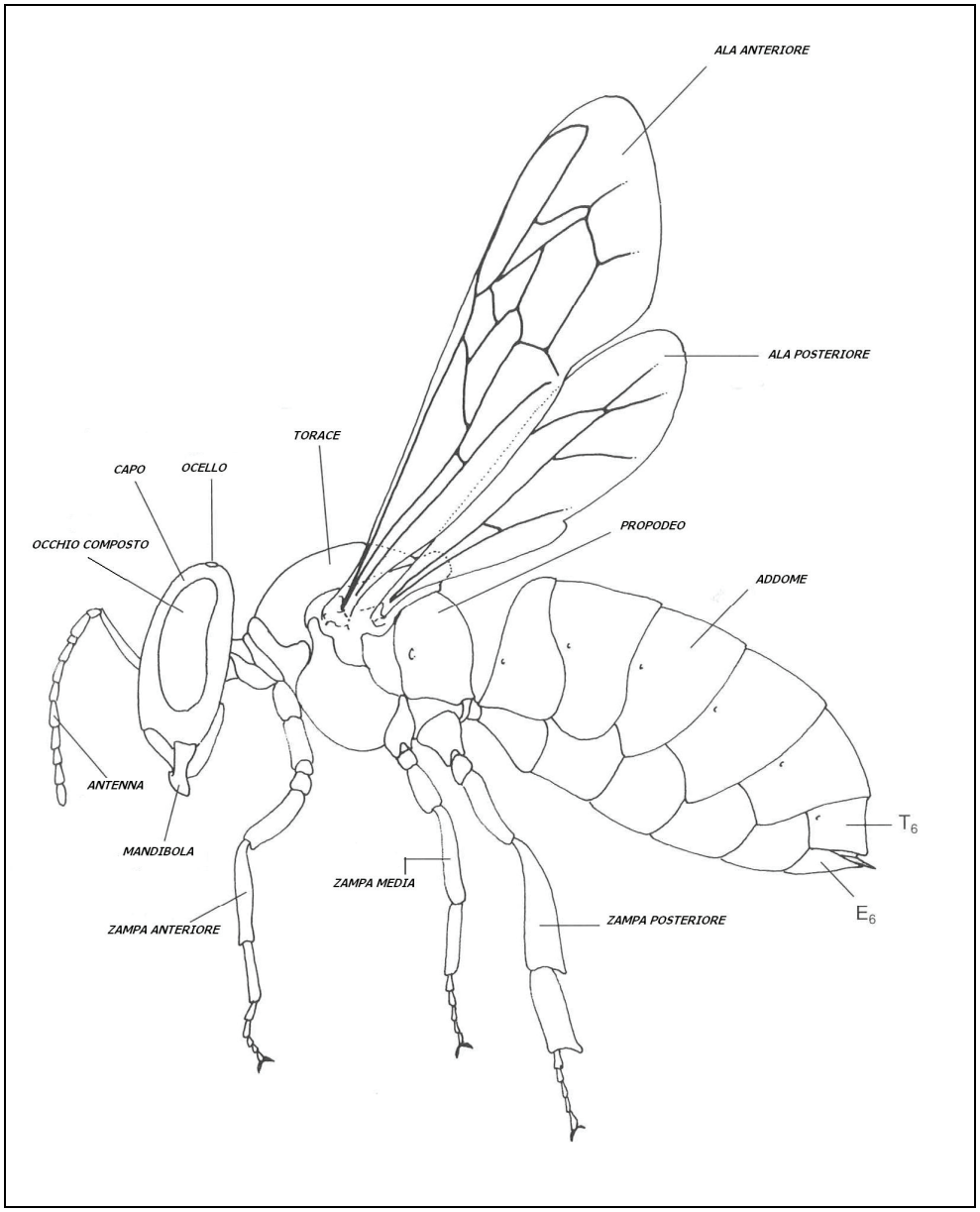


Fig. 1. Morfologia generale di un Apoideo adulto.

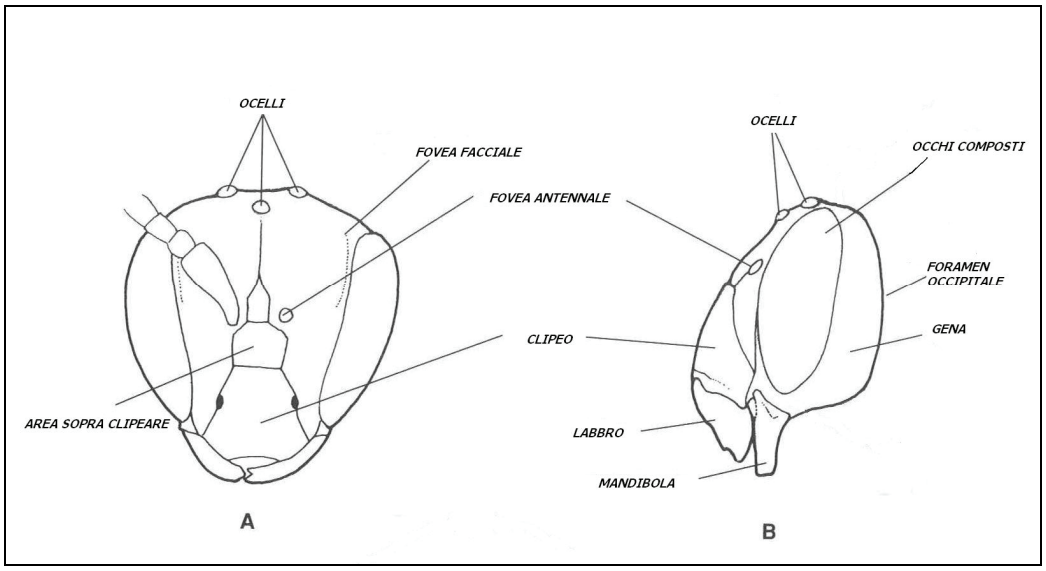


Fig. 2. Rappresentazione schematica del capo degli Apoidei: visione frontale (A) e laterale (B).

Ciascuna delle due mascelle I sono costituite da vari pezzi ben distinti e differenziati: cardine, stipite, galea e palpo che formano, assieme a parti del labbro inferiore, un canale per la suzione dei liquidi. La fusione del secondo paio di mascelle origina il labbro inferiore: esso è formato da postmento, premento e ligula, paraglosse e palpi labiali) (Frilli et al., 2001). Nel loro complesso, le mascelle assieme con il labbro inferiore, formano la proboscide, suddivisa in tre parti principali: il primo contiene il cardine mascellare, il lorum e parte del mento; in quella mediana vi sono gli stipiti, parte dei prepalpi, della galea e del premento; nella parte distale, invece, sono contenuti la lamina della galea, parte dei prepalpi, i palpi labiali, la paraglossa e la glossa. La base del premento, sostenuta da una membrana che decorre tra le parti apicali dei cardini ascellari, è chiamata postmento ed in alcune specie è presente uno sclerite nella parte basale che si assottiglia nella parte

distale e che spesso assume una forma triangolare. Il capo porta spesso due fovee, cavità più o meno evidenti situate quasi sempre a livello della base antennale o estendersi al di sopra del vertice, fino al margine superiore degli occhi; tali strutture, sviluppate maggiormente nelle femmine, sono probabilmente delle superfici evaporanti anche se la loro funzione non è del tutto chiara (Schuberth & Schönitzer, 1993). Il primo segmento antennale (Fig. 4), generalmente il più lungo, è detto scapo a cui segue un segmento ridotto detto pedicello e quindi un altro detto flagello, costituito da dieci/undici articoli. In tutti i generi, escluso *Pasites* Jurine, le femmine possiedono 12 articoli antennali mentre i maschi ne presentano 13 (Kristjansson & Pinzauti, 1995). In alcune specie, affiancata alla base dell'antenna, vi è la presenza di una carena, che assume una forma lamellare e che può ricoprire la base dell'antenna stessa.

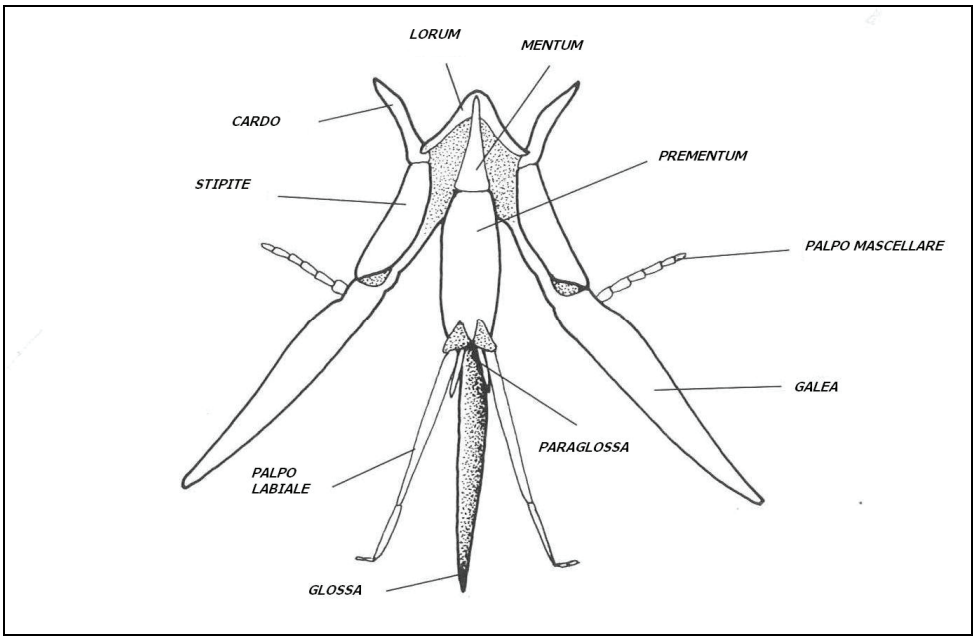


Fig. 3. Apparato boccale di un Apoideo.

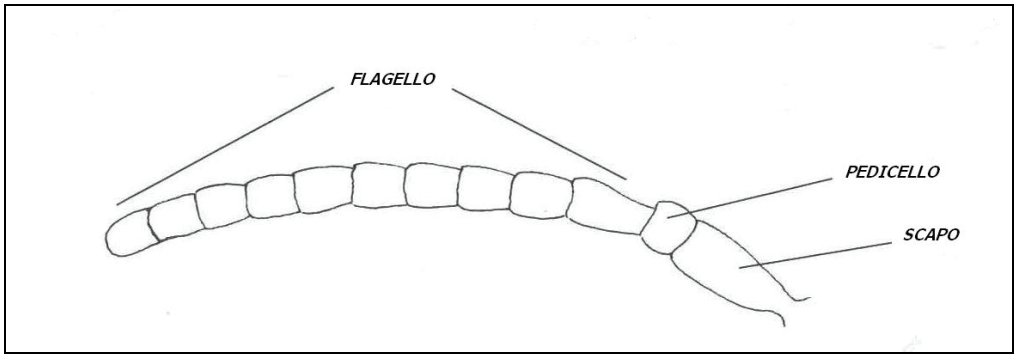


Fig. 4. Antenna di un Apoideo.

4.2.2. Mesosoma

Il mesosoma (Fig. 5), è costituito dai tre segmenti tipici del torace più un quarto urite dell'addome, il propodeo, che costituiscono una struttura intimamente integrata. Il protorace può avere una forma campanulata o essere molto ridotto, quasi fuso al mesotorace che risulta essere il segmento più sviluppato; il mesotorace, nella parte dorsale, presenta due scleriti principali: scuto e scutello; il metatorace ha uno sclerite spesso molto ridotto con lo sternite molto ridotto, lateralmente munito di un paio di spiracoli. Le ali (Fig. 6) sono ben sviluppate ed hanno consistenza membranosa, con venulazione estesa (Diniz, 1963). Le vene longitudinali comprendono una vena costale, piuttosto robusta, seguita dalle vene subcostale, radiale, cubitale e anale. Le venatura trasversali, intercettando quelle longitudinali, delimitano diverse cellule chiuse, in senso antero-posteriore: costale, subcostale, mediale, discale, anale; distalmente abbiamo la cella radiale e due-tre submarginali. Le ali si articolano al mesosoma tramite scleriti pterali, collegati ad altri due scleriti, basalare e subalare, a loro volta collegati a potenti muscoli (Tremblay, 1999). Le due ali, anteriore e posteriore, si agganciano fra di loro mediante un sistema di

piccole formazioni ad uncino, gli hamuli, carattere peculiare degli Imenotteri. Le zampe (Fig. 7) sono costituite da coxa, trocantere, femore, tibia e tarso. Quest'ultimo presenta cinque articoli (tarsomeri), il primo del quali viene definito basitarso, l'ultimo invece pretarso e porta due unghie.

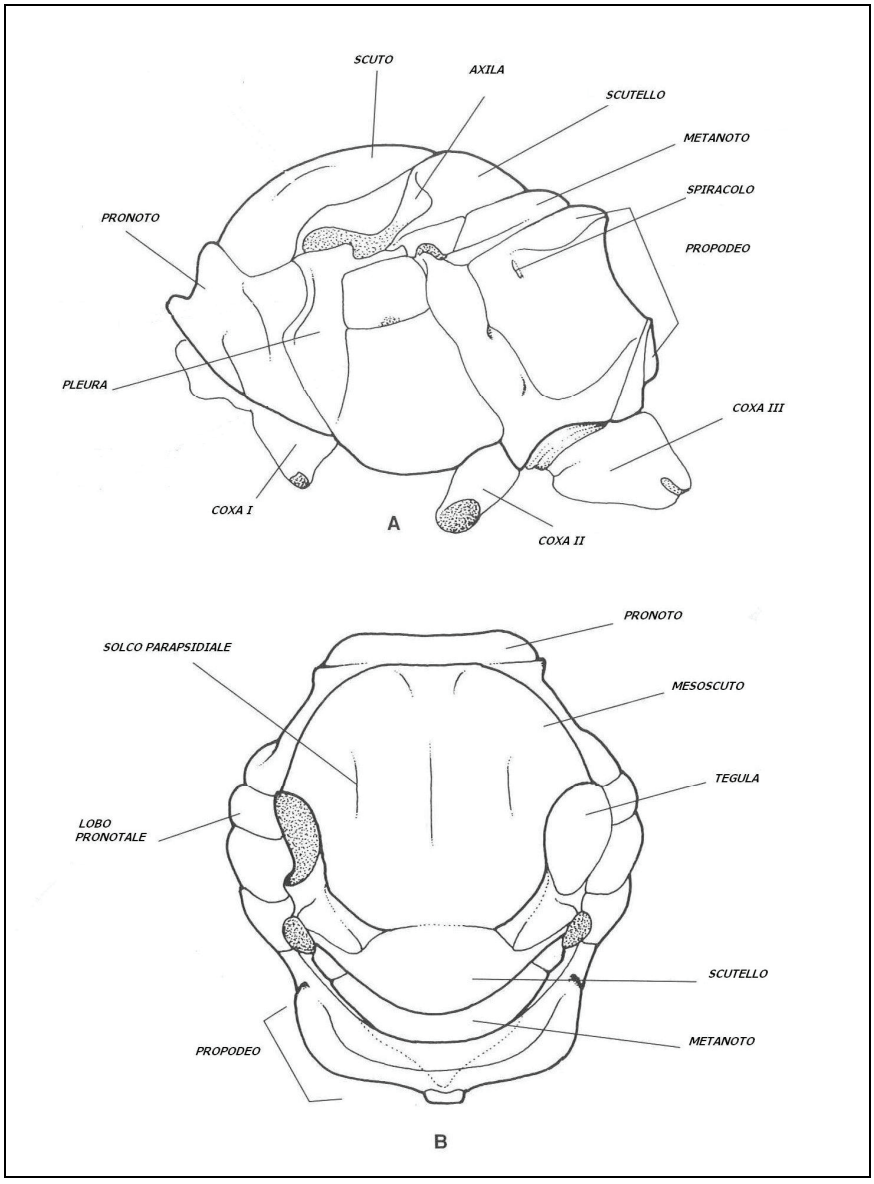


Fig. 5. Mesosoma di un Apoideo in visione laterale (A) e dorsale (B).

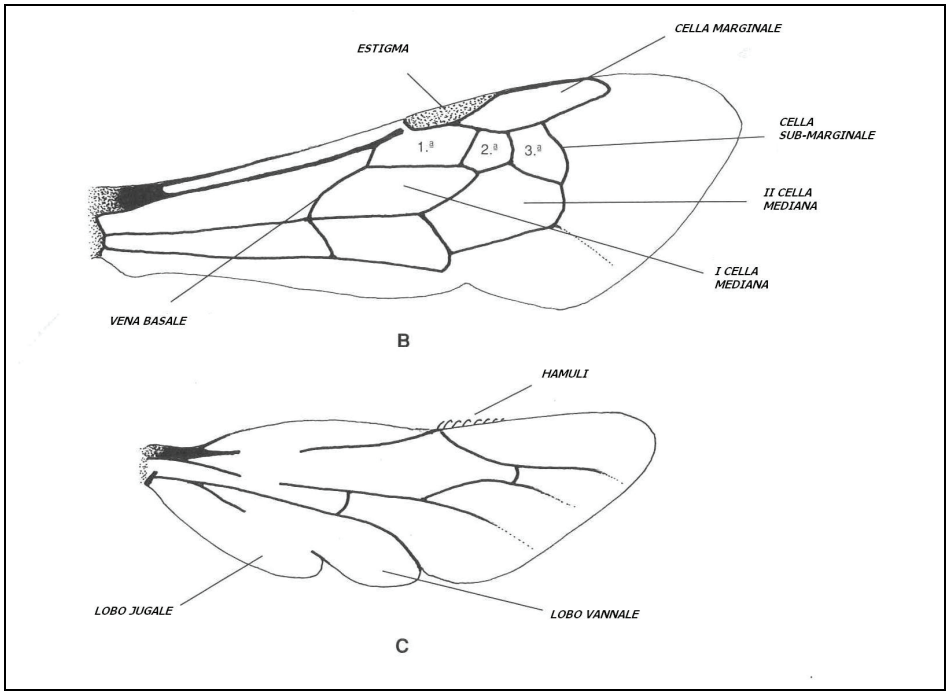


Fig. 6. Schema dell'ala anteriore (B) e posteriore (C) di un Apoideo.

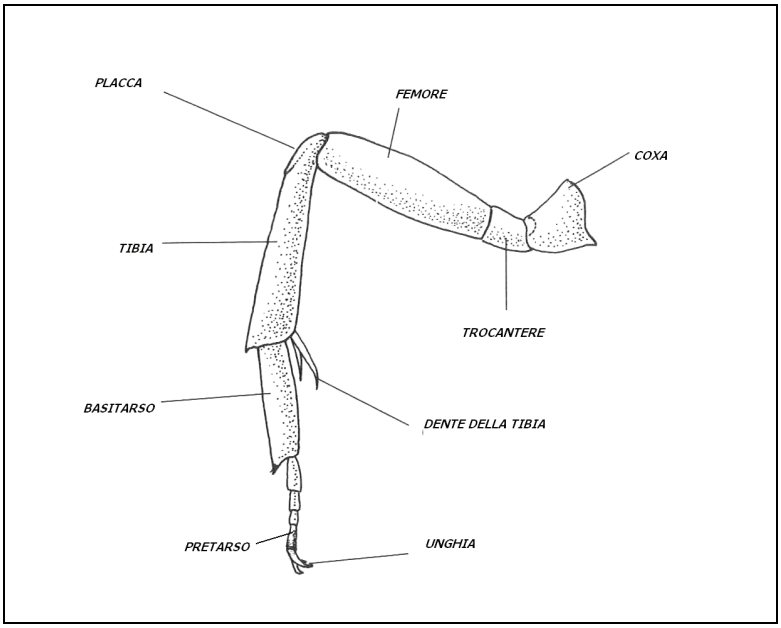


Fig. 7. Zampa di un Apoideo.

Sulla parte posteriore delle tibie anteriori e mediane è presente uno sperone mentre in quelle posteriori ne sono presenti due. Nella parte posteriore della tibia della zampa posteriore delle femmine è presente una placca ben sviluppata che facilita la deambulazione all'interno dei nidi e che sembra utile per compattare le strutture delle celle. Sulla parte inferiore della tibia delle stesse zampe, come anche sulla parte basale del femore, sono presenti un paio di spazzole, meglio sviluppate nelle femmine a ligula corta, che sono utilizzate per trasferire il polline dalle zampe anteriori (Jander, 1976). Sulla faccia interna della tibia posteriore è spesso presente una fila di sete, smussate, tronche o brevemente bifide, aventi funzione di pulizia delle ali. Nelle femmine di molte specie è presente una struttura detta scopa atta alla raccolta del polline. Nella maggior parte dei casi la scopa è situata nelle zampe posteriori oppure, come avviene nei Megachilidi, sulla parte ventrale del metasoma; in molte *Andrena* la scopa si trova sulla parte interna del femore della zampa posteriore, mentre in altri generi delle famiglie Colletidi, Alictidi ed Andrenidi è situata sulla superficie del propodeo. La scopa è assente nei maschi e in molte specie cleptoparassite, come Nomadini e Melectini. Nelle specie sociali le zampe posteriori delle operaie presentano forti specializzazioni morfo-funzionali atte alla loro mansione all'interno della colonia.

4.2.3. Metasoma

Il metasoma (Fig. 8) è ben sviluppato e contiene la maggior parte dell'apparato digerente, escretore, riproduttore e altri importanti organi, fra cui i voluminosi sacchi aerei del sistema respiratorio nonché numerose ghiandole.

È costituito da una serie di segmenti anulari detti uriti che presentano un'area dorsale (urotergo) e una ventrale (urosterno), più due aree membranose laterali (Tremblay, 1999). Comprende 10 metameri, dei quali gli ultimi due-tre sono più o meno modificati; il primo urosterno è molto ridotto o mancante e diviene parte integrante del propodeo. In genere nelle femmine, fatta eccezione per i generi *Trigona* e *Melipona*, si osservano sette tergiti e sette sterniti mentre l'ottavo, il nono e il decimo sono profondamente modificati e vi trova alloggiamento l'aculeo, formato da tre pezzi: lo stiletto, un pezzo impari dorsale, e due lancette pari ventrali (Frilli et al., 2001) (Fig. 9). Nei maschi, invece, si osservano otto uroterghi e l'armatura genitale presenta molti caratteri interessanti per la sistematica dei gruppi (Fig. 9). Essa è composta da un pezzo chiamato gonobase consistente in uno sclerite basale al quale sono articolati due processi, i gonocoxiti. In alcuni gruppi il gonostilo è diviso alla base, formando così un gonostilo dorsale ed uno ventrale (Michener, 2007). Le valve del pene sono connesse sulla superficie dorsale tramite un ponte che, in alcuni Apini, è espanso posteriormente a formare una placca dorsale detta spata.

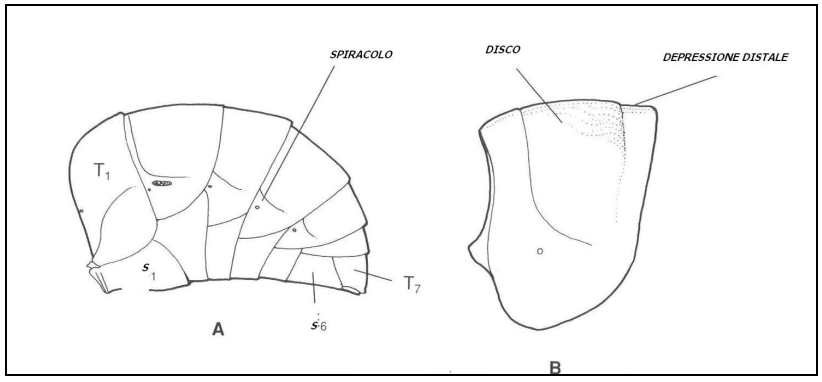


Fig. 8. Metasoma di un Apoideo in visione laterale (A) e dettaglio di un urite (B).

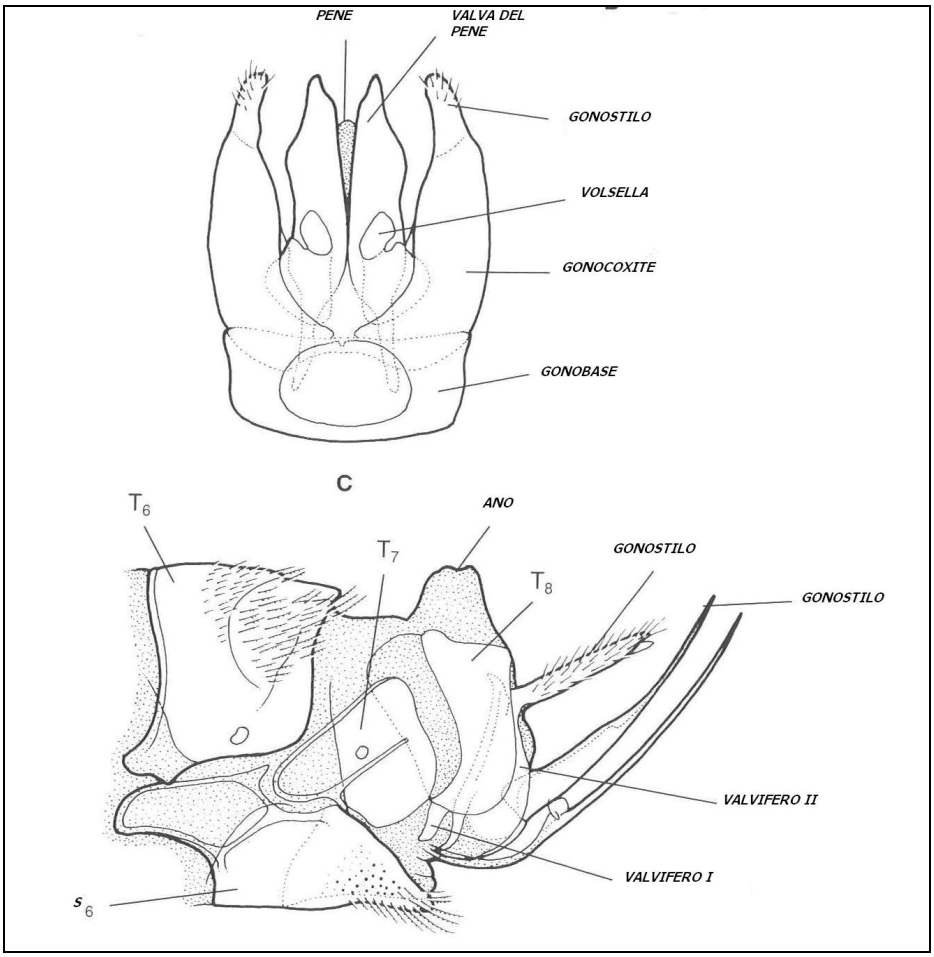


Fig. 9. Capsula genitale maschile (in alto) e apparato genitale femminile (in basso) degli Apoidei.

4.2.4. Sviluppo e riproduzione

Come tipicamente avviene per tutti gli Insetti olometaboli, anche gli Apoidei passano attraverso diversi stadi preimmaginali (Fig. 10) che dall'uovo porta ad una larva profondamente diverso dall'adulto, che alla fine dello sviluppo si trasforma in pupa e poi in adulto.

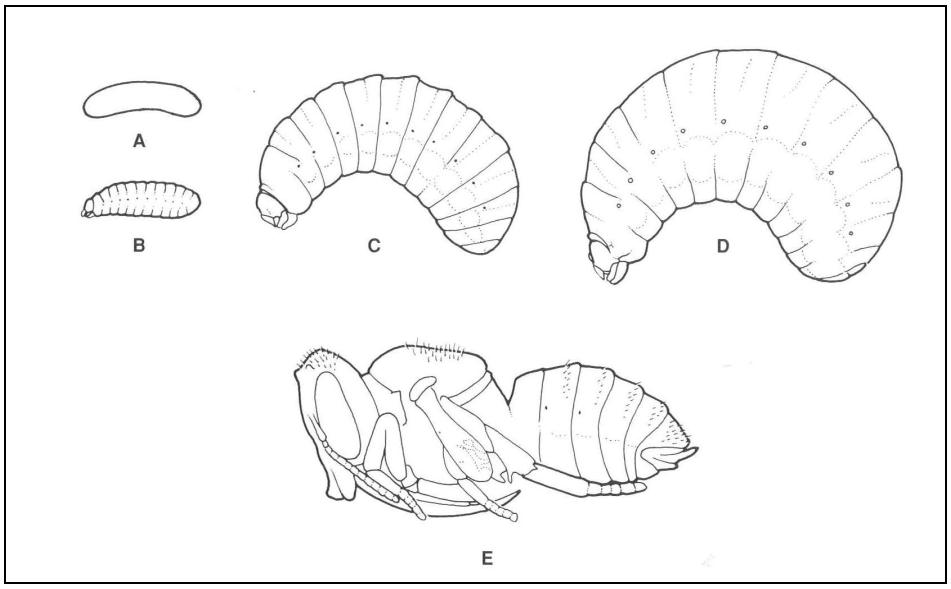


Fig. 10. Stati preimmaginali di un Apoideo: uovo (A), stadi larvali (B-D), pupa (E).

Il sistema aplodiploide di determinazione del sesso ha avuto grande influenza nell'evoluzione degli Imenotteri. Negli Apoidei, attraverso la partenogenesi arrenotoca, da uova fecondate si svilupperanno femmine mentre da quelle non fecondate maschi. Il rilascio di cellule spermatiche permette quindi alla femmina di controllare il sesso dell'individuo. Nelle femmine di Apoidei le cui dimensioni risultano maggiori rispetto a quelle degli individui di sesso maschile, non è difficile osservare deposizione contemporanee di più uova fecondate in celle di grandi dimensioni mentre quelle non fecondate (maschili) vengono deposte in celle più piccole. Nel genere *Apis*, dove sono i maschi ad essere più grandi delle operaie, le celle di covata di sesso maschile sono di dimensioni maggiori rispetto a quelle delle femmine e presumibilmente è proprio la dimensione della cella che stimola la regina a fecondare o meno ogni uovo. Inoltre, nelle specie che costruiscono le celle in serie all'interno

di cunicoli, la femmina solitamente depone le uova maschili nelle parte prossimale del nido, in modo che i maschi risultanti potranno abbandonarlo prima delle femmine che hanno uno sviluppo più lento. Il numero di uova deposte durante la vita da una femmina può variare da otto o anche meno per alcune specie solitarie, a più di un milione nelle regine delle specie altamente sociali. Le uova possiedono una forma allungata ed un colore biancastro con un corion membranoso. Le uova sono generalmente di medie dimensioni, ma sono molto più piccole in quelle specie altamente sociali, le quali producono molte uova per unità di tempo. L'uovo viene deposto sopra o più raramente all'interno della massa prevista per il consumo alimentare delle larve e nelle specie le cui larve si nutrono progressivamente, come nel caso di *Apis* e *Bombus*, e la per la maggior parte di Allodapini, le uova vengono deposte con pochissimo o addirittura senza alcun cibo associato. In *Allodapula* (Allodapini), la deposizione delle uova avviene in lotti. Nelle specie cleptoparassite le uova sono molto piccole, in quanto vengono nascoste opportunamente nella cella dell'ospite. Al contrario, invece, le uova sono molto grandi nelle api subsociali o primitivamente eusociali come nel caso di *Braunsapis* (Allodapini). Le larve possiedono un accrescimento rapido e attuano quattro o cinque mute successive, ma data la scarsezza di dati biblografici a causa della difficoltà di osservazione, per la grande maggioranza delle specie il numero di mute resta incerto. Per *Apis* si conoscono cinque stadi larvali, di cui quattro prima del raggiungimento dello stadio pupale. Cinque sembra essere il numero più probabile e più comune di stadi lavali per gli Apoidei (Lucas de Olivera, 1960). In alcune specie, come nel caso della maggior parte di Apinae

non parassite, il primo stadio rimane all'interno del corion, mostrando così solo quattro stadi successivi e tale modello di sviluppo è prevalente nei Megachilidae (Rozen, 1991). Diversità più marcate si notano invece nella maggior parte delle larve di specie cleptoparassite i cui stadi preimmaginali, possiedono un capo robusto, ben sclerificato, con mascelle lunghe e ricurve, in grado di uccidere le uova o le larve dell'ospite. Altre larve atipiche sono quelle delle Allodapine, che vivono in spazi comuni piuttosto che disposte in singole. Come in altri Imenotteri Aculeati, le larve non eliminano le proprie scorie fino ad una certa età e questa soluzione sembra sorta in antenati parassitoidi, per prevenire la contaminazione degli ospiti. In alcune specie l'emissione delle scorie non inizia fino a quando tutto il cibo non è stato consumato e, una volta completata la defecazione, la larva diviene più piccola. Quest'ultima parte dello stadio larvale che si chiama prepupa, ed è lo stadio larvale più studiato, in quanto possiede una forma piuttosto standard per ciascuna specie (Michener, 1955a). Lo stadio di prepupa è quello in cui l'individuo trascorre i periodi sfavorevoli, spesso all'interno delle celle pedotrofiche prima di ultimare lo sviluppo. Houston (1991), in Australia occidentale, ha osservato prepupe di *Amegilla dawsoni* (Rayment) che vivono fino a dieci anni e ha tentato di interromperne il periodo di diapausa senza avere alcun successo. Questi lunghi periodi di stasi si sono evoluti probabilmente per consentire una maggiore ripartizione dei rischi in modo che almeno alcuni individui sopravvivano superando lunghi periodi di carestia sfarfallando in modo sincronizzato con la fioritura periodica della vegetazione. Un altro metodo di ripartizione dei rischi osservato in una specie del deserto, *Hylaeus grossus* Cresson, consiste nella

costruzione del nido in luoghi diversi, piuttosto che assemblati in uno o pochi luoghi come fanno altre specie simili (Michener & Brooks, 2003). Le larve delle specie che presentano società o colonie molto numerose maturano in bozzoli di solito al momento della defecazione larvale. I bozzoli generalmente presentano due diversi livelli separati costituiti da una rete di fibre di seta immerse in una matrice formata da un liquido che solidifica intorno ad esse. Altri gruppi di Apoidei, tra cui quelli a ligula breve, non hanno il bozzolo come protezione ma spesso sono protetti da un rivestimento di cellule secreto dalle madri. L'impupamento si verifica solo quando le condizioni sono appropriate e ciò, per tutte le specie eusociali e per molte altre, avviene dopo che le fasi di alimentazione delle larve, defecazione e formazione della prepupa sono state completate. I caratteri delle pupe sono in parte quelli degli adulti, ma alcuni di essi sono ben distinti; il carattere più evidente è dato dalle diverse spine, completamente assenti negli adulti, che offrono spazi nei quali in seguito le lunghe sete degli adulti si svilupperanno (Michener, 1954). Gli adulti, completato lo sviluppo ed effettuato la fuorisuscita dalla celle pedotrofica, compiono i primi voli e visitano fiori per la ricerca del nutrimento. Molte specie possiedono una vita allo stadio adulto anche di poche settimane, altre invece riescono a superare le stagioni sfavorevoli e a prolungare la vita immaginale. Nel caso delle specie di *Andrena*, l'impupamento e la maturazione si verificano nella tarda estate o all'inizio dell'autunno e, per superare la stagione sfavorevole, rimangono allo stadio adulto nelle loro celle per tutto l'inverno e lo abbandonano fuoriuscendo dal terreno in primavera o in estate per accoppiarsi e costruire nuovi nidi. Per la maggior parte delle

Halictinae, anche se l'impupamento e la riproduzione si verificano nello stesso periodo, gli adulti riescono a lasciare il nido in autunno per il foraggiamento e la riproduzione e, mentre i maschi muoiono quasi subito, le femmine scavano cunicoli ciechi nuovi o si rifugiano all'interno dei vecchi nidi, trascorrendovi l'inverno. Sono poche le specie che vivono più a lungo mostrando una vita adulta relativamente attiva, tra questi vi sono sicuramente le regine delle specie eusociali e probabilmente la maggior parte delle femmine di Xylocopinae e alcune Halictinae solitari. Le interazioni tra maschio e femmina sono diverse e devono presentare differenti situazioni per massimizzare l'accesso dei maschi disponibili alla fase ricettiva delle femmine: questo ha giocato e gioca tutt'oggi un ruolo chiave nell'evoluzione. La strategia riproduttiva del maschio varia molto con la dimensione del corpo; quelli di grandi dimensioni solitamente volano sui siti di nidificazione per trovare le femmine che escono dal terreno o addirittura scavano nel terreno presumibilmente guidati da stimoli olfattivi. Quelli piccoli, invece, cercano le femmine sui fiori o sulla vegetazione nei pressi dell'area di nidificazione. Tale comportamento è documentato ad esempio per *Centris pallida* Fox (Alcock, 1989). Nel caso di *Lasioglossum zephyrum* (Smith), per oltre il 70% dei casi l'accoppiamento avviene tra individui dello stesso nido (Paxton & Tengo, 1996) mentre per molte altre specie gli individui di sesso maschile cercano femmine non imparentate. Data la rarità con cui si può osservare l'accoppiamento nella maggior parte delle specie di Apoidei, è possibile che l'accoppiamento in alcune specie solitarie avvenga all'interno nei nidi stessi. Vi sono specie le cui femmine si accoppiano una volta sola nella loro vita ed i maschi allora, nel tentativo di

accoppiarsi, attendono le giovani femmine appena emerse oppure scavano nel terreno per trovarle; altre invece riescono ad accoppiarsi per più volte ed in tal caso il comportamento dei maschi suggerisce che vi è una scala di precedenza per gli spermatozoi di maschi diversi, in modo tale che lo sperma ricevuto dall'ultimo accoppiamento fecondi l'uovo successivo.

Per i maschi è dunque possibile avere diversi accoppiamenti con alcune femmine ma, a giudicare dai risultati ottenuti in laboratorio per gruppi come Meliponini e Apini, i genitali maschili vengono lacerati durante la copula. Molti maschi appartenenti a specie e a famiglie diverse, hanno modificato le zampe (in particolar modo quelle mediane) e il capo (largo e con mandibole molto separate) al fine di afferrare e tenere ben salde le femmine durante l'accoppiamento. I maschi a capo largo sono presenti soprattutto in alcuni Andrenidae (Andreninae e Panurginae) e in alcuni Halictinae.

4.2.5. Nidificazione

Il nido viene quasi sempre costruito dalla femmina feconda o, nelle specie sociali, dalle operaie. La realizzazione del nido e la ovideposizione sono aspetti determinanti per assicurare il successo evolutivo delle specie di Apoidei e rappresentano caratteri importanti per la comprensione di fenomeni quali gli adattamenti e la filogenesi (Malyshev, 1935).

I nidi sono costituiti da celle pedotrofiche, ognuna delle quali assicura la protezione delle delicate fasi di maturazione larvale oltre a contenere il substrato alimentare della larva nelle sue fasi di crescita. La maggior parte dei nidi sono composti da numerose celle costruite nel terreno, nelle cavità del legno

oppure all'interno di altri substrati. In genere, quelli costruiti nel terreno sono formati da un asse principale dal quale hanno si originano diversi cunicoli laterali, ognuno dei quali terminante con una singola cella pedotrofica (Michener, 1964; Radchenko & Pesenko, 1994a, 1994b; Radchenko, 1995). Questa modalità di costruzione sembra trovare una correlazione con il tipo ancestrale; infatti tale modello di nido è lo stesso utilizzato dagli Sfecidi; le altre modalità di costruzione del nido sarebbero pertanto derivate (Budrys, 2001).

Le celle pedotrofiche, come anche gli stessi cunicoli, possono essere foderate/i o meno ed i rami laterali possono essere disposti in modo da apparire ben separati in una parte superiore e in una inferiore del nido, oppure aggruppate tutte sullo stesso livello. Tra le molteplici variazioni architettoniche del nido, vi sono tantissime tipologie nella disposizione delle celle. Diversi gruppi di Apoidei, come molti Melittidi, la maggior parte delle Xylocopine, le Fidelinae e le Panurgine, costruiscono nidi nei quali numerosi cunicoli sono collegati a singole celle pedotrofiche, mentre altri non presentano gallerie secondarie e le celle pedotrofiche vengono costruite direttamente sulle pareti della galleria principale con un orientamento orizzontale. In alcuni gruppi, come gli Alictidi, le femmine, durante la stagione favorevole, scavano gallerie verticali ed alcune orizzontali nelle quali depongono uova sterili dalle quali sfarfallano femmine che rimarranno all'interno del nido per costruire gallerie secondarie. Celle scavate o costruite nel terreno (Fig. 11) o su substrato di altro tipo, sono generalmente di dimensione uguali e definite omomorfe ed i taxa più comuni che presentano nidi omomorfi sono gli Andrenidi e gli Alictidi. I Megachilidi costruiscono le celle solo in

particolari parti del nido, solitamente lungo le pareti dell'intero nido, utilizzando materiali esterni al nido stesso come pezzi di foglie tagliate e masticate, polpa di foglie integrati da materiale appiccicoso, resina, ciottoli e fango (Müller, 1996). Alcuni nidi di Megachilidi sono costruiti in modo da essere composti unicamente da uno o più elementi di resina o di resina e ciottoli, più comunemente da pasta di foglie o steli vegetali. Questo è il caso di *Anthidiellum*, i cui nidi sono costituiti da singole celle resinose su piante o su roccia. Il nido architettonicamente più semplice dal quale presumibilmente sono derivati le altre tipologie di nidi è quello degli Allopadini, costruito nella cavità in un fusto vuoto o all'interno di cavità precedentemente utilizzate da altri Insetti. Spesso è necessario che tale cavità venga ripulita e che il fondo venga arrotondato mentre l'ingresso modificato da particelle di legno cementate assieme o da materiali salivari in modo tale da restringere l'ingresso del nido, consentendo una protezione più efficace. In caso di minaccia, spesso la femmina ostruisce l'ingresso del nido col proprio addome. Gli stadi larvali sono allevati insieme solitamente tramite una alimentazione progressiva all'interno del nido stesso (Michener, 1971; 1990). Al contrario, i Corbiculati come gli Apini, i Bombini e i Meliponini, costruiscono le celle impiegando la cera prodotta da ghiandole specializzate poste nel metasoma; solo gli Apini mescolano anche altri materiali quali resina o polline. Raramente, come in *Apis dorsata* F. e *A. florea* F., le celle sono esposte ma vengono protette dagli stessi esemplari (Michener, 1961; 1974; Wille & Michener, 1973). Per la gran parte delle specie, ciascuna larva dispone in ogni cella di una riserva di cibo sufficiente a completare lo sviluppo, pertanto una volta deposto l'uovo, la cella viene chiusa

definitivamente. In alcuni Alictini e in molte *Ceratina*, anche se si verifica un accumulo iniziale di scorte, le celle vengono regolarmente aperte per rimuovere le feci e poi richiuse (Michener, 1974, 1990). Nelle specie che accumulano scorte liquide, le celle sono rivestite con sostanze che le rendono impermeabili all'acqua, impedendo così la perdita del nutrimento per imbibizione e gocciolamento. Queste sostanze sono anche utili per proteggere le uova e le larve dalla disidratazione e impedire che il nutrimento possa diluirsi con l'acqua proveniente dall'esterno (Radchenko & Pesenko, 1994b; Stephen et al., 1996). La riserva di cibo conservata nelle celle pedotrofiche e destinata alle larve, possono essere di consistenza varia: liquida, viscosa o più o meno consistente e principalmente rappresentati da nettare mescolato a polline. In molte specie delle famiglie Colletidae, Halictidae, Andrenidae, Melittidae e Xylocopini, la massa di alimenti ha una forma sferoidale o leggermente appiattita, ma a volte, come in *Dasypoda* o *Macropis*, sono presenti proiezioni basali che sostengono la massa alimentare, riducendo al minimo le zone di contatto con la superficie delle celle ed evitando, quindi, il formarsi di siti umidi e di aree deteriorate. Oltre a nettare e polline, le sostanze di scorta contengono secrezioni ghiandolari che contribuiscono alla conservazione del cibo per le larve. La conservazione del cibo, che sia polline o nettare o miele, per il consumo degli adulti o da trasferire alle larve, è una pratica che si osserva in pochi nidi di Apoidei. In *Apis* il cibo è conservato in celle molto simili a quelle di covata, mentre in Meliponini e Bombini, viene riposto in strutture a forma di vaso, molto diverse dalle celle di covata, che, dopo lo sfarfallamento,

possono essere utilizzate come contenitori di miele (Maccagnini, 1996).

Fig. 11. Esemplare di *Andrena* nidificante all'interno di gallerie scavate nel suolo.

4.2.6. Classificazione degli Apoidea

Gli Apoidea rappresentano il gruppo di Aculeati più ricco in specie, con circa 18.000 specie, ma gli studiosi ritengono che tale numero sia superiore a 20.000 (Michener, 2000; Sharkey, 2007). La sistematica degli Imenotteri Aculeati è stata oggetto di numerosi lavori di revisione filogenetica a partire da quella di Brothers (1975) che ha posto le basi cladistiche per una sistemazione "naturale" dei gruppi, compresi gli Apoidei aggiornata e rivisitata più recentemente (Brothers, 1999). Un ulteriore contributo alla classificazione degli Apoidei è stato fornito da Melo (1999), Melo & Gonsalves (2005) ed Engel (2005). Attualmente agli Apoidea vengono ascritte otto famiglie,

sebbene Michener (2000) includa gli Anthophoridae all'interno degli Apidae, riducendo tale numero a sette (Fig. 12).

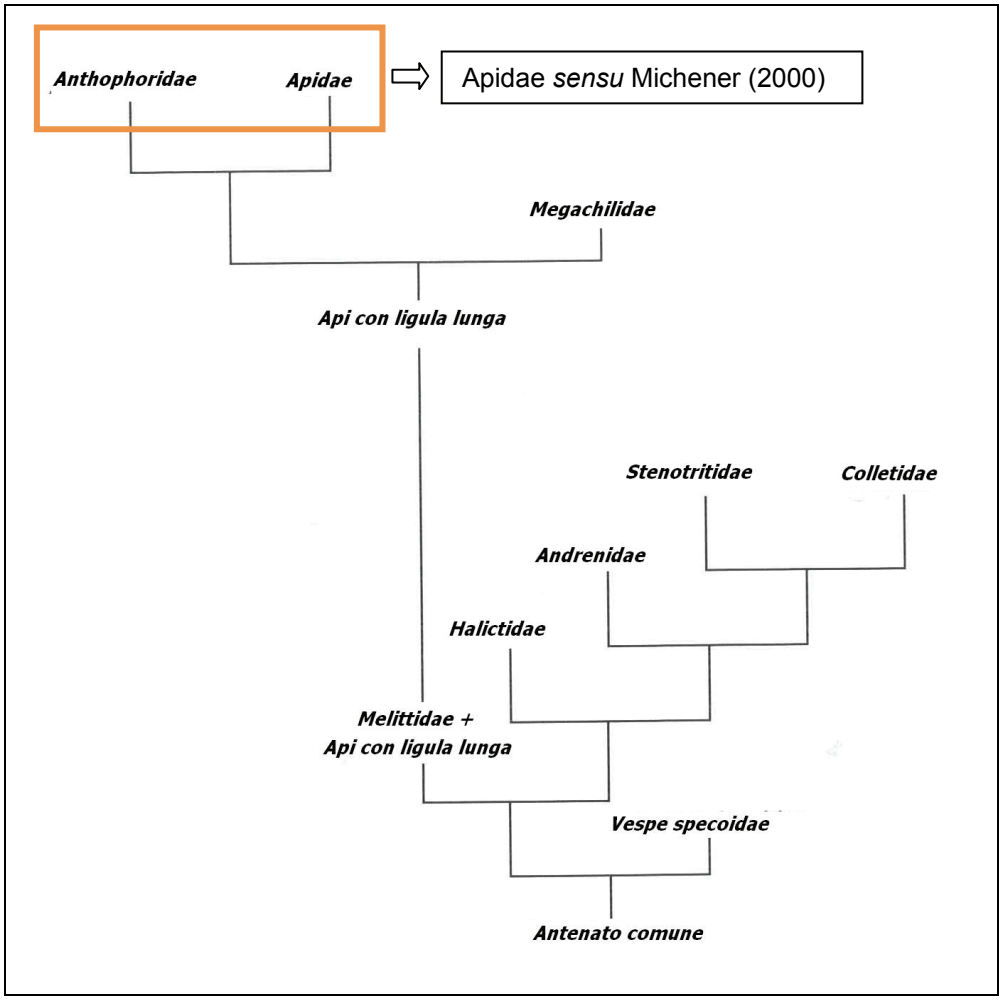


Fig. 12. Filogenesi degli Apoidei secondo Michener (2000).

Colletidae (Fig. 13)

La famiglia Colletidae è rappresentata da Apoidei di antica origine. Possiedono una glossa che risulta essere più larga che lunga, bilobata o bifida, talvolta con due processi puntiformi nella parte terminale (Grandi, 1984). Il labbro, in entrambi i sessi, si presenta più largo che lungo con il margine apicale

ornato da setole. Le antenne presentano una struttura subantennale diretta verso l'interno della cavità antennale stessa. Il clipeo è generalmente piatto e presenta le parti basali inferiori leggermente piegate su entrambi i lati del labbro. Possiedono una carena orizzontale in prossimità della metapleura che risulta di difficile osservazione; in alcune specie è presente un margine giallo arancio mentre in altre una prominenza nera (Michener, 2007). Le dimensioni del corpo sono piccole o medie. Hanno abitudini solitarie ma talvolta nidificano in paraoichia in presenza di un substrato adatto. Come la gran parte degli Apoidei, forniscono i nidi pedotrofici con polline e nettare che vengono trasportati al nido e ammassati in bocca, proprio per la mancanza di apparato di raccolta, e poi rigurgitati nella cella precedentemente costruita e spalmata con la saliva. Le gallerie contenenti le celle possono essere scavate sia nel terreno che in rami di dimensione idonea. I Colletidae sono diffusi in tutto il mondo e particolarmente nella Regione Notogeica ove costituiscono circa il 50% delle specie di Apoidei rappresentati (Pagliano, 1988).

Fig. 13. Esemplare di Colletidae appartenente al genere *Colletes*.

Le cinque sottofamiglie incluse sono: Diphaglossinae, che possiedono dimensioni molto variabili e sono caratterizzate dell'essere ricoperte di densa pubescenza; Colletinae, caratterizzate dall'avere un largo apparato di raccolta sulle coxe e batitarsi delle zampe posteriori che possono espandersi sino alla parte ventrale dell'addome. Euryglossinae, Xeromelissae e Hyleinae sono accumunate dall'avere piccole dimensioni con scarsa presenza di pubescenza sul corpo.

Andrenidae (Fig. 14)

Caratterizzati da numerosi caratteri poco evoluti quali la venatura alare notevolmente sviluppata e l'apparato boccale con palpi e articoli poco differenziati; possiedono anche caratteri più evoluti quali lo sviluppo della pubescenza del corpo e l'apparato di raccolta sulle zampe. Hanno dimensioni medie, con pochi rappresentanti di piccole dimensioni. La nidificazione avviene in gallerie scavate nel terreno. Il polline raccolto sui fiori e sistemato nelle spazzole presenti sulle zampe metatoraciche, viene trasportato in celle disposte a grappolo. Ciascuna cella viene divisa dall'altra mediante un diaframma fatto di terriccio e saliva. Dopo pochi giorni dalla deposizione, dalle uova schiudono le larve che iniziano a nutrirsi e nel giro di 4-5 settimane raggiungono la stato immaginale. Di norma, le specie vegetali scelte per l'alimentazione e la raccolta del polline sono poche e difficilmente si adattano a visitare specie diverse (Pagliano, 1988). Ne consegue che le specie monofaghe risultano univoltine, mentre quelle polifaghe, quindi meno specializzate, possono avere 2-3 generazioni annuali.

Fig. 14. Esemplare di Andrenidae appartenente al genere *Andrena*.

Halictidae (Fig. 15)

Possiedono un apparato boccale costituito da glossa breve e appuntita, con premento vistosamente allungato. Le ali anteriori presentano una vistosa nervatura basale arcuata. In alcune specie vengono ravvisati i primi accenni di vita sociale (Pagliano, 1988). Questa famiglia presenta sia specie cleptoparassite, sia specie solitarie; alcune nidificano per più anni nella medesima galleria. In queste gallerie comuni, costruite dalla fondatrice, di norma gli individui scavano celle pedotrofiche proprie in terreni che possono essere sia compatti che soffici; le celle vengono disposte su più piani e con pareti più o meno levigate a secondo della specie di appartenenza. L'apparato di raccolta del polline è diversificato all'interno della famiglia. Esso è presente su tibie e tarsi nelle specie bottinatrici, mentre è assente in quelle parassite come nel caso

Fig. 15. Esemplare di Halictidae appartenente al genere *Halictus*.

di *Sphecodes*. Le dimensioni degli individui appartenenti a tale famiglia variano da 2 a 20 mm; maschi e femmine presentano uno spiccato dimorfismo sessuale; i primi presentano 13 articoli antennali e 7 segmenti visibili nel metasoma ed hanno il corpo lungo ed esile; le femmine invece possiedono antenne di 12 articoli e metasoma di 6-5 segmenti visibili, con corpo tozzo e più robusto.

Melittidae (Fig. 16)

Hanno il corpo di lunghezza variabile da 8 a 20 mm, rivestito normalmente di pubescenza densa e lunga. Apparato boccale con premento lungo e glossa di media lunghezza; articoli dei palpi labiali di forma uniforme.

Fig. 16. Esemplare di Melittidae appartenente al genere *Dasypoda*.

Possiedono ligula corta. Il labbro superiore è solitamente più largo che lungo con un margine apicale provvisto di setole. Normalmente la glossa è più corta del premento e il suo apice è appuntito. Hanno abitudini solitarie ed infeudati normalmente a poche specie vegetali che vengono visitate durante tutto l'arco della giornata. Un comportamento molto comune a tali specie è la sosta di questi sui fiori bottinati quando le condizioni climatiche peggiorano rapidamente. Le tre sottofamiglie sono: Meganomiinae, di dimensioni variabili con macchie gialle o color crema sul corpo e mandibole semplici con paraglossa lunga quanto il sospensorio e densamente ricoperta di pubescenza; Dasypodinae, con corpo piccolo privo di macchie e con paraglossa assente o, se presente, di dimensioni minori rispetto al sospensorio; Melittinae, di dimensioni simili a quelle dei Dasypodinae, con colorazione vicina a quella del genere *Andrena* ma privi di macchie gialle.

Megachilidae (Fig. 17)

Presentano corpo tozzo, pubescenza breve e robusta; apparato di raccolta, se presente, collocato ventralmente al metasoma. Corpo robusto e largo, antenne brevi o di media lunghezza. La colorazione del corpo varia da nero o giallo e nero, raramente blu, verde o rosso brillante. Le zampe sono piuttosto robuste. Le dimensioni sono medie, anche se non mancano rappresentanti piccoli o grandi. Si distinguono per la lunga ligula e la glossa al cui apice vi è un flabello. Sono caratterizzati dal labbro superiore più lungo che largo. L'apparato di raccolta è costituito da una serie di setole parallele rivolte all'indietro. Se da un punto di vista morfologico i rappresentanti di tali famiglie risultano essere uniformi, notevoli sono le differenze etologiche. Alcune specie costruiscono i nidi nel terreno senza apporto di materiale esterno; altre lo costruiscono utilizzando i materiali più disparati, altre ancora sono invece cleptoparassite e vivono nei nidi di altri Megachilidi; alcune specie utilizzano nidi e gallerie preesistenti, come le conchiglie vuote di Molluschi Gasteropodi.

Fig. 17. Esemplare di Megachilidae.

Apidae (Fig. 18)

Possiedono caratteristiche morfologiche uniche per tutti i membri della famiglia e biologia molto variabile a seconda dei gruppi. Si annoverano specie solitarie, sociali, cleptoparassite e parassite sociali. L'apparato boccale è formato da lunga glossa e palpi labiali notevolmente differenziati; le zampe metatoraciche possiedono le tibie e i metatarsi vistosamente modificati al fine di trattenere il polline. Le dimensioni del corpo variano da 2 a oltre 25 mm. Si distinguono tre sottofamiglie: Xylocopinae, che comprendono specie di piccole, medie e grandi dimensioni; l'apparato di raccolta del polline è ridotto; presentano coxe anteriori larghe e tozze; la placca digitale nelle femmine è assente o ridotta ad una spina. La sottofamiglia Apinae comprende tutte le specie che hanno raggiunto un elevato grado evolutivo e formano società molto complesse e divisioni in caste. Le Nomadinae infine sono esclusivamente cleptoparassite, con habitus che si avvicina a quello delle vespe.

Fig. 18. Esemplare di Apidae appartenente al genere *Bombus*.

4.3. Il ruolo degli Apoidei negli ecosistemi e negli agroecosistemi

Il regime trofico degli Apoidei è esclusivamente pollinifago e nettarifago nelle api durante entrambi le fasi larvale e immaginale. La notevole specializzazione trofica, ha come riflesso e conseguenza, un'interazione intima e profonda tra gli Apoidei e le Angiosperme. Il ruolo degli Apoidei negli ecosistemi è pertanto di indiscutibile rilevanza ecologica, maggiormente nelle aree tropicali dove gran parte delle Angiosperme affidano i processi di impollinazione proprio agli Apoidei, mentre nelle aree temperate una parte variabile di esse (mediamente del 20%) hanno adottato meccanismi anemofili, quindi senza interazione particolare con specie di pronubi. Anche negli agro-ecosistemi, il ruolo degli impollinatori è di rilevante importanza, sia in pieno campo che nelle colture protette, con conseguenti riflessi positivi sulla loro produttività. Per molti studiosi è discutibile la stima che l'80% delle colture venga impollinato dalle "api da miele" ed il resto da tutte le altre specie di Apoidei (Michener, 2000). In ogni caso, il ruolo ecologico degli Apoidei come impollinatori è indiscutibile (O'Toole, 1993; Klein et al., 2007), come anche il fatto che la produttività economica delle superfici delle colture impollinate da questi Insetti aumenta considerevolmente. Il ruolo degli Apoidei negli agroecosistemi è ancora più rilevante rispetto al recente passato se si considera che le popolazioni della specie più diffusa, *Apis mellifera* L., hanno subito di recente drastiche riduzioni di molte delle sue popolazioni nelle zone temperate, sia per cause antropiche indirette, come l'introduzione in Europa e nelle Americhe di Acari parassiti, come quelli appartenenti al genere *Varroa* ed altri. Inoltre, esistono diverse

colture per le quali l'Ape da miele risulta essere uno scarso impollinatore rispetto alle innumerevoli altre specie di Apoidei. Alcuni esempi sono rappresentati da due Megachilidi: *Osmia cornifrons* (Radoszkowski), che impollina numerose tipologie di colture arboree frutticole in Giappone; *Megachile rotundata* (F.), che impollina efficacemente l'Erba medica in vasti territori dove questa specie vegetale viene coltivata; ed inoltre gli Apidi sociali del genere *Bombus*, soprattutto *Bombus terrestris* (L.), che impollina numerose varietà e cultivar di Pomodoro in serra. La scelta delle specie più adatta per le finalità produttive, deve tenere conto delle caratteristiche eco-etologiche della specie, ed in particolare della struttura sociale, che può essere molto variabile, da piccole colonie con pochi individui a società che ne hanno migliaia e perfino milioni (Apoidei sociali ed eusociali). In alcune specie le colonie sopravvivono per un breve periodo, sono cioè stagionali, in altre possono durare molti anni; esse possono essere fondate da un solo individuo o da un gruppo di individui che cooperano a questo scopo ed essere composte da membri di entrambi i sessi o prevalentemente da femmine (come in quelle di altri Imenotteri). Nonostante la grande variabilità, queste società sono tutte caratterizzate da un'efficiente attività coordinata degli individui che le compongono. Mentre le regine si occupano della riproduzione, le operaie collaborano in modo altamente organizzato alla costruzione del nido, alla ricerca delle fonti di cibo, alla difesa della colonia e si suddividono in modo efficiente i diversi compiti che devono essere svolti all'interno della colonia stessa.

Molti Apoidei sono specialisti per particolari tipi di polline e di fiori. La lunghezza della ligula (Fig. 19) è un fattore importante per la selezione di determinati gruppi di specie vegetali, in base

alla lunghezza delle parti fiorali. In molti territori i popolamenti di Apoidei sono stati seriamente ridotti dalla distruzione degli habitat, dei siti di nidificazione (molto spesso nel terreno) a causa della agricoltura, della viabilità e dell'uso eccessivo di insetticidi: questi sembrano essere i principali fattori che incidono negativamente; inoltre, l'introduzione o l'incremento di popolazioni di *Apis mellifera* rappresenta un importante fattore di competizione ecologica per la risorsa trofica (Banaszak, 1995; Matheson et al., 1996; O'Toole, 1993).

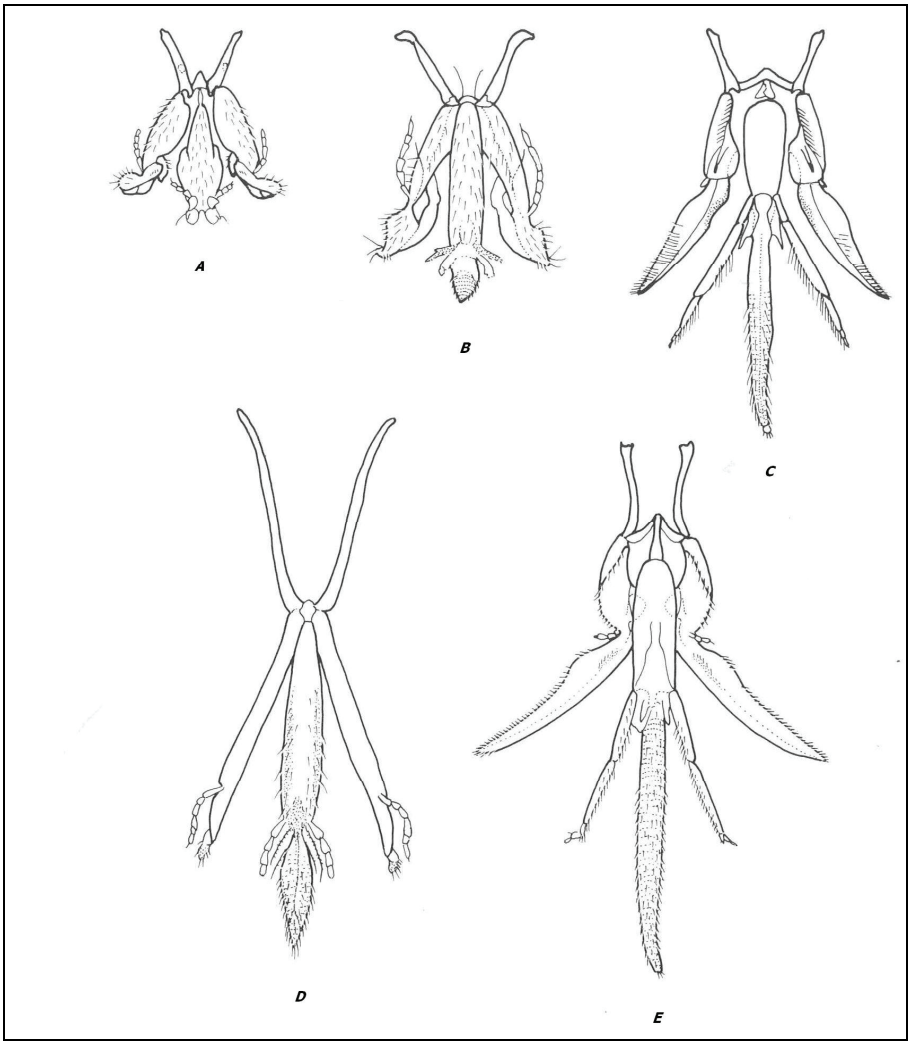


Fig. 19. Schema illustrante tipologie diverse di apparato boccale di Apoidei: ligula corta (A-B), ligula media (C), ligula lunga (D-E).

4.4. Relazioni tra Apoidei e Angiosperme

Piante e Insetti sono così strettamente correlati ecologicamente tra loro che è impossibile immaginare l'esistenza di un numero così elevato di specie di Angiosperme senza la presenza di questo gruppo (Prince,1997). Le Angiosperme, a causa di pressioni ambientali subite nel corso della loro evoluzione, come ad esempio la siccità, sono state costrette a ridurre il proprio sacco embrionale e gli ovuli spingendosi ad attuare una modalità di riproduzione che le portasse alla doppia fecondazione facendo si che l'impollinazione, grazie alla diffusione degli Insetti, cambi da autogama (autoimpollinazione) ad entomogama (impollinazione eterogama mediata da insetti). La siccità inoltre, come avviene anche oggi, spinge il periodo di fioritura a giungere solo dopo la fine della stagione piovosa, in perfetto sincronismo con la nascita degli Insetti della nuova generazione annuale: ciò ha favorito la coevoluzione tra pronubi e Angiosperme (Gerola, 1995). Queste selezioni sequenziali hanno favorito rapporti sempre nuovi, legati anche ad evoluzioni biochimiche delle piante che gradualmente hanno sviluppato la capacità di sintesi di composti chimici determinanti nel richiamo degli Insetti (Gerola, 1995). In una prima fase evolutiva, i Coleotteri avevano un ruolo primario nell'impollinazione delle Angiosperme, i quali triturano gli elementi fiorali più ricchi di sostanze nutritive; in una fase successiva, però, gli Imenotteri, ma anche i Ditteri ed i Lepidotteri, hanno assunto un ruolo chiave nel processo di impollinazione delle Piante, soprattutto attraverso profonde trasformazioni degli apparati boccali, che divengono masticatore-lambente, ma anche succhiatore, con allungamento delle parti boccali. Parallelamente avvengono

trasformazioni delle parti fiorali, che consentono una più ottimale utilizzazione dell'attività dei pronubi. Ad esempio, numerosi sono i caratteri morfologici delle parti fiorali, a funzione vessillare, ma anche eco-fisiologici, ad esempio attraverso la sintesi di sostanze feromoni che, capaci di attirare selettivamente i pronubi e consentirgli la raccolta del polline per trasportarlo su altri fiori nonché del nettare (Felicioli et al., 1998). A tal proposito, la composizione chimica del nettare varia notevolmente a seconda della tipologia di impollinatore. Inoltre, i pronubi vengono attratti, oltre che dal nettare, anche dal polline che è il veicolo attraverso cui avviene il processo di fecondazione del fiore. In alcuni casi gli attrattivi messi a disposizione dalle Piante portano all'attuazione di richiami pseudo-sessuali, come nel caso delle Orchidacee in cui le parti fiorali si modificano opportunamente per imitare la forma dell'addome delle femmine ed indurre i maschi ad una pseudo-copulazione, che implica l'adesione delle sacche polliniche al loro corpo e quindi al trasporto del polline su altri fiori (Gerola, 1995) o a facilitare la dispersione dello stesso ad opera del vento. L'impollinazione viene mediata essenzialmente dagli esemplari di sesso femminile che raccolgono il polline come fonte proteica e per nutrire le loro larve; i maschi, così come le femmine delle specie che non approvvigionano il nido, invece, portano con se il polline quasi in modo involontario nell'atto di prelevare il nettare dai fiori che visitano e quindi giocano un ruolo meno importante nell'impollinazione. Una fauna estremamente diversificata di Apoidei deve aver portato ad una generale e diffusa coevoluzione con le diverse specie di piante visitate da essi; molte sono infatti le specie che raccolgono il nettare dagli stessi fiori che forniscono loro il polline. La

maggior parte dei gruppi di Apoidei vengono definite generaliste nei confronti delle specie vegetali dalle quali raccolgono il nettare, anche se spesso presentano preferenze verso alcuni gruppi che facilitano il raggiungimento del nettare. Sono poche le specie di Apoidei che hanno mostrato adattamenti morfologici (Houston, 1983; Laroca et al., 1989). Per alcuni grossi Apoidei, ad esempio *Bombus* e *Xylocopa*, l'impollinazione viene favorita soltanto attraverso l'apertura delle parti fiorali senza alcun contatto diretto o interazione con le antere. L'efficacia di un Apoideo come impollinatore non dipende quindi solo dalle strutture e dalle caratteristiche del fiore stesso, ma anche da fattori relativi alle modalità di raccolta e trasporto del polline da parte delle api stesse. A differenza delle specie sociali, quelle solitarie vivono allo stadio adulto solo per brevi periodi e quindi possono rappresentare specialisti per una data specie vegetale solo per poche settimane ogni anno. Gli Apoidei generalisti raccolgono il polline dai varie tipologie di fiori e vengono definite polilectiche; altre che si specializzano su un taxa pollinico particolare sono invece definite oligolectiche. Fra queste ultime, alcune raccolgono il polline da un certo numero di specie vegetali della stessa famiglia o di famiglie simili e vengono dette "ampie oligolectiche"; altre, invece, raccolgono polline solo da alcune specie vegetali strettamente correlate tra loro e vengono chiamate "oligoletiche strette". Il confine che separa le specie polilectiche da quelle oligolectiche risulta essere estremamente evanescente in quanto sembra esserci una continuità dal più ampio gruppo polilectico al più ristretto gruppo oligolectico. Alcuni Autori hanno provato a quantificare questa terminologia; ad esempio, Müller (1996) ha suggerito una classificazione

secondo la quale vengono definite oligolectiche quelle specie che raccolgono almeno il 95% di granuli pollinici da specie vegetali appartenenti ad una stessa famiglia, o una sottofamiglia o una tribù; strettamente oligolectiche quelle che, pur presentando una forte preferenza per una famiglia, raccolgono su di essa solo il 70-94% di granuli pollinici; ampie oligolectiche se raccolgono il 69 % o meno dei granuli pollinici su piante appartenenti alla medesima famiglia. Normalmente, in una zona qualsiasi, la raccolta di polline effettuata da un Apoideo è limitata ad una particolare specie vegetale che non ha rappresentanti filogeneticamente affini nelle vicinanze. Infatti, è facile supporre, sulla base delle nostre conoscenze, che se esistessero specie vegetali aventi legami di parentela con la specie visitata, gli Apoidei utilizzerebbero anche quel tipo di polline e se in altre aree vi fosse la presenza di tali piante, queste verrebbero visitate dalle stesse specie di Apoidei.

Per tali motivi, il termine monolectiche è quasi inutilizzato e questa terminologia risulta appropriata solo per specie che raccolgono il polline da una sola specie vegetale, anche in presenza di fiori strettamente correlati. Molti Apoidei oligolectici (ad esempio, generi o sottogeneri) presentano specie affini specializzate sulle medesime specie vegetali o su quelle affini ad esse. Anche se molte specie oligolectiche sembrano essere dipendenti da particolari tipologie di fiori e non si allontanano dal range di quella fioritura, generalmente le Piante non dipendono da impollinatori oligolectici e sono presenti e si riproducono anche al di fuori di quel dato range in cui sono presenti i loro impollinatori oligolectici; esse riescono a soddisfare le loro esigenze riproduttive grazie all'impollinazione di altri Apoidei polilectici o di altri Insetti (Michener, 1979; 2007).

Molti Apoidei, sia oligolectici sia polilectici, ottengono il polline da parte dei fiori scuotendoli e facendoli vibrare (“sonicating”); l’apertura delle antere solitamente è diretta verso l'Apoideo ed il polline che si libera si aggancia in modi diversi per poter essere poi trasportato. La vibrazione è causata dai muscoli delle ali ed il fenomeno è noto come "buzz-impollination” (Müller, 1996a).

PARTE SPERIMENTALE

5. Materiali e metodi

5.1. L'area di studio

Il territorio della provincia di Catania, esteso circa 3500 km^2, può essere suddiviso in tre sottozone: una montana ed una pedemontana, caratterizzate dalla presenza del massiccio vulcanico etneo e una zona costituita da un'ampia pianura alluvionale (originatasi dagli apporti solidi del fiume Simeto e dei suoi principali affluenti). L'area oggetto della presente indagine ricade nella fascia pedemontana, caratterizzata da forte urbanizzazione e da sistemi colturali, spesso a conduzione tradizionale, fondamentalmente coltivazioni agrumicole. Al sistema viario che relaziona i centri urbani, e che in parte tende a inglobare le infrastrutture presenti all'interno delle aree agricole, si è sovrapposto un ulteriore livello di comunicazione in ambito territoriale che frammenta pesantemente la matrice agricola ed introduce forti discontinuità nella struttura del paesaggio. Il continuo sviluppo che si registra dei centri abitati dell'interland catanese, porta ad un continuo disequilibrio fra le aree naturali e quelle antropizzate.

La fascia pedemontana etnea, sin dal 1700, è stata coinvolta nel processo di erosione delle zone boschive a causa dell'instaurarsi delle colture con imponenti sistemi di terrazzamento con muri a secco e di altre strutture connesse all'attività agricola, che caratterizzano tutt'oggi molti paesaggi della regione etnea. Verso la fine del 1800, con l'introduzione

delle macchine a vapore e la possibilità di sollevare l'acqua dai pozzi per poterla utilizzare per l'irrigazione, prende il via la coltivazione intensiva degli agrumi che trova il suo auge a partire dal secondo dopoguerra sostituendo le altre colture presenti sul territorio e modificandone la struttura (D'Urso et al., 2001).

In questo contesto sono state individuate tre tipologie ambientali da indagare, differenti per grado di naturalità, per e pertanto per tipologia di vegetazione e gestione ma che comunque hanno in comune l'essere situate a bassa quota in un contesto frammentato e antropizzato. Tali tipologie ambientali sono: agrumeto (una stazione), riserva naturale (una stazione), parco urbano (due stazioni) (Fig. 20).

5.2. Le stazioni oggetto d'indagine

I criteri che hanno portato all'individuazione delle stazioni di raccolta, sono stati stabiliti tenendo conto di tre fattori fondamentali. Il primo è quello dimensionale, per cui sono state individuate aree di estensione non inferiori a 8.000 m^2 e non superiori a 75.000 m^2. Il secondo criterio, quello geografico, tiene conto del fatto che i siti presi in considerazione si estendono lungo l'asse sud-ovest, nord-est, e ricadono inoltre nella fascia altitudinale che va da 100 a 300 s.l.m. Infine, il terzo fattore è quello della pressione antropica, che risulta da moderata ad elevata, e comunque rappresenta un aspetto rilevante, visto che tutti i siti ricadono in un tessuto notevolmente urbanizzato, soprattutto i parchi urbani.

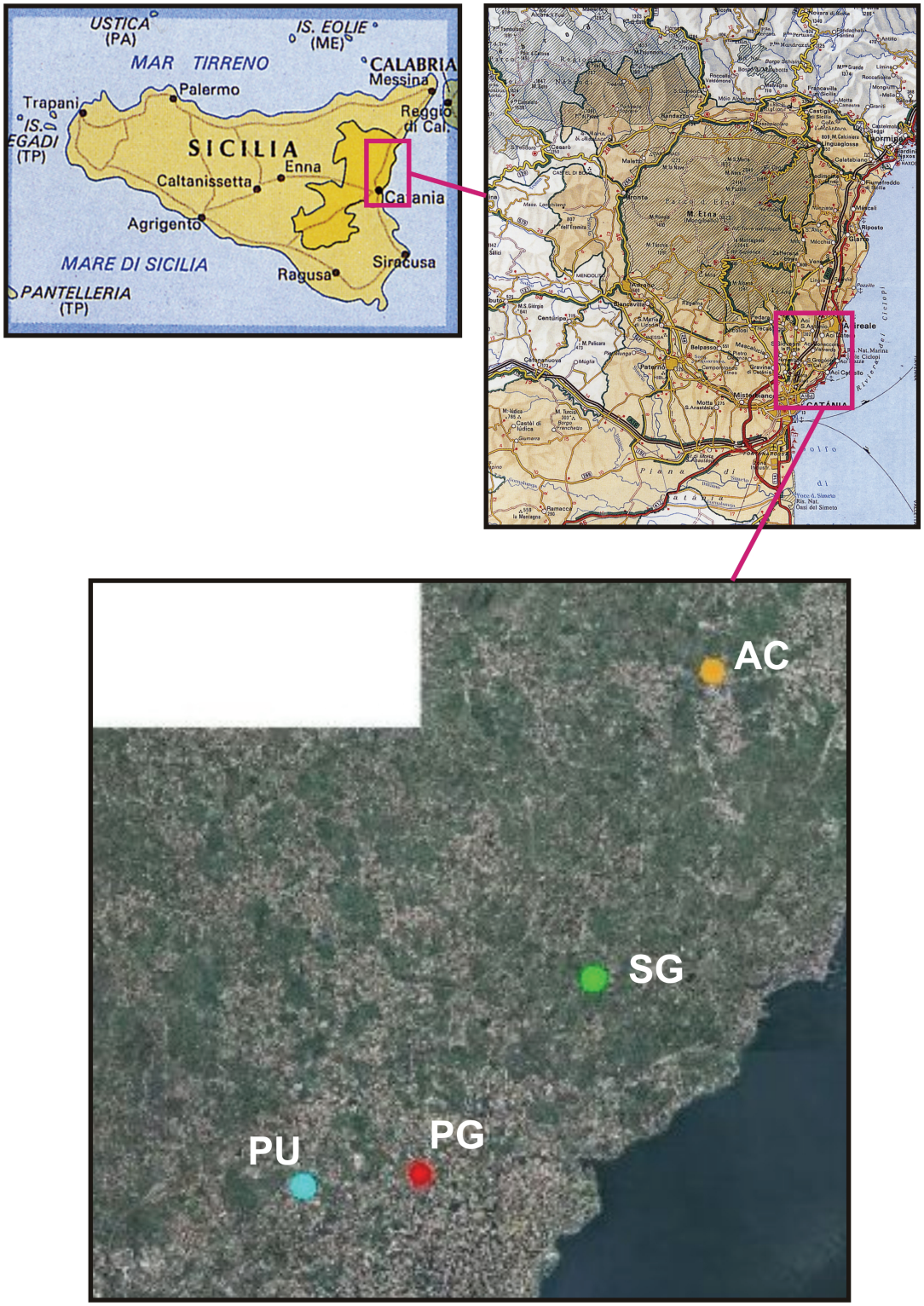


Fig. 20. Inquadramento della fascia pedemontana orientale dell'Etna ove ricadono i siti di indagine (Acronimi: AC: Acicatena; SG: San Gregorio; PG: Parco Gioeni; PU: Parco degli Ulivi).

Acicatena (AC). Tipologia: agroecosistema

Questa stazione è ubicata alla periferia di Acicatena, in provincia di Catania (Fig. 21). Si caratterizza per la presenza di un limoneto a conduzione biologica.

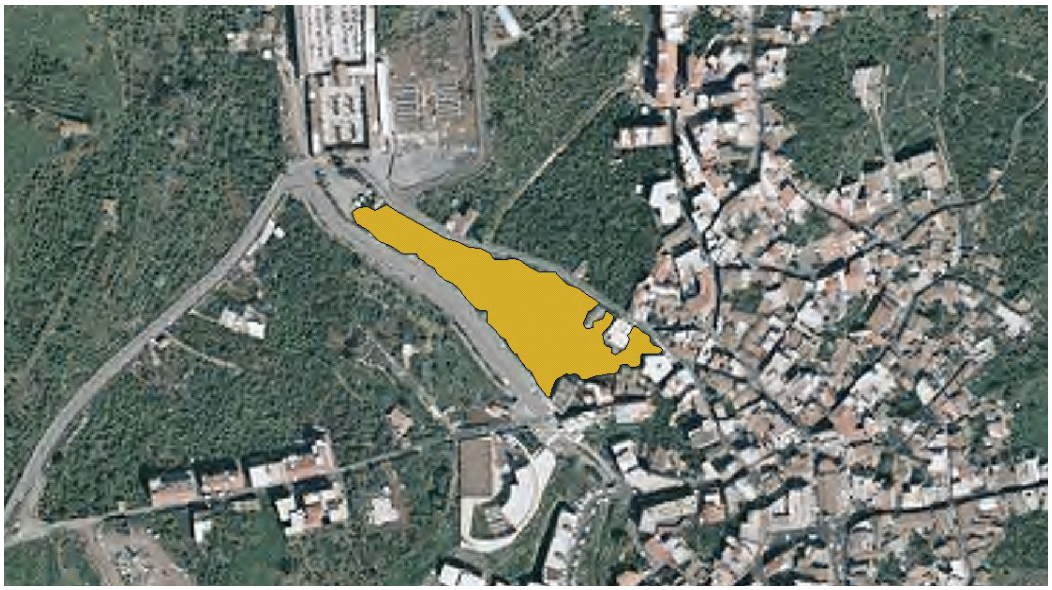


Fig. 21. Sito di Acicatena (AC).

Essa ricade in un contesto che in un passato assai recente era ad elevata vocazione agrumicola (Figg. 22-24) ed oggi è ampiamente soggetta ad urbanizzazione e presenta molte coltivi ormai abbandonati. E' posta a 225 m s.l.m ed è estesa circa 10 ettari. Le cultivar che vi si trovano sono vecchi cloni di limone monachello e limone femminello. L'età media delle piante è di circa 30 anni: si tratta di un vecchio agrumeto impiantato nella prima metà del 900 nel quale le piante affette da malsecco sono state via via sostituite nel corso degli anni. L'irrigazione avviene mediante un sistema artigianale a "saje".

Fig. 22. Sito di Acicatena: aspetto dell'agrumeto.

Fig. 23. Sito di Acicatena: aspetto di un ambiente periferico all'agrumeto con vegetazione ruderale.

Nel corso del periodo di studio, l'agrumeto ha subito alcune modifiche (Fig. 24). Infatti, pur mantenendosi una conduzione biologica, dal 2009 si è passati ad una intensificazione di alcune pratiche colturali. Nel primo anno di studio all'interno della coltura non sono state effettuate lavorazione meccanica del suolo e sono state pertanto mantenute, nel corso di tutto l'anno, le fioriture di numerose piante erbacee nitrofile, infestanti tipiche degli agrumeti (varie specie di *Urtica* spp., *Fumaria capreolata* L.*, Oxalis pes-caprae* L.*, Cyperus rotundus* L.*, Poa annua* L. etc.); le erbe già secche sono state rimosse solo in tarda estate per evitare possibili incendi. Nel 2009 si è invece passati al diserbo eseguito in maniera meccanica mediante frangizolle. Nel corso della trasformazione il terreno, tendenzialmente di medio impasto e con buona dotazione di sostanza organica, è stato arricchito con concimazioni di letame e reintegro dei residui organici tramite lavorazioni meccaniche.

Fig. 24. Sito di Acicatena: aspetto dell'agrumeto dopo le operazioni colturali di diserbo meccanico, effettuate nel marzo del 2009.

Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG). Tipologia: area ad elevata naturalità

Questa stazione è una riserva naturale integrale ed include interamente il SIC ITA070008 "Complesso Immacolatelle e Micio Conti, Boschi limitrofi".

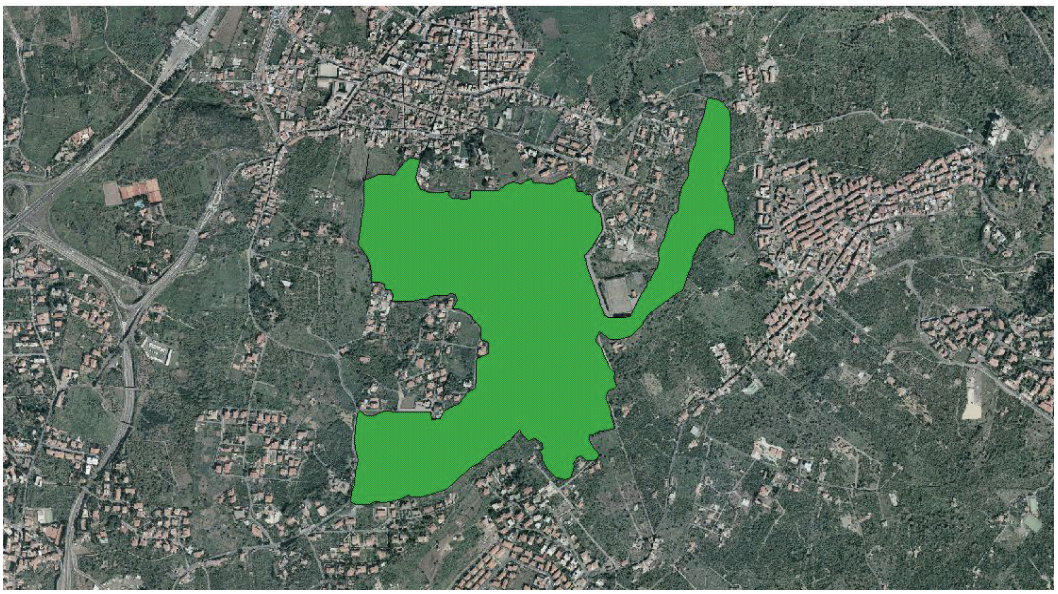


Fig. 25. Sito di San Gregorio (SG), Riserva Naturale Integrale Complesso Immacolatelle-Micio Conti.

Questo sito ricade nei territori dei Comuni di San Gregorio di Catania e Acicastello, in provincia di Catania (Fig. 25) ad un'altitudine di 280 m s.l.m, con una superficie di circa 68 ettari ed un perimetro di 5.6 km, sul versante sudorientale etneo. Tale versante è interessato da una numerosa serie di coni eruttivi periferici, da imponenti colate storiche e protostoriche, da rilevanti dislocazioni tettoniche (timpe) e da importanti valenze ed emergenze naturali (Fig. 26). Il paesaggio agrario è quello tipico del vigneto costruito con la presenza di un sistema diffuso di piccoli edifici rurali in pietra lavica che un tempo costituivano

il centro vitale dei fondi. Il territorio conserva lembi relitti di vegetazione forestale termofila a querce caducifoglie. Sulle creste rocciose vi è la presenza di Euforbia arborescente (*Euphorbia dendroides* L.) che, assieme all'Alaterno (*Rhamnus alaternus* L.), l'Ogliastro (*Olea europea* L.), il Terebinto (*Pistacia terebinthus* L.), costituisce una tipica vegetazione a macchia. Negli spazi aperti e pietrosi, si rinviene una vegetazione di tipo steppico. Nei terreni una volta adibiti a coltivo spicca l'infiorescenza dell'Asfodelo (*Asphodelus cerasiferus* J. Gray) e della Ferula (*Ferula communis* L.), mentre nelle superfici laviche si rinvengono una molteplicità di piccole piante che presentano estese fioriture nel periodo primaverile.

Fig. 26. Aspetto delle vegetazione presso il sito di San Gregorio, Riserva Naturale Integrale Complesso Immacolatelle-Micio Conti.

Parco Gioeni (PG) e Parco degli Ulivi (PU) (Catania). Tipologia: parchi urbani

Si tratta di due parchi urbani ubicati nella città di Catania (Bella & Musmeci, 2004), fortemente influenzati da fattori sociali ed economici legati alle esigenze della locale popolazione umana. I molteplici aspetti storici, sociologici, architettonici ed ecologici si intrecciano e si fondono nella città dando così origine ad un sistema estremamente complesso. Le due stazioni sono comunque eterogenee da un punto di vista ambientale, e comprende una serie articolata di micro-habitat.

La prima stazione, Parco Gioeni (PG) è costituita da zona a verde urbano pubblico di circa 75 ettari, in pieno centro cittadino, a 122 m s.l.m. (Fig. 27); è uno dei più grandi parchi urbani di Catania ed è realizzato su di una collinetta in un terreno di natura vulcanica; presenta una vegetazione di tipo termo mediterraneo, con presenza anche di numerose specie alloctone, introdotte per finalità ornamentali (Fig. 28).

Fig. 27. Sito di Parco Gioeni (PG).

Sono frequenti l’Olivo, la Buganvillea, l'Oleandro, l'Agave e il Fico d'india. I vialetti ed i manufatti sono realizzati in pietra lavica etnea.

Fig. 28. Aspetto della vegetazione presso il sito di Parco Gioeni.

L’altra stazione, Parco degli Ulivi (PU), è rappresentata da un parco comunale posto a 193 m s.l.m. che si estende per una superficie complessiva di 65 ettari, ricavato in una pre-esistente area naturale coperta da macchia mediterranea (Figg. 29-30). Esso è ubicato nella periferia nord della città (Bella & Musmeci, 2004).

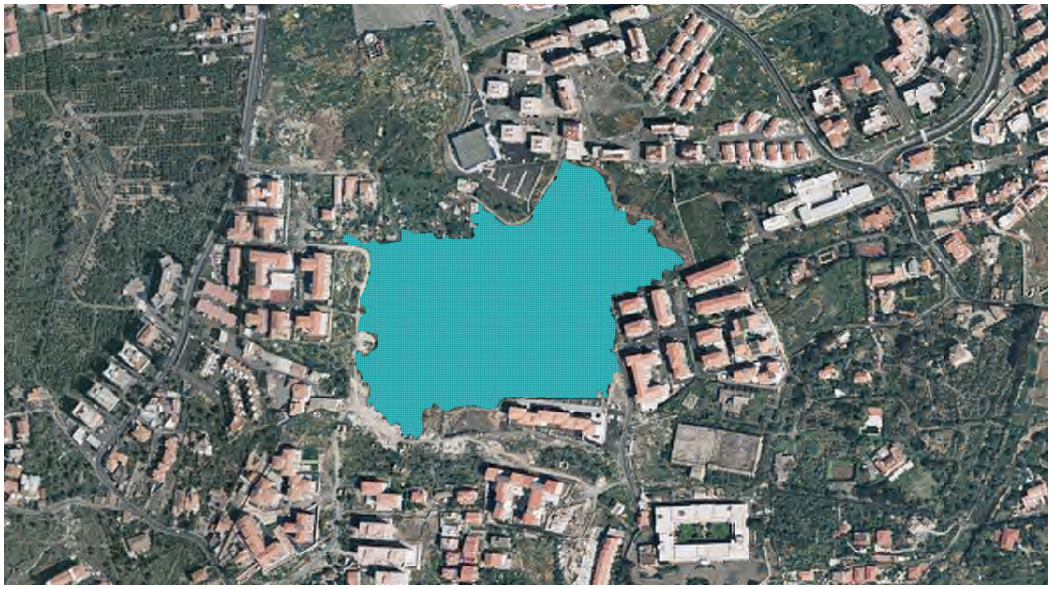


Fig. 29. Sito di Parco degli Ulivi (PU).

Fig. 30. Aspetto della vegetazione presso il sito di Parco degli Ulivi lungo il transetto.

5.3. Protocollo di raccolta e identificazione del materiale

Come già precedentemente esplicitato, l'obiettivo della presente ricerca è l'ampliamento delle conoscenze sulla biodiversità della fauna apidica in diversi ambienti della zona pedemontana etnea a diverso grado di antropizzazione, ponendo particolare attenzione alle diverse tipologie di gestione dei diversi ambienti anche al fine di suggerire metodologie gestionali che mirino alla salvaguardia della biodiversità. Nei tre anni di studio (2008-2010) sono state censite le specie di Apoidei presenti nelle quattro stazioni scelte come siti di indagine: il materiale è stato preliminarmente smistato nei generi e successivamente identificato a livello di specie in parte attraverso la letteratura rilevante e l'ausilio della collezione di confronto di Turrisi G.F. ma in misura preponderante dal Dr Vittorio Nobile. Inoltre e sono stati effettuati confronti "storici" utilizzando i dati desunti essenzialmente dallo studio di collezioni specialistiche (coll. V. Nobile e coll. G.F. Turrisi, coll. Dipartimento di Biologia Animale "*Marcello La Greca*", Università di Catania) contenenti esemplari provenienti da varie località del comprensorio in esame. Inoltre, limitatamente all'agrumeto, data l'intensificazione delle pratiche colturali effettuare nel corso del periodo di studio, è stato possibile un raffronto delle popolazioni apidiche prima e dopo tali modifiche, evidenziando come queste possano influire sulla struttura delle popolazioni.

I rilievi sono stati condotti per tre anni consecutivi (2007-2010), con cadenza mensile parallelamente in tutte e quattro le stazione prescelte. Per il censimento è stato utilizzato il protocollo sperimentale concordato tra gli Istituti di ricerca nell'ambito del Progetto Finalizzato A.M.A. (Ape, Miele,

Ambiente) e basato sul metodo dei transetti lineari (Banaszak, 1995). Ogni transetto, avente una lunghezza di 200 m ed 1 m di larghezza, è stato percorso a precisi intervalli di tempo catturando gli esemplari incontrati. I turni di percorrenza sono stati quattro per ogni giornata in diverse fasce orarie (9.00, 12.00, 15.00, 18.00) con una periodicità mensile ed un intervallo che non ha superato mai quattro giorni dal campionamento effettuato nel primo sito a quello effettuato nell'ultimo. Date le diverse estensioni di ciascun sito, la variabilità degli ambienti all'interno di essi, la presenza di fioriture spontanee con distribuzione discontinua, si è optato per due metodologie di raccolta, definite rispettivamente "*rilievo generico fisso*" e "*rilievo specifico*".

Il "*rilievo generico fisso*" è cosi definito perché il percorso coincide con il transetto individuato per rappresentare la diversità ambientale del sito, che rimane invariato nel corso delle indagini.

Il "*rilievo specifico*" consiste nella individuazione di una specie vegetale fiorita, possibilmente presente in tutte le stazioni, e sempre lungo un transetto di 200 m con gli stessi turni di osservazione e immediatamente dopo il "*rilevamento generico fisso*".

Durante i rilievi sono stati contati e annotati gli esemplari di pronubi raccolti, il numero delle specie vegetali in fioritura presenti, e il numero di specie vegetali vascolari presenti e visitati da pronubi in relazione all'estensione dell'area.

Un'indagine parallela del popolamento nei siti d'indagine è stata effettuata mediante la collocazione di trappole nido, all'inizio della primavera. Le trappole (Fig. 31) sono state

successivamente prelevate e portate in laboratorio per ottenere le specie nidificanti e procedere salla loro identificazione.

Fig. 31. Modelli di trappole nido impiegati per la presente indagine. In alto collocazione della trappola nel sito di San Gregorio, in basso a sinistra particolare del modello di trappola collocata; a destra altra tipologia realizzata con culmi di Canna domestica di varia sezione.

5.4. Analisi dei dati

Le indagini hanno permesso il censimento dei popolamenti apidici e la compilazione degli elenchi delle specie presenti nei diversi siti. Inoltre, sono stati ricostruiti gli aspetti fenologici di questi popolamenti nonché l'abbondanza relativa delle singole specie. Altre analisi hanno riguardato le modalità di nidificazione e il comportamento delle specie censite di Apoidei. Per quanto riguarda il primo aspetto sono state distinte tre tipologie diverse: 1) specie nidificanti al suolo, all'interno di gallerie scavate attivamente (*specie endogeiche*); 2) specie nidificanti sopra la superficie del suolo, su substrati estremamente variabili (rocce, pareti rocciose, substrati vegetali ecc.) e con l'uso di un'ampia gamma di materiali, come ad es. fibre di cellulosa, frammenti di foglie, fango, ecc. (*specie ipergeiche*); 3) specie che non costruiscono il nido poiché cleptoparassite (definite in questa ricerca "*nesting less*").

Inoltre, è stato preso in considerazione un carattere morfo-funzionale fondamentale per l'attività trofica e cioè la tipologia di apparato boccale, distinta in base alla lunghezza relativa della ligula (Fig. 19), segnatamente: 1) apparato boccale corto; 2) apparato boccale medio; 3) apparato boccale lungo. I popolamenti apidici delle diverse stazioni d'indagine sono stati analizzati comparativamente per evidenziarne la loro affinità da un punto di vista faunistico. Si è inoltre proceduto all'analisi della matrice territoriale dove ricadono i diversi siti d'indagine per analizzare il grado di antropizzazione e per stabilire il grado di isolamento in senso ecologico-funzionale e per converso di individuare i principali corridoi ecologici.

Per l'elaborazione statistica dei dati è stato utilizzato il software PRIMER-E (Clarke & Warwick, 2001), partendo da una matrice di presenza-assenza e di abbondanza delle specie. Sono stati calcolati alcuni dei principali indici ecologici che descrivono la composizione, la struttura e la dinamica delle comunità animali (Magurran, 2004; Gamble et al., 2004). In particolare:

1. L'***indice di Shannon (H')***, espresso come: H'= - $\sum i\ pi$ ln(pi) dove pi è la proporzione dell'i-esimo taxon rispetto al totale e ln è il logaritmo in base 10. Tale indice rappresenta la frequenza o la porzione degli individui sul totale. L'indice si basa sul concetto che la diversità biologica può essere misurata in modo simile a come si misura la quantità di informazione contenuta in un codice. L'indice esprime la massima verosimiglianza che la proporzione pi sia prossima a quella reale. Generalmente il valore di H' varia tra 1.5 e 3.5 e valori inferiori a 1.5 si interpretano come corrispondenti a situazioni in cui sono presenti poche specie che dominano l'ecosistema, mentre valori superiori a 3.5 sono da riferirsi a situazioni in cui è presente un elevato numero di specie tutte rappresentate in modo equivalente o prossimo-equivalente (Magurran, 2004).

2. L'***indice di equipartizione di Pielou (Shannon evenness measure) (J')***, espresso come: J'=H'/Log(S), dove H' è l'indice di Shannon e Log (S) è la situazione ideale in cui tutti i taxa sono egualmente rappresentati all'interno della comunità. J' è una misura complementare ad H' che fornisce un indicazione di come la comunità sia

distribuita in modo uniforme. L'indice varia tra 0 e 1 e i valori prossimi a 1 rappresentano condizioni di perfetta equipartizione (Magurran, 2004).

3. L'***indice di Simpson*** espresso in forma complementare: 1- λ= *1- (∑pi2*) dove *pi* è la proporzione dell'i-esima specie rispetto al totale. Questo indice ha una sua naturale interpretazione come la probabilità che qualsiasi coppia di individui estratti dal campione, appartengano alla stessa specie. Anche questo indice è una misura dell'equipartizione e la sua forma complementare assume valori compresi tra 0 e 1 ed anch'essa assume valori prossimi a 1 quando le specie sono equamente ripartite all'interno della comunità (Magurran, 2004).

Per il calcolo di questi indici è stato opportuno attuare delle trasformazioni matematiche delle matrici di abbondanza, ricorrendo ad una standardizzazione del valore degli individui raccolti. Successivamente, per ciascun sito, è stato possibile calcolare il valore medio degli indici sopra elencati e valutare tali valori ricorrendo alle analisi delle varianze.

5.4.1. Analisi multivariate: MDS, cluster analysis, PCA, AC

Una seconda fase nell'elaborazione dei dati ha visto l'applicazione di metodi di analisi multivariata. Mediante la metodologia *Non-Metric-Multidimensional (MDS)* è stato possibile una più accurata interpretazione dei risultati, in particolare per quando riguarda la comparazione dei popolamenti presenti nei diversi siti. Questa metodologia è una tecnica di ordinamento semplice, che permette di mantenere un

chiaro e diretto collegamento con i dati originali oltre a non richiedere assunzioni *a priori* sulla distribuzione dei dati. Applicando tale approccio metodologico è stato possibile anche rappresentare graficamente la differenziazione tra i vari siti, attraverso la disposizione dei singoli campioni raccolti sulla base della composizione delle specie e del numero di individui raccolti per ciascuno di essi. Assegnando ai punti dei simboli che permettano di riconoscere i siti dove i campioni sono stati raccolti, è possibile evidenziare raggruppamenti omogenei tra i vari punti. Essendo il grafico una proiezione bidimensionale di uno spazio multidimensionale, la tecnica fornisce una misura della forzatura del plot finale. Partendo dalle matrici di somiglianza è stato costruito un MDS plot che ha permesso di individuare graficamente i raggruppamenti tra i vari campioni e parallelamente è stato condotto un ANOSIM-test utile per verificare l'ipotesi che non vi fossero differenze tra i siti. Successivamente si è deciso di condurre le analisi passando ad un livello superiore di aggregazione, prendendo in considerazione generi e specie, nonché alcune categorie morfo-funzionali delle specie, e cioè: lunghezza della ligula, comportamento sociale, modalità di costruzione del nido.

Un'ulteriore elaborazione matematico-statistica è stata svolta per evidenziare quali siano le specie che maggiormente concorrono a caratterizzare i singoli campioni. È stata pertanto condotta l'analisi delle componenti principali (PCA) che permette di individuare quali specie concorrano maggiormente a spiegare la variabilità contenuta nella matrice originale specie/campione. Le specie che presentano la variabilità maggiore sulle prime tre componenti principali, sono state messe in risalto sovrascrivendo i relativi vettori sul grafico delle

componenti principali e per ciascuna di esse sono stati prodotti dei “bubble-plot” che permettono di valutare il numero di individui raccolti per ciascun campione.

Per la comparazione qualitativa dei popolamenti apidici nei siti oggetto d’indagine, è stata adottata una metodologia matematico-statistica multivariata, la “*Cluster Analysis*”. Questa metodologia analitica è concettualmente vicina al metodo MDS. Come esso parte dalla costruzione di una matrice di similarità e restituisce un output grafico dove è possibile individuare raggruppamenti tra i singoli elementi che compongono il grafico in funzione della loro similarità. Il grafico rappresenta un dendrogramma dove i campioni vengono disposti alla base e collegati tra loro in gruppi gerarchici (*clusters*).

Per confrontare le comunità di Apoidei si è inoltre fatto ricorso all’*analisi delle corrispondenze*, che è comunemente ritenuta il metodo di analisi multivariata più adeguato per analizzare le tabelle biocenotiche (Pielou, 1984; Greenacre & Vrba, 1984; Digby & Kempton, 1987; James & Mc Culloch, 1990). Le elaborazioni sono state effettuate mediante il programma Statistica 6.0 (2001). L’analisi delle corrispondenze permette di interpretare dati multivariati partendo da una tabella di contingenza e di analizzare le relazioni esistenti tra le modalità di due (o più) variabili (nel nostro caso le quattro stazioni per quanto riguarda la variabile *siti di campionamento* e le famiglie o le specie per quanto riguarda la variabile *taxa*) al fine di identificare quei fattori in grado di sintetizzare meglio il fenomeno e di rappresentarlo attraverso una riduzione delle dimensioni (*assi fattoriali*). In tal modo si può successivamente

trasformare la tabella di contingenza in una rappresentazione grafica per facilitare l'interpretazione dei dati in essa contenuti.

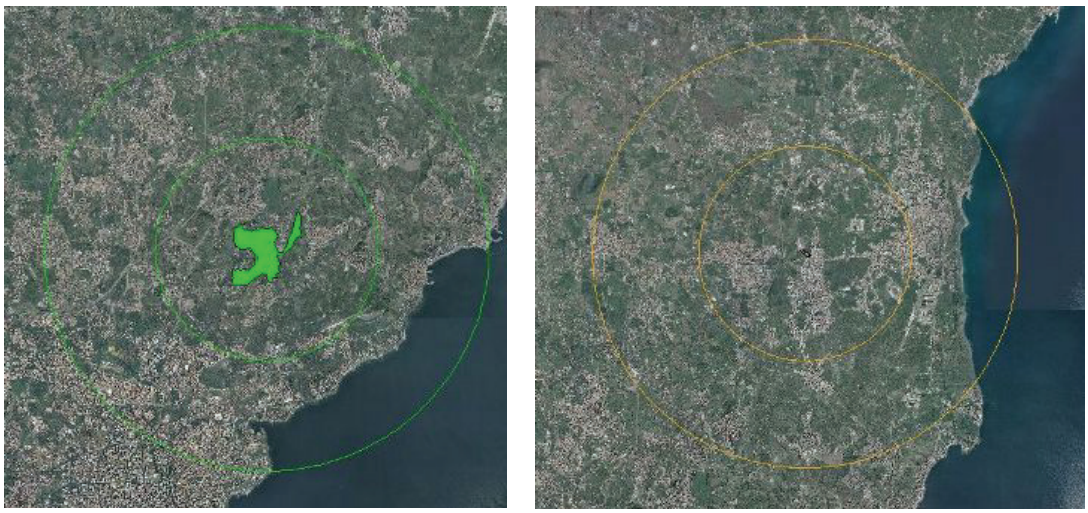
In questo caso, si è tentato di individuare se vi siano delle specifiche relazioni (*corrispondenze*) tra le variabili originali correlate, cioè tra i taxa esaminati (*s righe*), e i siti di campionamento (*p colonne*). L'analisi permette di individuare un nuovo set ridotto di variabili (*componenti principali*) non correlate, in grado di fornire le informazioni essenziali contenute nelle variabili originarie e di rappresentarle graficamente (*assi fattoriali*). I nuovi assi individuati esprimeranno una porzione via via decrescente della variabilità totale della tabella iniziale chiamata *inerzia*.

Per il sito Acicatena, è stata condotta un'analisi specifica volta a evidenziare eventuali cambiamenti nell'assetto della comunità di Apoidei associati ad un cambiamento di regime di conduzione del sito, verificatosi durante il periodo di indagine. Per fare ciò si è ricorso al metodo PCA ed è stato prodotto un grafico delle componenti principali sul quale i singoli campioni sono stati ordinati in funzione della matrice specie/campione. I singoli campioni sono stati poi numerati in ordine crescente in funzione della data di raccolta. Sul grafico sono stati quindi congiunti con una linea retta tutti i campioni seguendo la numerazione assegnata. In questo modo è possibile evidenziare i cambiamenti nella comunità che si manifestano graficamente come una variazione nella direzione della linea congiungente i punti sul grafico. Le specie che presentano la variabilità maggiore sulle prime tre componenti principali, sono state messe in evidenza sovrascrivendo i relativi vettori sul grafico delle componenti principali e per ciascuna di esse sono

stati prodotti dei "*bubble-plot*" che permettono di valutare il numero di individui raccolti per ciascun campione.

5.4.2. Analisi cartografica e criteri per la definizione della biopermeabilità della matrice ambientale e dei corridoi ecologici

Per le elaborazioni cartografiche si è utilizzato il sistema georeferito GIS mediante il programma ArcView in modo da ampliare le osservazioni non solo alla stazione di censimento ma anche al territorio circostante, attraverso le carte di uso del suolo ed il grado di urbanizzazione, quest'ultimo valutato attraverso la foto interpretazione delle proiezioni ortografiche digitali.



Figg. 32-33. Definizione dell'area vasta (buffers) per i siti di San Gregorio (SG) (a sinistra) e Acicatena (AC) (a destra).

Figg. 34-35. Definizione dell'area vasta (buffers) per i siti di Parco Gioeni (PG) (a sinistra) e Parco degli Ulivi (PU) (a destra).

Tale approccio analitico permette di evidenziare i territori potenzialmente idonei agli Apoidei, sia per espletare il ciclo biologico che per consentire eventuali spostamenti. Per valutare la biopermeabilità del territorio è stata adottata una scala qualitativa con tre categorie (Tab. 1) che individuano aree a connettività ecologica trascurabile, media ed elevata, in modo da stimare più oggettivamente l'estensione relativa delle tipologie individuate e il grado di frammentazione ambientale.

Inoltre, in base ai dati bibliografici relativi all'ampiezza di volo dei vari taxa di Apoidei, per definire l'area vasta, sono stati presi in considerazione, per ciascun sito, due intorni concentrici aventi rispettivamente 2 e 4 km di raggio, aventi come centroide l'area oggetto di analisi (Figg. 32-35). Poiché per quanto concerne le stazioni Parco Gioeni (PG) e Parco degli Ulivi (PU), si è constatato che il buffer a raggio 2 km ricadeva totalmente all'interno dell'area metropolitana, si è scelto di considerare

solo quello più ampio avente 4 km di raggio. Questa scelta è stata attuata anche per le altre due stazioni in modo da avere dati confrontabili. Tale area vasta dove ricadono le stazioni di indagine è stata così messa in relazione con la Rete Ecologica Siciliana (RES) (Fig. 93).

Prendendo in esame il grado di frammentazione della matrice ambientale dove ricadono i singoli siti e pertanto il loro grado di isolamento ecologico, sono stati distinti due diversi approcci di analisi:

1. suddivisione comparativa delle tre tipologie ambientali individuata sulla base della biopermeabilità, in un intorno discreto di 4 km.
2. distribuzione spaziale di queste tipologie differenziate quanto a biopermeabilità, per definire l'esistenza di corridoi ecologici effettivamente funzionali alle comunità apidiche.

Successivamente si è proceduto alla rappresentazione cartografica dei tematismi acquisiti per ricostruire il reticolo territoriale, differenziato a seconda della scala di biopermeabilità. Utilizzando le categorie funzionali costitutive delle reti ecologiche (nodi – aree cuscinetto – corridoi) si è definita una prima ipotesi strutturale della rete ecologica dell'area vasta presa in considerazione i cui elementi nodali fondamentali sono costituiti dagli ambienti aventi grado significativo di naturalità, caratterizzati cioè da elevata biopermeabilità, come gangli della continuità ambientale.

Tab. 1. Criteri per la definizione della scala di biopermeabilità ambientale dei siti oggetto d'indagine.

BIOPERMEABILITA' ELEVATA		
	Ambiti	**Tipologie ambientali**
1	Aree lacuali, zone umide e superfici di pertinenza	Laghi naturali e artificiali, bacini artificiali di accumulo, rete idrografica fluviale e torrentizia
2	Aree forestali	Superfici boscate di diversa composizione floristica e strutturale, ancorché di origine artificiale e antropica con consolidamento e utilizzazione nell'accessibilità e fruibilità
3	Ambiti di affioramento dei litotipi privi o quasi di coperture vegetali	Ambiti con vegetazione rada o pressoché privi di coperture vegetali: rocce prive di copertura vegetazionale, aree incolte, aree calanchive, geotopi e aree minerarie dismesse
4	Pascoli	Prati e pascoli sopra il limite della vegetazione arborea
5	Aree sommitali	Crinali, linee di spartiacque
BIOPERMEABILITÀ MEDIA		
6	Colture seminative	Aree a seminativi estensivi in ambiti con buona articolazione biologica
7	Colture consociate particellari e incolti, mosaici colturali complessi	Colture legnose agrarie e arboree Sistemi colturali particellari complessi anche con coltivi in ambiti a buona articolazione biologica
BIOPERMEABILITÀ TRASCURABILE		
8	Ambiti urbanizzati e infrastrutturati a distribuzione areale	Tessuti urbanizzati Superfici di pertinenza urbana e impianti di servizio allo spazio urbano Aree industriali e artigianali
9	Ambiti infrastrutturati a distribuzione lineare	Reti stradali, reti ferroviarie

6. Risultati

6.1. Composizione e ricchezza dei popolamenti apidici

I risultati dei campionamenti effettuati nelle quattro stazioni d'indagine vengono riportati nelle Tabb. 2-3. Le specie di Apoidei rinvenute nel corso delle indagini con le diverse metodiche di cattura assommano ad un totale di 105 per un complessivo numero di 1139 esemplari (Tab. 2), compresi nelle seguenti famiglie: Andrenidae, Halictidae, Anthophoridae, Megachilidae e Apidae. Prendendo in considerazione anche le specie del sito di riferimento, quello di Leucatia (Catania), il numero di specie sale a 111.

Tab. 2. Numero di esemplari raccolti per ciascuna specie nei quattro siti d'indagine distinti per fasce orarie.

Specie	Stazioni																Totale n. esemplari
	Acicatena (AC)				San Gregorio (SG)				Parco Gioeni (PG)				Parco degli Ulivi (PU)				
	09:00	12:00	15:00	18:00	09:00	12:00	15:00	18:00	09:00	12:00	15:00	18:00	09:00	12:00	15:00	18:00	
Amegilla albigena									2	3	1			2			8
Amegilla garrula						1	2										3
Andrena combinata				1	1	1									1		4
Andrena nigroaenea	2	2	1						1	2	1	1	1	2	1		14
Andrena agilissima italica						1			2	2	1	1	4	5	3		19
Andrena albopunctata funebris													1				1
Andrena flavipes						1											1
Andrena fumida													2	2			4
Andrena hesperia										1							1
Andrena kamarti									1								1
Andrena limata										1							1
Andrena minutula					1												1
Andrena morio												1					1
Andrena nigroolivacea										1	1					2	4
Andrena ovatula			2		1				1					1		1	6
Andrena panurgina										1							1
Andrena pseudasuniensis									1	1			1				3
Andrena schmiedeknechti				1			1										2
Andrena similis	1	1	1							1							4
Andrena stabiana		2															2
Andrena wilkella								1									1
Anthidium manicatum	1	3	3		1	3	2	1	6	11	5	4					40
Anthophora balneorum		4	1	1	3	3	5	5	3	2	2	3	2		1	1	36
Anthophora crassipes										1	2						3
Anthophora crinipes	2	3	2	2	1				5	4	1	1		1	1		23
Anthophora mucida							1										1
Anthophora plumipes	6	3	4	3	2	2	3		6	4		4	2	1			40
Anthophora quadricolor								1									1
Anthophora retusa	1																1

Bombus pasquorum siciliensis	1				3	3		2							1		10
Bombus terrestris calabricus	4	1	3	2	5	6	4	3	4	3	3	2	4	6	4	2	56
Bombus bohemicus																1	1
Bombus hortorum		2					1	1			1					2	7
Bombus maxillosus													1				1
Bombus ruderatus			1			2									1		4
Ceratina chalybea			1														1
Ceratina cucurbitina		2	1	1	4	5				1					2		16
Ceratina cyanea				2	1	2	1	2	1	1							10
Ceratina dallatorreana						6											6
Ceratina dentivewntris						4		2									6
Ceratina parvula		1															1
Chalicodoma parietina	1				2	3	1	1	4	1	2				1		16
Chalicodoma sicula						2			13	8	8	4		1	4		40
Dioxys cincta	1																1
Eucera algira									1	2							3
Eucera caspica		2			1	1	1		2	1	3	1	3	2	1	1	19
Eucera crinipes	3	2	1	3	2	1	2		9	4	3	2		1	2		35
Eucera longicornis							3										3
Eucera nigrescens	12	11	9	6	6	7	12	3	8	6	12	8	10	4	2	4	120
Eucera oraniensis		1													1		2
Eupavlovskia funeraria	1	3															4
Habropoda tarsata	8	2	4	6	6	4	3	1			1	1	1				37
Habropoda zonatula					1		1	3			1						6
Halictus asperulus			1		1	4			1	1			1	2			11
Halictus compressus					1	1	2										4
Halictus constantinensis							2										2
Halictus fulvipes	2	1			6	6	1										16
Halictus kessleri					1												1
Halictus pollinosus					1												1
Halictus quadricinctus						1											1
Halictus scabiosae					1	2	1		1					1			6
Halictus sexcinctus							1										1
Heriades crenulatus						2											2
Hoplitis acuticornis					7	2	3	1					1				14
Hoplitis anthocopoides						1			3	6	2	1	1	3	7	4	28
Hoplitis illyrica					1												1
Hoplitis adunca	3	12	3	2		4	2	2	1		3				1		33
Hoplitis leucomelaena						1											1
Hoplosmia ligurica			1														1
Icteranthidium grohmanni						2		1									3
Lasioglossum bimaculatum	1			1		1						1					4
Lasioglossum calceatum	1														1		2
Lasioglossum interruptum				1					2	1				1			5
Lasioglossum laeve														2			2
Lasioglossum malachurum										4				2			6
Megachile albisecta															1		1
Megachile circumcincta	1	3	3		1	2	4	1		1			2		2		20
Megachile giraudi intermixta										3	2			1	1		7
Megachile lagopoda						2											2
Melecta albifrons	3	2															5
Melecta nigra															1		1
Melecta obscura	1			1			2										4
Nomioides spp.									5								5
Osmia caerulescens	1	8	6				2	1			1			2			21
Osmia melanogaster	8	4					3		2	2	1			3	5		28
Osmia signata					1	2	2		1								6
Osmia aurulenta								1	3	10		3	4	4	1	1	27
Osmia kohli						1	1		10	6	4	2	2			1	27
Osmia latreillei	1	1	2							3	1			10	3		21
Osmia notata													1	1		1	3
Osmia rufohirta																1	1
Osmia submicans hebraea			2					1									3
Osmia tunenis	1	2								2							5
Panurgus vachali siculus	3	1	3	2	5	2	3		3	1			4	3	2		32
Pseudoanthidium gregoriense					1												1
Pseudoanthidium lituratum					6	2	1	1									10
Rhodanthidium sticticum					2	2	3	1	4	3	3	3	3	7	5	1	37
Rodanthidium 7-dentatum										1			1	1			3
Stelis nasuta											1						1
Thyreus affinis						1											1
Thyreus orbatus	1									3							4
Thyreus ramosus	1	1								1			1	1			5
Xylocopa iris					3	9	1	2	8	4	2	1	3	3	3		39
Xylocopa violacea	2		3		6	2	1	1	6	2	2	4	2	6	2	2	41
Xylocopa valga														1			1
Totale n. esemplari	**247**				**312**				**354**				**226**				**1139**

Tab. 3. Numero di esemplari complessivamente raccolti per ciascuna specie nei siti d'indagine distinti per mese.

Specie	MESI												Tot.
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
Eucera nigrescens	0	0	31	76	13	0	0	0	0	0	0	0	120
Bombus terrestris calabricus	0	0	5	18	27	3	3	0	0	0	0	0	56
Xylocopa violacea	0	0	8	13	17	1	2	0	0	0	0	0	41
Anthidium manicatum	0	0	7	0	25	0	8	0	0	0	0	0	40
Anthophora plumipes	0	0	6	30	4	0	0	0	0	0	0	0	40
Chalicodoma sicula	0	1	10	15	14	0	0	0	0	0	0	0	40
Xylocopa iris	0	0	12	15	5	3	4	0	0	0	0	0	39
Habropoda tarsata	0	0	5	27	5	0	0	0	0	0	0	0	37
Rhodanthidium sticticum	0	0	4	19	14	0	0	0	0	0	0	0	37
Anthophora balneorum	0	0	0	19	17	0	0	0	0	0	0	0	36
Eucera crinipes	0	0	6	13	16	0	0	0	0	0	0	0	35
Hoplitis adunca	0	0	2	4	24	3	0	0	0	0	0	0	33
Panurgus vachali siculus	0	0	0	14	18	0	0	0	0	0	0	0	32
Hoplitis anthocopoides	0	0	2	5	21	0	0	0	0	0	0	0	28
Osmia melanogaster	0	0	0	9	19	0	0	0	0	0	0	0	28
Osmia aurulenta	0	0	0	11	16	0	0	0	0	0	0	0	27
Osmia kohli	0	0	7	10	10	0	0	0	0	0	0	0	27
Anthophora crinipes	0	0	0	18	5	0	0	0	0	0	0	0	23
Osmia caerulescens	0	0	0	8	8	5	0	0	0	0	0	0	21
Osmia latreillei	0	0	10	6	5	0	0	0	0	0	0	0	21
Megachile circumcincta	0	0	4	10	4	0	2	0	0	0	0	0	20
Andrena agilissima italica	0	0	0	7	12	0	0	0	0	0	0	0	19
Eucera caspica	0	0	14	4	1	0	0	0	0	0	0	0	19
Ceratina cucurbitina	0	0	4	2	6	2	2	0	0	0	0	0	16
Chalicodoma parietina	0	0	0	5	11	0	0	0	0	0	0	0	16
Halictus fulvipes	0	0	2	0	1	3	10	0	0	0	0	0	16
Andrena nigroaenea	0	0	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14
Hoplitis acuticornis	0	0	0	3	7	4	0	0	0	0	0	0	14
Halictus asperulus	0	0	1	5	1	4	0	0	0	0	0	0	11
Bombus pasquorum siciliensis	0	0	0	2	1	2	5	0	0	0	0	0	10
Ceratina cyanea	0	0	0	1	2	5	2	0	0	0	0	0	10
Pseudoanthidium lituratum	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10
Amegilla albigena	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	8
Bombus hortorum	0	0	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	7
Megachile giraudi intermixta	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0	7
Andrena ovatula	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Ceratina dallatorreana	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6
Ceratina dentiventris	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6
Habropoda zonatula	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Halictus scabiosae	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	6
Lasioglossum malachurum	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	6
Osmia signata	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	6
Bombus ruderatus	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	5
Lasioglossum interruptum	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5
Melecta albifrons	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Nomioides spp.	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5
Osmia tumenis	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Thyreus ramosus	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	5
Andrena combinata	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4
Andrena fumida	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Andrena nigroolivacea	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Andrena similis	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Eupavlovskia funeraria	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Halictus compressus	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	4
Melecta obscura	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4
Thyreus orbatus	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4
Amegilla garrula	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Andrena pseudasuniensis	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Anthophora crassipes	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3

Eucera algira	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Eucera longicornis	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Icteranthidium grohmanni	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
Lasioglossum bimaculatum	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Osmia notata	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
Osmia submicans hebraea	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3
Rodanthidium 7-dentatum	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Andrena schmiedeknechti	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Andrena stabiana	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Eucera oraniensis	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Halictus constantinensis	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Heriades crenulatus	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Lasioglossum calceatum	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Lasioglossum laeve	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Megachile lagopoda	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Andrena albopunctata funebris	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrena flavipes	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrena hesperia	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrena kamarti	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrena limata	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrena minutula	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrena morio	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrena panurgina	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Andrena wilkella	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Anthophora mucida	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Anthophora quadricolor	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Anthophora retusa	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombus bohemicus	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Bombus maxillosus	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ceratina chalybea	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Ceratina parvula	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Dioxys cincta	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Halictus kessleri	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Halictus pollinosus	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Halictus quadricinctus	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Halictus sexcinctus	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Hoplitis illyrica	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Hoplitis leucomelaena	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Hoplosmia ligurica	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Megachile albisecta	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Melecta nigra	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Osmia rufohirta	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pseudoanthidium gregoriense	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Stelis nasuta	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Thyreus affinis	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Xylocopa valga	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Totale esemplari	**0**	**2**	**179**	**436**	**388**	**80**	**54**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1139**

Il popolamento apidico censito nell'area di confronto della Leucatia (Catania) (LE) comprende nel complesso 98 specie riportate in Tab. 4.

Tab. 4. Checklist delle specie di Apoidea censite nel sito di riferimento della Leucatia (Catania).

Famiglia **COLLETIDAE**
Colletes fodiens (Fourcroy, 1785)
Colletes similis (Schenck, 1853)
Hylaeus brevicornis (Nylander, 1852)
Hylaeus imparilis (Foerster, 1871)
Hylaeus angustatus (Schenck, 1859)
Hylaeus annularis (Kirby, 1802)
Hylaeus clypearis (Schenck, 1853)
Hylaeus lineolatus (Schenck, 1859)
Hylaeus gibbus Saunders, 1850
Hylaeus punctatus (Brullé, 1832)
Famiglia **ANDRENIDAE**
Andrena aeneiventris (Morawitz, 1872)
Andrena agilissima italica (Warncke, 1968)
Andrena decipiens (Schenck, 1859)
Andrena fimbriata (Brullè, 1832)
Andrena forsterella (Osytshnjuk, 1978)
Andrena albopunctata funebris (Panzer, 1798)
Andrena nigroaenea (Kirby, 1802)
Andrena florea (Fabricius, 1793)
Andrena ferrugineicrus (Dours, 1872)
Andrena gravida (Imhoff, 1832)
Famiglia **HALICTIDAE**
Pseudapis diversipes (Latreille, 1806)
Halictus asperulus (Pérez, 1895)
Halictus brunnescens (Eversmann, 1852)
Halictus compressus (Walckenaer, 1802)
Halictus fulvipes (Klug, 1817)
Halictus langobardicus (Bluethgen, 1944)
Halictus quadricinctus (Fabricius, 1776)
Halictus scabiosae (Rossi, 1790)
Halictus gemmeus (Dours, 1872)
Halictus subaurata (Rossi, 1792)
Halictus pollinosus (Sichel, 1860)
Halictus vestitus (Lepeletier, 1841)
Lasioglossum glabriusculum (Morawitz, 1872)
Lasioglossum morio (Fabricius, 1793)
Lasioglossum nitidulum (Fabricius, 1804)
Lasioglossum pauxillum (Schenck, 1853)
Lasioglossum politum (Schenck, 1853)
Lasioglossum truncaticolle (Morawitz, 1878)
Lasioglossum bimaculatum (Dours, 1872)
Lasioglossum callizonium (Pérez, 1895)
Lasioglossum laterale (Brullè, 1832)

Lasioglossum lativentre (Schenck, 1853)
Sphecodes gibbus (Linnaeus, 1758)

Famiglia **MELITTIDAE**

Dasypoda hirtipes (Fabricius, 1793)

Famiglia **MEGACHILIDAE**

Heriades crenulatus (Nylander, 1856)
Hoplitis adunca (Panzer, 1798)
Hoplitis anthocopoides (Schenck, 1853)
Osmia caerulescens (Linnaeus, 1758)
Osmia fulviventris niveata (Fabricius, 1804)
Osmia latreillei iberoafricana (Peters, 1975)
Osmia melanogaster (Spinola, 1806)
Osmia niveocincta (Erichson, 1835)
Osmia brevicornis (Fabricius, 1798)
Osmia rufa (Linnaeus, 1758)
Osmia kohli (Ducke, 1900)
Osmia gallarum (Spinola, 1808)
Anthidiellum strigatum luteum (Friese, 1897)
Anthidium florentinum (Fabricius, 1775)
Anthidium manicatum (Linnaeus, 1758)
Icteranthidium grohmanni (Spinola, 1838)
Pseudoanthidium lituratum (Panzer, 1801)
Rhodanthidium septemdentatum (Latreille, 1809)
Stelis breviuscula (Nylander, 1848)
Coelioxys afra (Lepeletier, 1841)
Coelioxys inermis (Kirby, 1802)
Megachile nigrita (Radoszkowski, 1876)
Megachile parietina (Geoffroy, 1762)
Megachile albisecta (Klug, 1817)
Megachile apicalis (Spinola, 1808)
Megachile atratula (Rebmann, 1968)
Megachile pilidens (Alfken, 1923)
Megachile rotundata (Fabricius, 1787)
Megachile centuncularis (Linnaeus, 1758)
Megachile melanopyga Costa, 1863
Megachile lagopoda (Linnaeus, 1761)
Megachile maritima (Kirby, 1802)

Famiglia **APIDAE**

Xylocopa iris (Christ, 1791)
Xylocopa violacea (Linnaeus, 1758)
Ceratina cucurbitina (Rossi, 1792)
Ceratina chalcites Latreille, 1809
Ceratina chalybea (Chevrier, 1872)
Ceratina cyanea (Kirby, 1802)
Nomada mauritanica manni (Morawitz, 1871)
Nomada sexfasciata (Panzer, 1799)
Epeolus siculus Giordani Soika, 1944

Eucera nigrescens (Pérez, 1879)
Eucera oraniensis (Lepeletier, 1841)
Eucera vulpes (Brullè, 1832)
Amegilla albigena (Lepeletier, 1841)
Amegilla garrula (Rossi, 1790)
Anthophora plumipes (Pallas, 1772)
Anthophora salviae (Panzer, 1804)
Anthophora atroalba (Lepeletier, 1841)
Habropoda tarsata (Spinola, 1838)
Habropoda zonatula (Smith, 1854)
Melecta funeraria (Smith, 1854)
Melecta obscura (Friese, 1895)
Melecta albifrons nigra (Spinola, 1806)
Thyreus histrionicus (Illiger, 1806)
Thyreus ramosus (Lepeletier, 1841)
Bombus terrestris calabricus Krueger, 1958
Bombus pasquorum siciliensis Tkalcu, 1977

Per quanto concerne l'agroecosistema di Acicatena (AC), il popolamento apidico comprende 47 specie, riportate in Tab. 5.

Tab. 5. Checklist delle specie di Apoidea censite nell'agroecosistema di Acicatena (AC).

Famiglia **ANDRENIDAE**
Andrena combinata (Christ, 1791)
Andrena schmiedeknechti (Magretti, 1883)
Andrena nigroaenea (Kirby, 1802)
Andrena ovatula (Kirby, 1802)
Andrena similis (Smith, 1849)
Andrena stabiana (Morice, 1899)
Panurgus vachali siculus (Morawitz, 1871)

Famiglia **ANTHOPHORIDAE**
Anthophora balneorum (Lepeletier, 1841)
Anthophora crinipes (Smith, 1854)
Anthophora retusa (Linnaeus, 1758)
Anthophora plumipes (Pallas, 1772)
Eucera (*Eucera*) *nigrescens* Pérez, 1879
Eucera caspica (Morawitz, 1873)
Eucera crinipes (Morawitz, 1874)
Eucera oraniensis (Lepeletier, 1841)
Eupavlovskia funeraria (Smith, 1854)
Thyreus ramosus (Lepeletier, 1841)
*Thyreus orbatus (*Lepeletier, 1841)
Habropoda tarsata (Spinola, 1838)

Melecta albifrons (Foerster, 1771)
Melecta obscura (Friese, 1895)

Famiglia **HALICTIDAE**

Halictus asperulus (Pérez, 1895)
Halictus fulvipes (Klug, 1817)
Lasioglossum bimaculatum (Dours, 1872)
Lasioglossum calceatum (Scopoli, 1763)
Lasioglossum interruptum (Panzer, 1798)

Famiglia **MEGACHILIDAE**

Dioxys cincta (Jurine, 1807)
Hoplitis adunca (Panzer, 1798)
Hoplosmia ligurica (Morawitz,1868)
Osmia caerulescens (Linnaeus, 1758)
Osmia latreillei iberoafricana (Peters, 1975)
Osmia melanogaster (Spinola, 1806)
Osmia submicans (Morawitz, 1866)
Osmia tunenis (Fabricius, 1787)
Anthidium manicatum (Linnaeus, 1758)
Megachile parietina (Geoffroy, 1762)
Megachile circumcincta (Kirby, 1802)

Famiglia **APIDAE**

Xylocopa violacea (Linnaeus, 1758)
Ceratina cucurbitina (Rossi, 1792)
Ceratina chalybea (Chevrier, 1872)
Ceratina parvula (Smith, 1854)
Ceratina cyanea (Kirby, 1802)
Ceratina parvula (Smith, 1854)
Bombus terrestris calabricus (Krueger, 1958)
Bombus pasquorum siciliensis (Tkalcu, 1977)
Bombus ruderatus (Fabricius, 1775)
Bombus hortorum (Linnaeus, 1761)
Bombus ruderatus (Fabricius, 1775)

Per quanto riguarda la Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG), il popolamento apidico comprende 67 specie, riportate in Tab. 6.

Tab. 6. Checklist delle specie di Apoidea censite nel sito Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG).

Famiglia **ANDRENIDAE**
Andrena combinata (Christ, 1791)
Andrena agilissima italica (Warncke, 1968)
Andrena flavipes (Panzer, 1799)
Andrena minutula (Kirby, 1802)
Andrena schmiedeknechti (Magretti, 1883)
Andrena ovatula (Kirby, 1802)
Andrena wilkella (Kirby, 1802)
Panurgus vachali siculus (Morawitz, 1871)

Famiglia **ANTHOPHORIDAE**
Amegilla garrula (Rossi, 1790)
Anthophora balneorum (Lepeletier, 1841)
Anthophora crinipes (Smith, 1854)
Anthophora mucida (Gribodo,1873)
Anthophora plumipes (Pallas, 1772)
Anthophora quadricolor (Erichson, 1840)
Eucera nigrescens (Pérez, 1879)
Eucera caspica (Morawitz, 1873)
Eucera crinipes (Morawitz, 1874)
Eucera longicornis (Linnaeus, 1758)
Thyreus affinis (Morawitz, 1873)
Habropoda tarsata (Spinola, 1838)
Habropoda zonatula (Smith, 1854)

Famiglia **HALICTIDAE**
Halictus asperulus (Pérez, 1895)
Halictus compressus (Walckenaer, 1802)
Halictus constantinensis (Strand, 1910)
Halictus fulvipes (Klug, 1817)
Halictus kessleri (Bramson, 1879)
Halictus pollinosus (Sichel, 1860)
Halictus quadricinctus (Fabricius, 1776)
Halictus scabiosae (Rossi, 1790)
Halictus sexcinctus (Fabricius, 1775)
Lasioglossum bimaculatum (Dours, 1872)

Famiglia **MEGACHILIDAE**
Hoplitis acuticornis (Dufour & Perris, 1840)
Hoplitis anthocopoides (Schenck, 1853)

Hoplitis *illyrica* (Noskiewicz,1926)
Hoplitis leucomelana (Kirby, 1802)
Hoplitis adunca (Panzer, 1798)
Icteranthidium grohmanni (Spinola, 1838)
Osmia melanogaster (Spinola, 1806)
Osmia signata (Erichson, 1835)
Osmia aurulenta (Panzer, 1799)
Osmia kohli (Ducke, 1900)
Osmia submicans hebraea (Morawitz, 1870)
Pseudoanthidium gregoriense Nobile, 1990
Pseudoanthidium lituratum (Panzer, 1801)
Rhodanthidium sticticum (Fabricius, 1787)
Anthidium manicatum (Linnaeus, 1758)
Megachile parietina (Geoffroy, 1762)
Megachile sicula (Rossi, 1792)
Megachile circumcincta (Kirby, 1802)
Megachile lagopoda (Linnaeus, 1761)
Megachile obscura Alfken, 1897
Famiglia **APIDAE**
Xylocopa violacea (Linnaeus, 1758)
Xylocopa iris (Christ, 1791)
Ceratina cucurbitina (Rossi, 1792)
Bombus terrestris calabricus (Krueger, 1958)
Bombus pasquorum siciliensis (Tkalcu, 1977)
Bombus ruderatus (Fabricius, 1775)
Bombus hortorum (Linnaeus, 1761)

Per quanto concerne il Parco Gioeni (PG), il popolamento apidico comprende 54 specie, riportate in Tab. 7.

Tab. 7. Checklist delle specie di Apoidea censite nel sito di Parco Gioeni (PG).

Famiglia **ANDRENIDAE**
Andrena nigroaenea (Kirby, 1802)
Andrena agilissima italica (Warncke, 1968)
Andrena hesperia (Smith, 1853)
Andrena kamarti (Schmiedeknecht, 1900)
Andrena limata (Smith, 1853)
Andrena morio (Brullé, 1832)
Andrena nigroolivacea (Dours, 1873)
Andrena ovatula (Kirby, 1802)
Andrena panurgina (De Stefani,1889)
Andrena pseudasuniensis Strand, 1921
Andrena similis (Smith, 1849)

Panurgus vachali siculus (Morawitz, 1871)

Famiglia **ANTHOPHORIDAE**
Amegilla albigena (Lepeletier, 1841)
Anthophora balneorum (Lepeletier, 1841)
Anthophora crassipes (Lepeletier, 1841)
Anthophora crinipes (Smith, 1854)
Anthophora plumipes (Pallas, 1772)
Eucera nigrescens (Pérez, 1879)
Eucera algira (Brullé, 1840)
Eucera caspica (Morawitz, 1873)
Eucera crinipes (Morawitz, 1874)
Thyreus ramosus (Lepeletier, 1841)
Thyreus orbatus (Lepeletier, 1841)
Habropoda tarsata (Spinola, 1838)
Habropoda zonatula (Smith, 1854)

Famiglia **HALICTIDAE**
Halictus (*Halictus*) *asperulus* Pérez, 1895
Halictus scabiosae (Rossi, 1790)
Lasioglossum bimaculatum (Dours, 1872)
Lasioglossum interruptum (Panzer, 1798)
Lasioglossum malachurum (Kirby, 1802)
Nomioides sp.

Famiglia **MEGACHILIDAE**
Hoplitis adunca (Panzer, 1798)
Osmia melanogaster (Spinola, 1806)
Osmia caerulescens (Linnaeus, 1758)
Osmia signata (Erichson, 1835)
Osmia aurulenta (Panzer, 1799)
Osmia kohli (Ducke, 1900)
Osmia latreillei iberoafricana (Peters, 1975)
Osmia tunenis (Fabricius, 1787)
Rhodanthidium sticticum (Fabricius, 1787)
Rhodanthidium septemdentatum (Latreille, 1809)
Stelis nasuta (Latreille, 1809)
Anthidium manicatum (Linnaeus, 1758)
Megachile parietina (Geoffroy, 1762)
Megachile sicula (Rossi, 1792)
Megachile circumcincta (Kirby, 1802)
Megachile giraudi (Gerstaecker, 1869)

Famiglia **APIDAE**
Xylocopa violacea (Linnaeus, 1758)
Xylocopa iris (Christ, 1791)
Ceratina cucurbitina (Rossi, 1792)
Ceratina cyanea (Kirby, 1802)
Bombus terrestris calabricus Krueger, 1958
Bombus hortorum (Linnaeus, 1761)

Per quanto concerne il Parco degli Ulivi (PU), il popolamento apidico comprende nel complesso 53 specie, riportate in Tab. 8).

Tab. 8. Checklist delle specie di Apoidea censite nel sito di Parco degli Ulivi (PU).

Famiglia **ANDRENIDAE**
Andrena nigroaenea (Kirby, 1802)
Andrena combinata (Christ, 1791)
Andrena agilissima italica (Warncke, 1968)
Andrena albopunctata funebris (Panzer, 1798)
Andrena fumida (Pérez, 1895)
Andrena nigroolivacea (Dours, 1873)
Andrena ovatula (Kirby, 1802)
Andrena pseudasuniensis Strand, 1921
Panurgus vachali siculus (Morawitz, 1871)

Famiglia **ANTHOPHORIDAE**
Amegilla albigena (Lepeletier, 1841)
Anthophora balneorum (Lepeletier, 1841)
Anthophora crinipes (Smith, 1854)
Anthophora plumipes (Pallas, 1772)
Eucera nigrescens (Pérez, 1879)
Eucera caspica (Morawitz, 1873)
Eucera crinipes (Morawitz, 1874)
Eucera oraniensis (Lepeletier, 1841)
Thyreus ramosus (Lepeletier, 1841)
Habropoda tarsata (Spinola, 1838)
Melecta albifrons nigra (Spinola, 1806)

Famiglia **HALICTIDAE**
Halictus (*Halictus*) *asperulus* Pérez, 1895
Halictus scabiosae (Rossi, 1790)
Lasioglossum calceatum (Scopoli, 1763)
Lasioglossum interruptum (Panzer, 1798)
Lasioglossum laeve (Kirby, 1802)
Lasioglossum malachurum (Kirby, 1802)

Famiglia **MEGACHILIDAE**
Hoplitis anthocopoides (Schenck, 1853)
Hoplitis acuticornis (Dufour & Perris, 1840)
Hoplitis adunca (Panzer, 1798)
Osmia melanogaster (Spinola, 1806)
Osmia caerulescens (Linnaeus, 1758)
Osmia aurulenta (Panzer, 1799)

Osmia kohli (Ducke, 1900)
Osmia latreillei iberoafricana (Peters, 1975)
Osmia notata (Fabricius, 1804)
Osmia rufohirta (Latreille, 1811)
Rhodanthidium sticticum (Fabricius, 1787)
Rhodanthidium septemdentatum (Latreille, 1809)
Megachile parietina (Geoffroy, 1762)
Megachile sicula (Rossi, 1792)
Megachile albisecta (Klug, 1817
Megachile circumcincta (Kirby, 1802)
Megachile giraudi (Gerstaecker, 1869)
Famiglia **APIDAE**
Xylocopa violacea (Linnaeus, 1758)
Xylocopa iris (Christ, 1791)
Xylocopa valga (Gerstaecker, 1872)
Bombus terrestris calabricus (Krueger, 1958)
Bombus pasquorum siciliensis (Tkalcu, 1977)
Bombus bohemicus (Siedl, 1838)
Bombus hortorum (Linnaeus, 1761)
Bombus maxillosus (Klug, 1817)
Bombus ruderatus (Fabricius, 1775)

6.2. Comparazione dei popolamenti apidici

6.2.1. Affinità faunistica

Prendendo in considerazione le liste delle specie censite nei tre anni di campionamento effettuati nei quattro diversi siti e l'elenco faunistico relativo al sito di riferimento di Leucatia, è stata costruita una matrice di presenza-assenza delle diverse specie, presentata in Tab. 9.

Tab. 9. Matrice di presenza-assenza delle specie censite nei quattro siti di indagine e nel sito di comparazione della Leucatia.

Specie/Sito	Acicatena	S. Gregorio	Parco Gioeni	Parco degli Ulivi	Leucatia
Amegilla albigena	0	0	1	1	1
Amegilla garrula	0	1	0	0	1
Andrena combinata	0	1	0	0	0
Andrena nigroaenea	1	0	1	1	0
Andrena agilissima italica	0	1	1	1	1
Andrena albopunctata funebris	0	0	0	1	1
Andrena aeneiventris	0	0	0	0	1
Andrena decipiens	0	0	0	0	1
Andrena combinata	1	1	0	1	0
Andrena ferrugineicrus	0	0	0	0	1
Andrena forsterella	0	0	0	0	1
Andrena fimbriata	0	0	0	0	1
Andrena flavipes	0	1	0	0	0
Andrena florea	0	0	0	0	1
Andrena fumida	0	0	0	1	0
Andrena gravida	0	0	0	0	1
Andrena hesperia	0	0	1	0	0
Andrena kamarti	0	0	1	0	0
Andrena limata	0	0	1	0	0
Andrena minutula	0	1	0	0	0
Andrena morio	0	0	1	0	0
Andrena nigroaenea	1	0	0	1	1
Andrena nigroolivacea	0	0	1	1	0
Andrena ovatula	1	1	1	1	0
Andrena panurgina	0	0	1	0	0
Andrena pseudasuniensis	0	0	1	1	0
Andrena schmiedeknechti	1	1	0	0	0
Andrena similis	1	0	1	0	0
Andrena stabiana	1	0	0	0	0
Andrena wilkella	0	1	0	0	0
Anthidium manicatum	1	1	1	0	1
Anthidium florentinum	0	0	0	0	1
Anthophora balneorum	1	1	1	1	0
Anthophora crassipes	0	0	1	0	0
Anthophora crinipes	1	1	1	1	0
Anthophora dispar	0	0	0	1	0
Anthophora mucida	0	1	0	0	0
Anthophora plumipes	1	1	1	1	1
Anthophora salviae	0	0	0	0	1

Anthophora quadricolor	0	1	0	0	0
Anthophora retusa	1	0	0	0	0
Bombus pasquorum siciliensis	1	1	0	1	1
Bombus terrestris calabricus	1	1	1	1	1
Bombus bohemicus	0	0	1	0	0
Bombus hortorum	1	1	1	1	0
Bombus maxillosus	0	0	0	1	0
Bombus ruderatus	1	1	0	1	0
Ceratina chalybea	1	1	1	0	1
Ceratina cucurbitina	1	0	0	0	1
Ceratina chalcites	0	0	0	0	1
Ceratina cyanea	1	1	1	1	1
Ceratina dallatorreana	0	1	0	0	0
Ceratina dentiventris	0	1	0	0	0
Ceratina parvula	1	0	0	0	0
Chalicodoma parietina	1	1	1	1	1
Chalicodoma sicula	0	1	1	1	0
Coelioxys inermis	0	0	0	0	1
Coelioxys afra	0	0	0	0	1
Colletes fodiens	0	0	0	0	1
Colletes similis	0	0	0	0	1
Dasypoda hirtipes	0	0	0	0	1
Dioxys cincta	0	0	0	1	0
Epeolus siculus	0	0	0	0	1
Eucera algira	0	0	1	0	0
Eucera caspica	1	1	1	1	0
Eucera crinipes	1	1	1	1	0
Eucera longicornis	0	1	0	0	0
Eucera nigrescens	1	1	1	1	1
Eucera oraniensis	1	0	0	1	1
Eucera vulpes	0	0	0	0	1
Eucera eucnemidea	0	0	0	0	1
Eupavlovskia funeraria	1	0	0	0	0
Habropoda tarsata	1	1	1	1	1
Habropoda zonatula	0	1	1	0	1
Halictus asperulus	1	1	1	1	1
Halictus brunnescens	0	0	0	0	1
Halictus compressus	0	1	0	0	1
Halictus constantinensis	0	0	0	0	0
Halictus gemmeus	0	0	0	0	1
Halictus fulvipes	1	1	0	0	1
Halictus langobardicus	0	0	0	0	1
Halictus kessleri	0	1	0	0	0
Halictus pollinosus	0	1	0	0	0

Halictus quadricinctus	0	1	0	0	1
Halictus scabiosae	0	1	1	1	1
Halictus sexcinctus	0	1	0	0	0
Halictus subaurata	0	0	0	0	1
Halictus pollinosus	0	0	0	0	1
Halictus vestitus	0	0	0	0	1
Heriades crenulatus	0	1	0	0	0
Hylaeus brevicornis	0	0	0	0	1
Hylaeus imparilis	0	0	0	0	1
Hylaeus angustatus	0	0	0	0	1
Hylaeus annularis	0	0	0	0	1
Hylaeus clypearis	0	0	0	0	1
Hylaeus lineolatus	0	0	0	0	1
Hylaeus gibbus	0	0	0	0	1
Hylaeus punctatus	0	0	0	0	1
Hoplitis acuticornis	0	1	0	0	0
Hoplitis anthocopoides	0	1	1	1	1
Hoplitis illyrica	0	1	0	0	0
Hoplitis acuticornis	0	1	0	1	0
Hoplitis adunca	1	1	1	1	1
Hoplitis leucomelaena	0	1	0	0	0
Hoplosmia ligurica	1	0	0	0	0
Icteranthidium grohmanni	0	1	0	0	1
Lasioglossum bimaculatum	1	1	1	0	1
Lasioglossum calceatum	1	0	0	1	0
Lasioglossum callizonium	0	0	0	0	1
Lasioglossum glabriusculum	0	0	0	0	1
Lasioglossum interruptum	1	0	1	1	0
Lasioglossum laeve	0	0	0	1	0
Lasioglossum laterale	0	0	0	0	1
Lasioglossum lativentre	0	0	0	0	1
Lasioglossum malachurum	0	0	1	1	0
Lasioglossum morio	0	0	0	0	1
Lasioglossum nitidulum	0	0	0	0	1
Lasioglossum pauxillum	0	0	0	0	1
Lasioglossum politum	0	0	0	0	1
Lasioglossum truncaticolle	0	0	0	0	1
Megachile apicalis	0	0	0	0	1
Megachile atratula	0	0	0	0	1
Megachile centuncularis	0	0	0	0	1
Megachile pilidens	0	0	0	0	1
Megachile lagopoda	0	1	0	0	0
Megachile albisecta	0	0	0	1	0
Megachile circumcincta	1	1	1	1	0

Megachile giraudi intermixta	0	0	1	1	0
Megachile lagopoda	0	1	0	0	1
Megachile maritima	0	0	0	0	1
Megachile melanopyga	0	0	0	0	1
Megachile nigrita	0	0	0	0	1
Megachile rotundata	0	0	0	0	1
Melecta albifrons	1	0	0	0	1
Melecta funeraria	0	0	0	0	1
Melecta nigra	0	0	1	0	0
Melecta obscura	1	1	0	0	1
Nomada sexfasciata	0	0	0	0	1
Nomada mauritanica manni	0	0	0	0	1
Nomioides sp.	0	0	1	0	0
Osmia caerulescens	1	1	0	0	1
Osmia fulviventris niveata	0	0	0	0	1
Osmia melanogaster	1	1	1	1	0
Osmia aurulenta	0	1	1	1	0
Osmia brevicornis	0	0	0	0	1
Osmia kohli	0	1	1	1	1
Osmia gallarum	0	0	0	0	1
Osmia latreillei	1	0	1	1	1
Osmia niveocincta	0	0	0	0	1
Osmia notata	0	0	0	1	0
Osmia rufa	0	0	0	0	1
Osmia rufohirta	0	0	0	1	0
Osmia signata	0	1	1	0	0
Osmia submicans hebraea	1	1	0	0	0
Osmia tunenis	1	0	1	0	0
Panurgus vachali siculus	1	1	1	1	0
Pseudapis diversipes	0	0	0	0	1
Pseudoanthidium gregoriense	0	1	0	0	0
Pseudoanthidium lituratum	0	1	0	0	1
Rhodanthidium sticticum	0	1	1	1	0
Rodanthidium 7-dentatum	0	0	1	1	1
Stelis nasuta	0	0	1	0	0
Stelis breviuscula	0	0	0	0	1
Thyreus affinis	0	1	0	0	0
Thyreus histrionicus	0	0	0	0	1
Thyreus orbatus	1	0	1	0	0
Thyreus ramosus	1	0	1	1	1
Xylocopa iris	0	1	1	1	1
Xylocopa violacea	1	1	1	1	1
Xylocopa valga	0	0	0	1	0
Totale specie	**47**	**67**	**56**	**54**	**98**

Tale matrice è servita per elaborare il grado di affinità faunistica di tutti e cinque i siti, mediante un'analisi multivariata (Cluster Analysis) effettuata con adottando due diversi algoritmi precedentemente specificati (vedi Materiali e Metodi) (Figg. 36-37) e un'analisi MDS (Fig. 38).

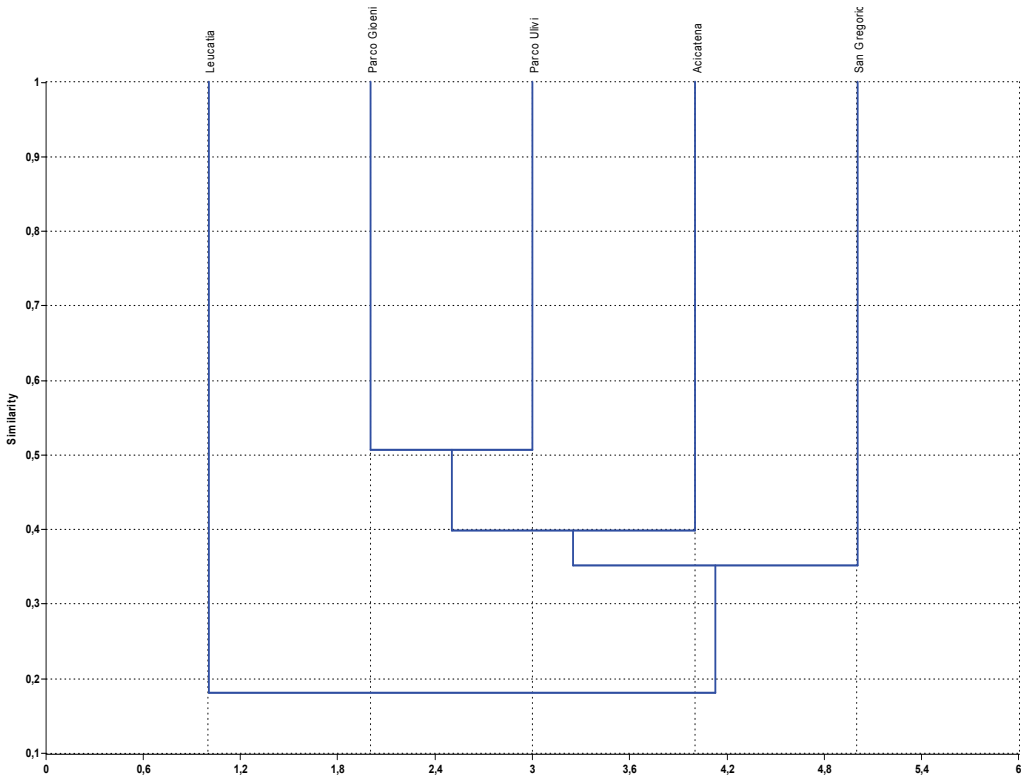


Fig. 36. Dendrogramma ottenuto dalla matrice di presenza-assenza delle specie nei quattro siti di indagine e nel sito di Leucatia mediante analisi multivariata con metodo di agglomerazione (*cluster analysis*) ed algoritmo di Ward.

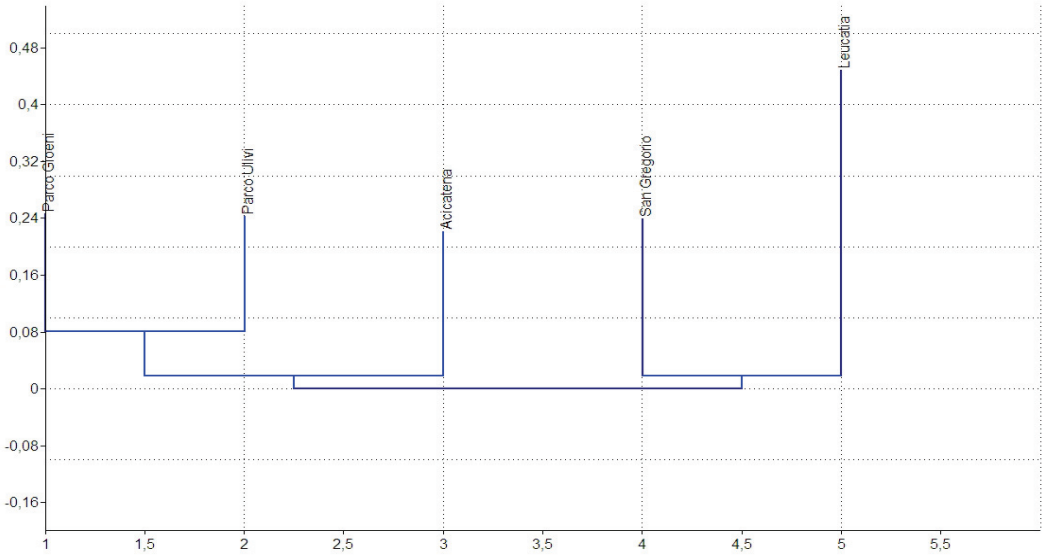


Fig. 37. Dendrogramma ottenuto dalla matrice di presenza-assenza delle specie nei quattro siti di indagine e nel sito di riferimento di Leucatia mediante analisi multivariata con metodo di "Neighbour-Joining" ed algoritmo di Horn.

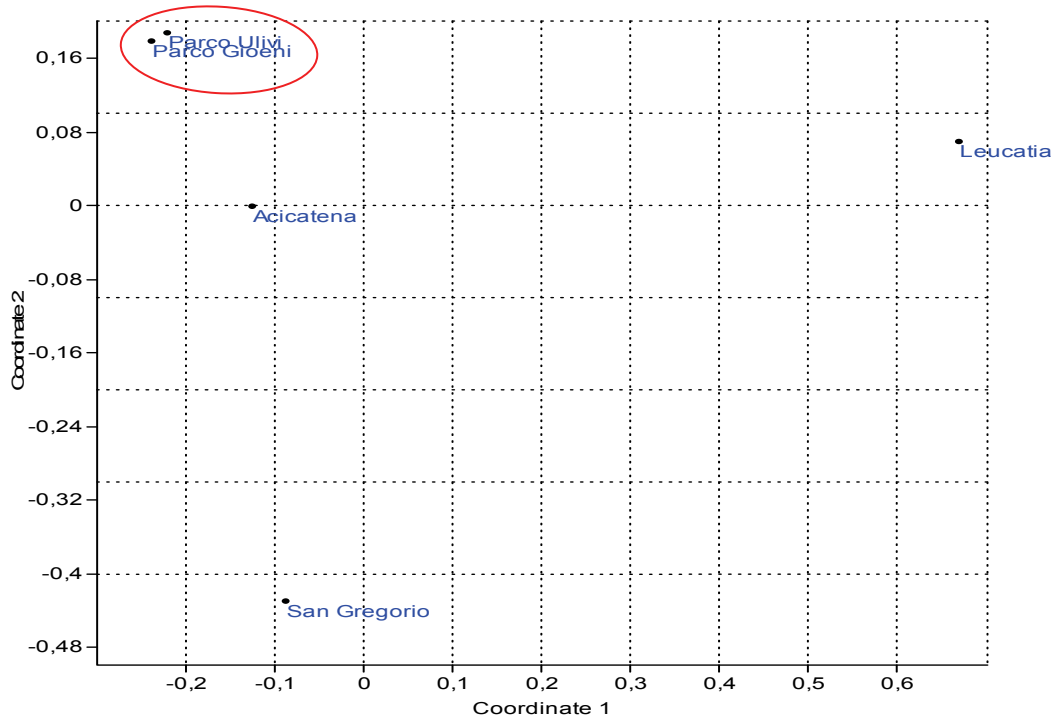


Fig. 38. MDS ottenuto dalla matrice di presenza-assenza delle specie censite nei quattro siti di indagine e nel sito di riferimento della Leucatia.

6.2.2. Struttura dei popolamenti apidici

Le famiglie caratterizzate da maggiore abbondanza di individui sono i Megachilidae e gli Anthophoridae, rispettivamente con 404 individui, pari al 36% del totale, e 366 individui, pari al 32% del totale. A notevole distanza si colloca la famiglia degli Apidae con 200 individui, pari al 18% del totale; il numero di esemplari delle afferenti agli Andrenidae e agli Halictidae è ancora più basso, rispettivamente 103, pari al 9% del totale, e 62, pari al 5% del totale (Fig. 39).

Per quanto concerne il numero di specie, sul totale di 105 specie censite complessivamente nei quattro siti, 47 sono rappresentate nell'agroecosistema di Acicatena (AC), pari al 21% del totale, 67 nella Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG), pari al 30% del totale, 54 nel Parco Gioeni (PG), pari al 25% del totale, 53 nel Parco degli Ulivi (PU), pari al 24% del totale (Fig. 40).

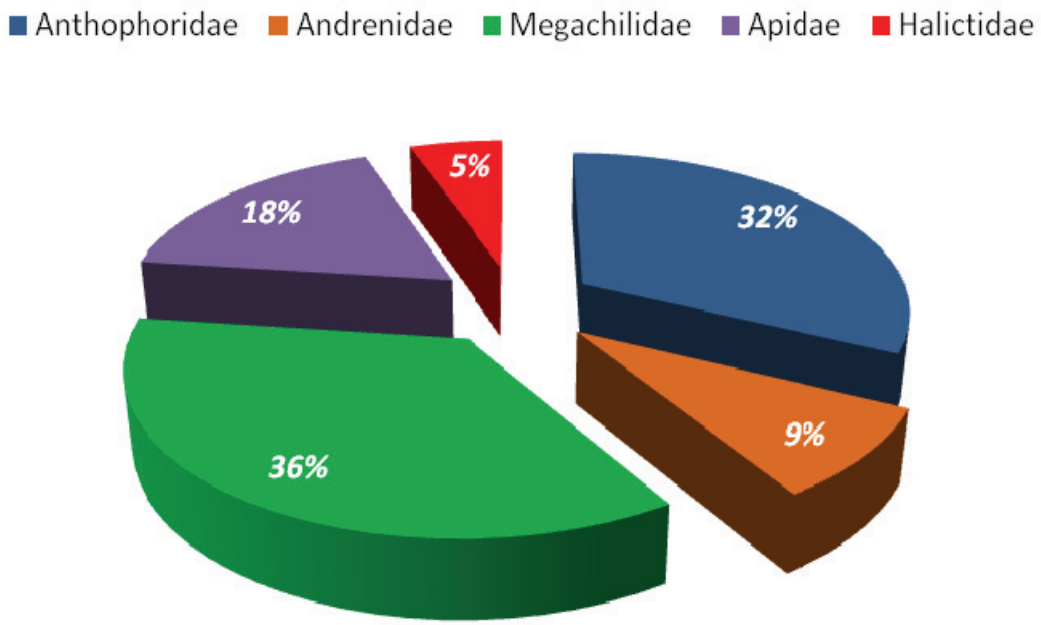


Fig. 39. Ripartizione del numero di esemplari complessivamente raccolti nei quattro siti prescelti, suddivisi nelle diverse famiglie di Apoidei.

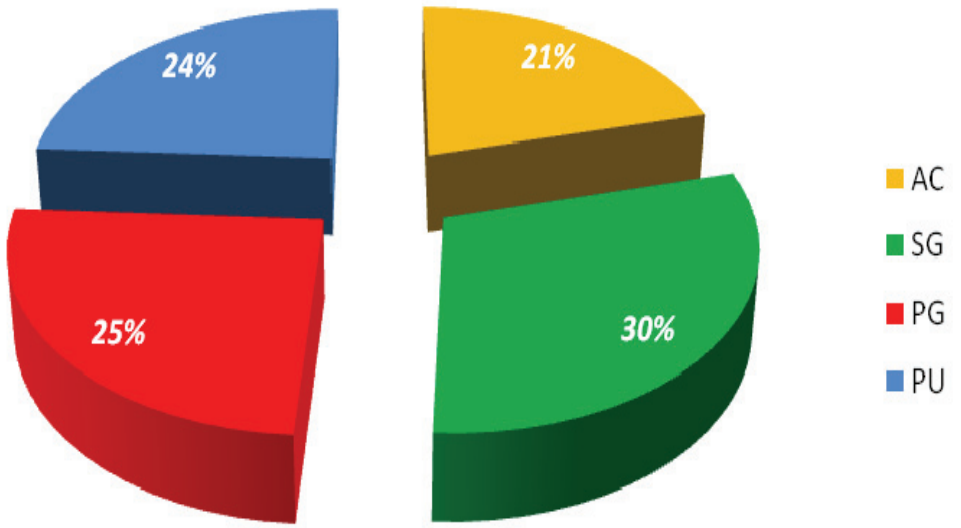


Fig. 40. Suddivisione del numero di specie di Apoidei raccolti nelle quattro stazioni oggetto di indagine.

Complessivamente, sul totale dei 1139 esemplari, 247 sono stati raccolti nell'agroecosistema di Acicatena (AC), 313 nella Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG), 353 nel Parco Gioeni (PG) e 226 nel Parco degli Ulivi (PU) (Figg. 41).

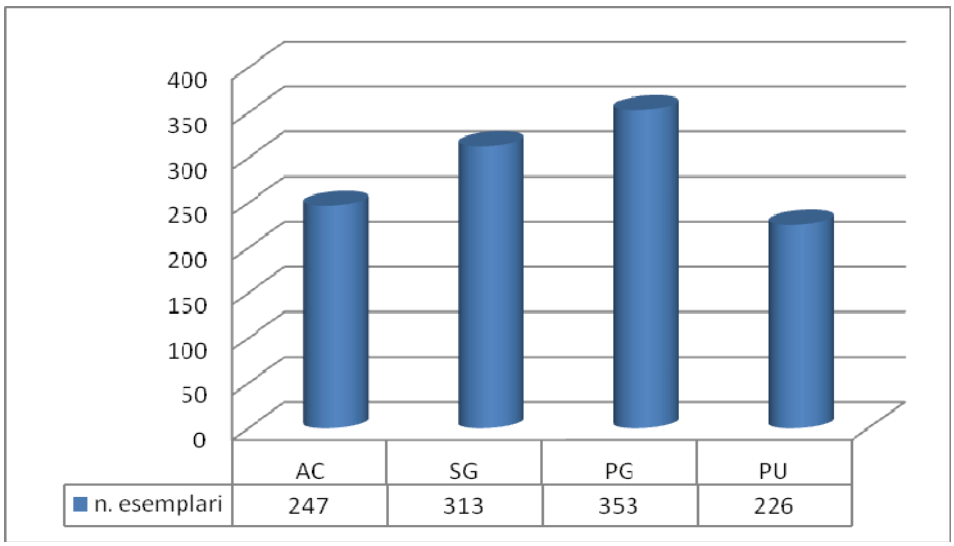


Fig. 41. Numero di esemplari di Apoidei raccolti complessivamente nelle quattro stazioni indagate.

Nei quattro siti oggetto di indagine, gli esemplari raccolti afferiscono complessivamente 27 generi: *Amegilla*, *Andrena*, *Anthidium*, *Anthophora*, *Bombus*, *Ceratina*, *Chalicodoma*, *Dioxys*, *Eucera*, *Eupavlovskia*, *Habropoda*, *Halictus*, *Heriades*, *Hoplitis*, *Hoplosmia*, *Icteranthidium*, *Lasioglossum*, *Megachile*, *Melecta*, *Nomioides*, *Osmia*, *Panurgus*, *Pseudoanthidium*, *Rhodanthidium*, *Stelis*, *Thyreus*, e *Xylocopa*. Di questi generi, 15 sono comuni a tutti i siti oggetto d'indagine dei quali: *Anthidium*, *Anthophora*, *Bombus*, *Ceratina*, *Chalicodoma*, *Eucera*, *Habropoda*, *Halictus*, *Hoplitis*, *Lasioglossum*, *Megachile*, *Osmia*, *Panurgus*, *Thyreus* e *Xylocopa* (Fig. 42).

I 1139 esemplari ascrivibili, come esplicitato precedentemente, a cinque diverse famiglie di Apoidei, presentano abbondanze relative differenziate nelle diverse stazioni indagate. In particolare, per l'agroecosistema di Acicatena (AC) sono stati raccolti 116 individui appartenenti agli Antophoridae, 23 appartenenti agli Andrenidae, 77 ai Megachilidae, 27 appartenenti agli Apidae e 8 agli Halictidae. Nella Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG) sono stati accolti 90 individui appartenenti agli Antophoridae, 18 appartenenti agli Andrenidae, 90 ai Megachilidae, 82 agli Apidae e 33 agli Halictidae. Nel Parco Gioeni (PG) sono stati raccolti 114 individui appartenenti agli Antophoridae, 26 agli Andrenidae, 153 ai Megachilidae, 46 agli Apidae e 11 agli Halictidae. Per il Parco degli Ulivi (PU) sono stati raccolti 46 individui appartenenti agli Anthophoridae, 36 agli Andrenidae, 89 ai Megachilidae, 45 agli Apidae e 10 agli Halictidae (Fig. 43).

Il genere più abbondante in termini di numero di esemplari è risultato in assoluto *Eucera* con 182 esemplari, rispettivamente: 50 nell'agroecosistema di Acicatena (AC), 39 nella Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG), 62 nel Parco Gioeni (PG), 31 nel Parco degli Ulivi (PU) (Fig. 42).

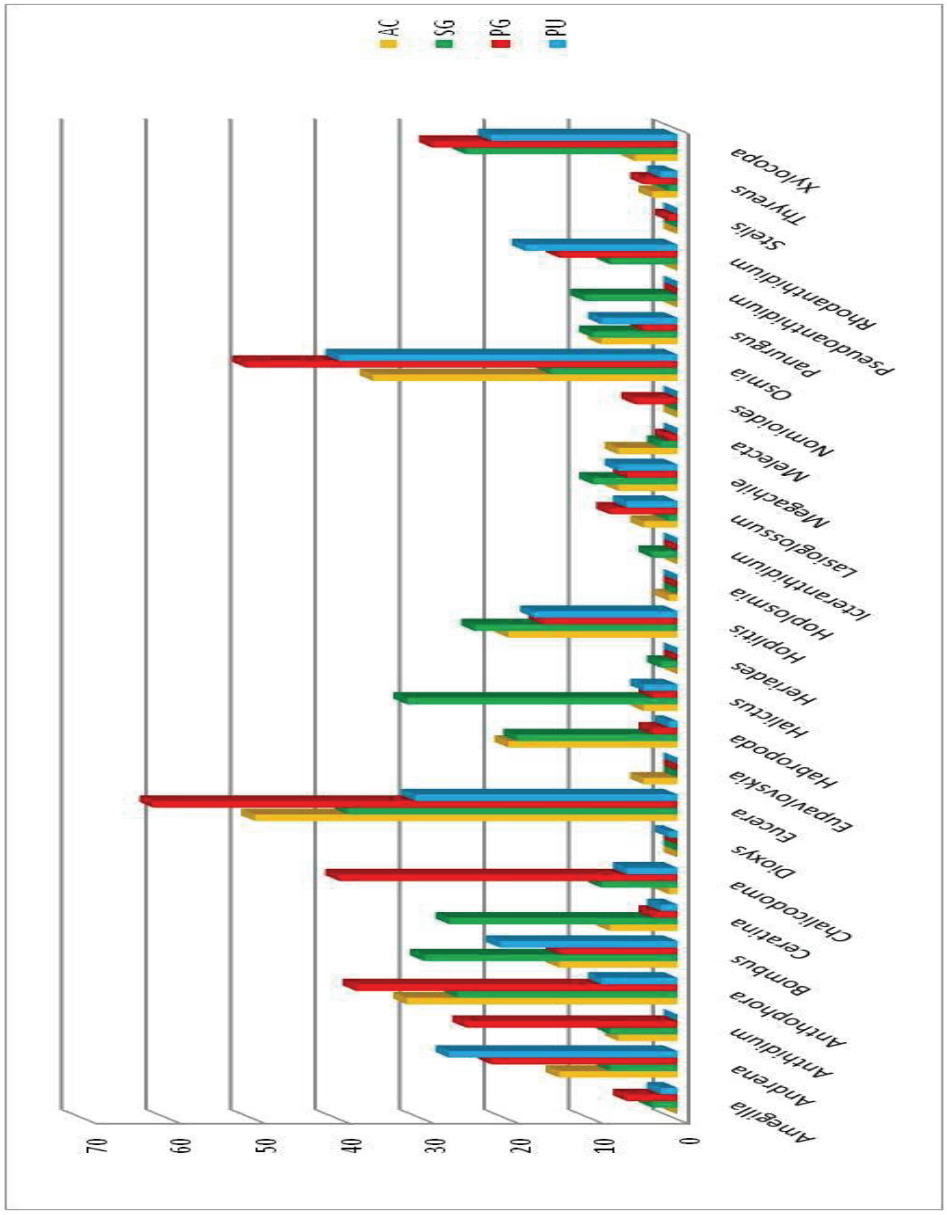


Fig. 42. Numero di esemplari raccolti nelle quattro stazioni di indagine, suddivisi per genere.

La specie più abbondante in assoluto risulta essere *Eucera nigrescens* per tutte le stazioni indagate, rispettivamente con 38 esemplari nell'agroecosistema (AC), 28 esemplari nella Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG), 34 nel Parco Gioeni (PG) e 20 nel Parco degli Ulivi (PU) (Fig. 44-48).

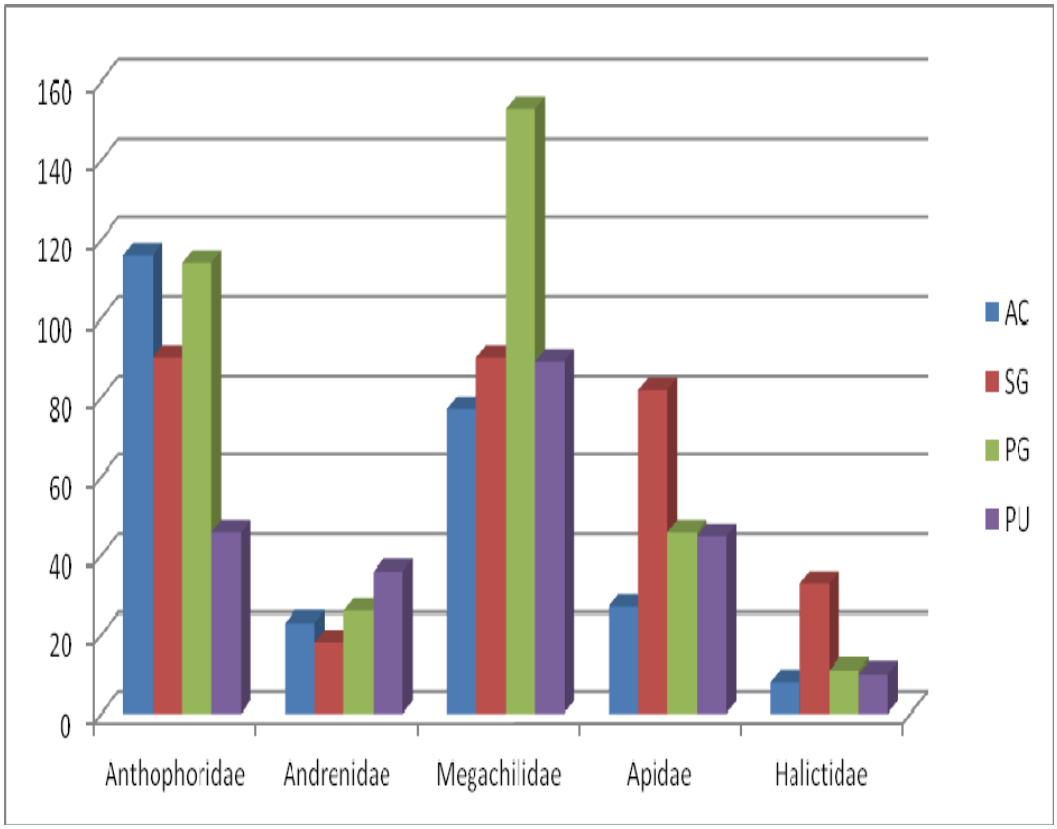


Fig. 43. Ripartizione del numero di esemplari di Apoidei raccolti nelle quattro stazioni oggetto di indagine, suddivisi per famiglie.

Le specie comuni ai quattro siti sono 19: *Andrena ovatula*, *Anthophora balneorum*, *Anthophora crinipes*, *Anthophora plumipes*, *Bombus terrestris calabricus*, *Bombus hortorum*, *Ceratina cyanea*, *Chalicodoma parietina*, *Eucera caspica*, *Eucera crinipes*, *Eucera nigrescens*, *Habropoda tarsata*,

Halictus asperulus, *Hoplitis adunca*, *Lasioglossum bimaculatum*, *Osmia melanogaster*, *Osmia caerulescens*, *Panurgus vachali siculus*, *Xylocopa violacea*.

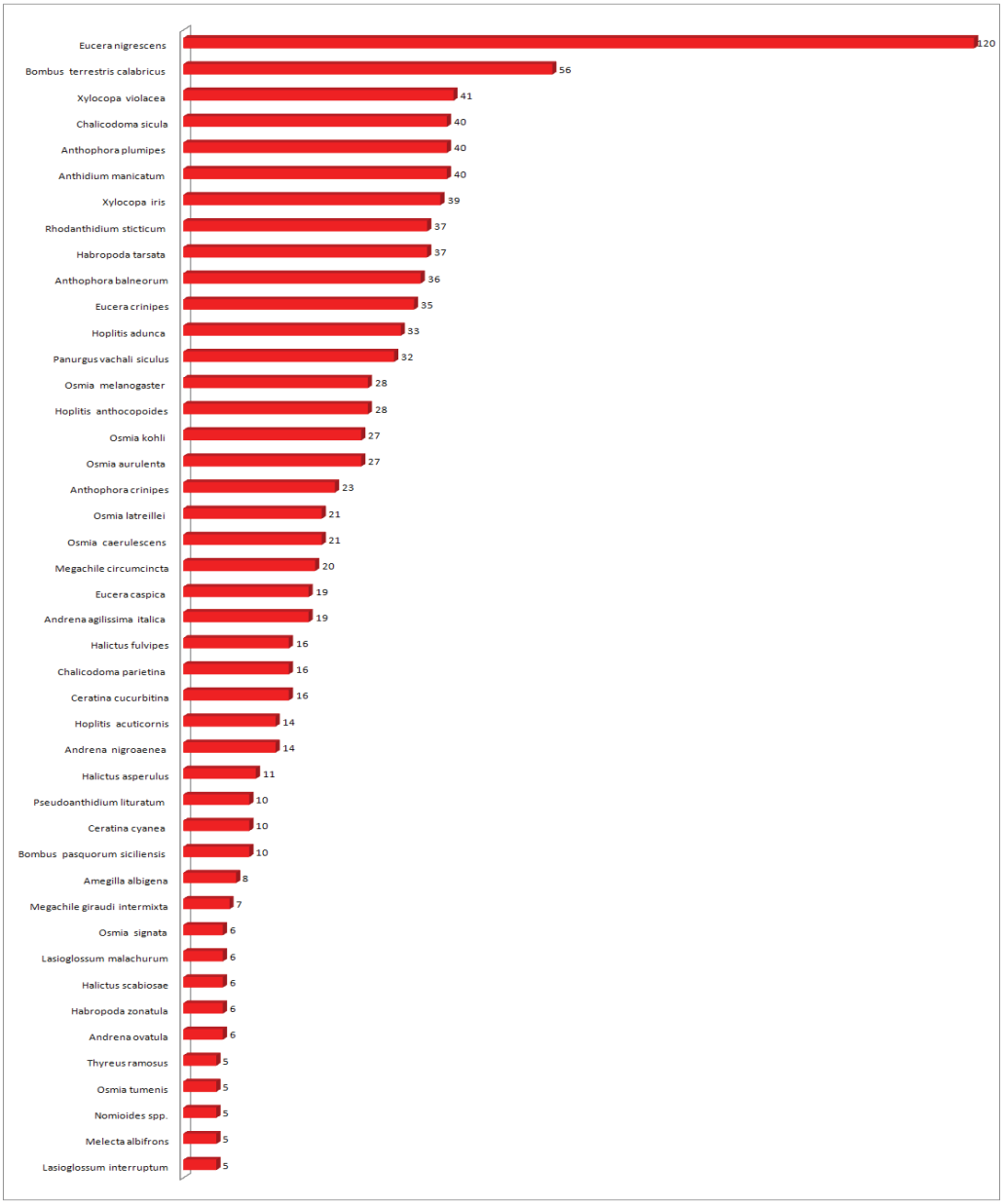


Fig. 44. Numero di esemplari raccolti nelle quattro stazioni di indagine, suddvise in ordine decrescente per specie (sono esluse le specie con n ≤ 10)

La specie più abbondante in assoluto risulta essere *Eucera nigrescens* per tutte le stazioni indagate, rispettivamente con 38 esemplari nell'agroecosistema (AC), 28 esemplari nella Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG), 34 nel Parco Gioeni (PG) e 20 nel Parco degli Ulivi (PU) (Fig. 45-48).

Nelle Fig. 45-48 vengono riportati il numero di esemplari per specie nelle singole stazioni.

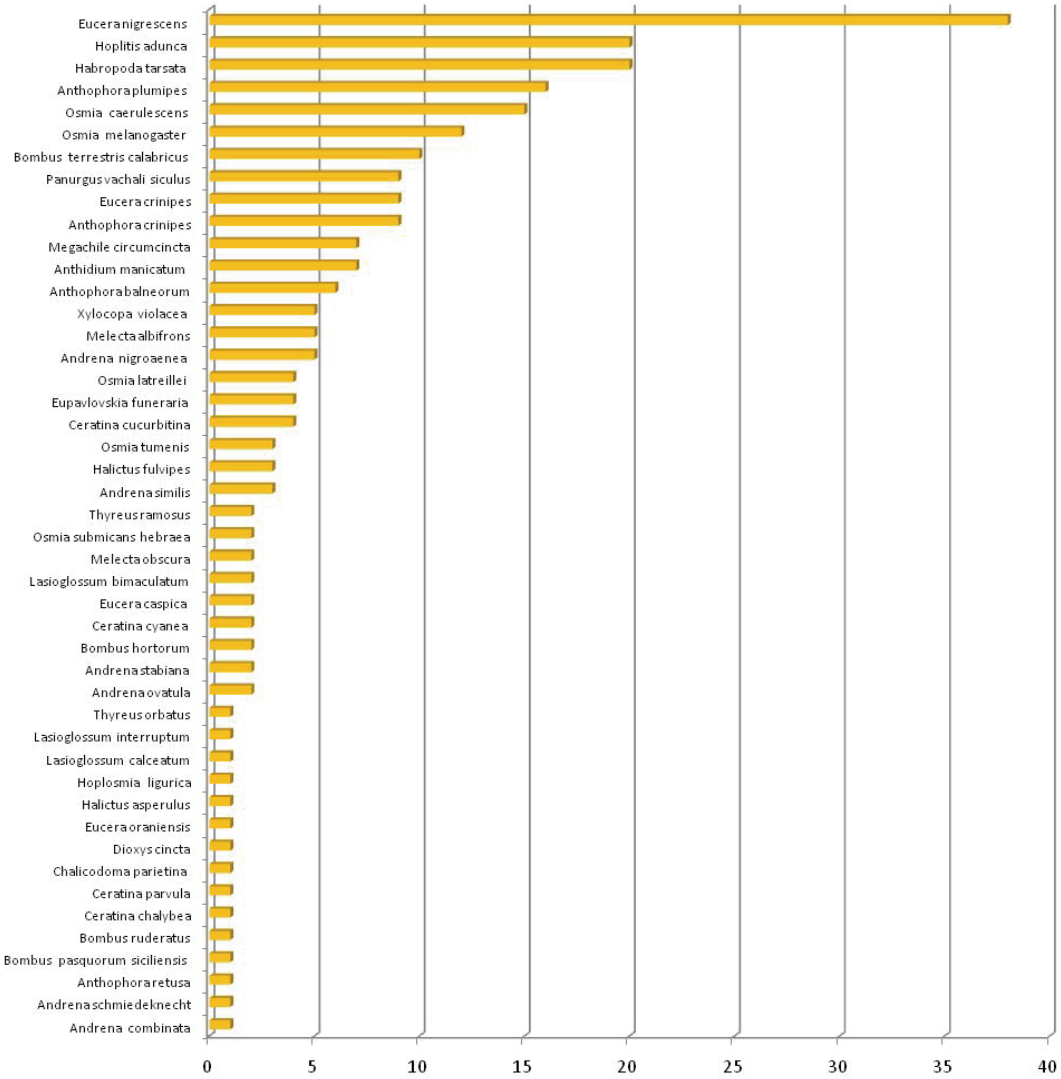


Fig. 45. Numero di esemplari per specie raccolti nell'agrosistema di Acicatena (AC).

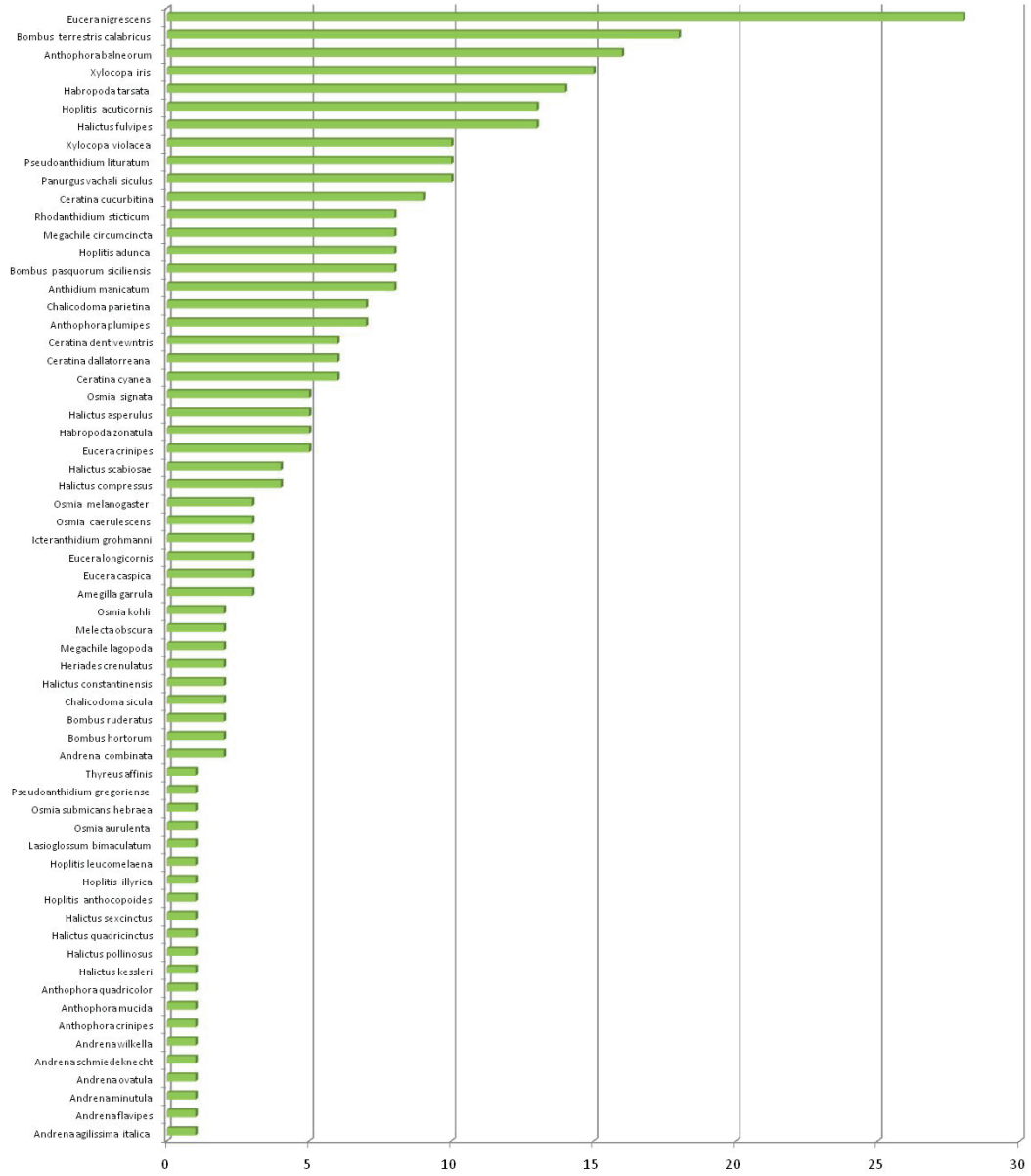


Fig. 46. Numero di esemplari per specie raccolti nella Riserva Naturale Integrale “Complesso Immacolatelle e Micio Conti” (SG).

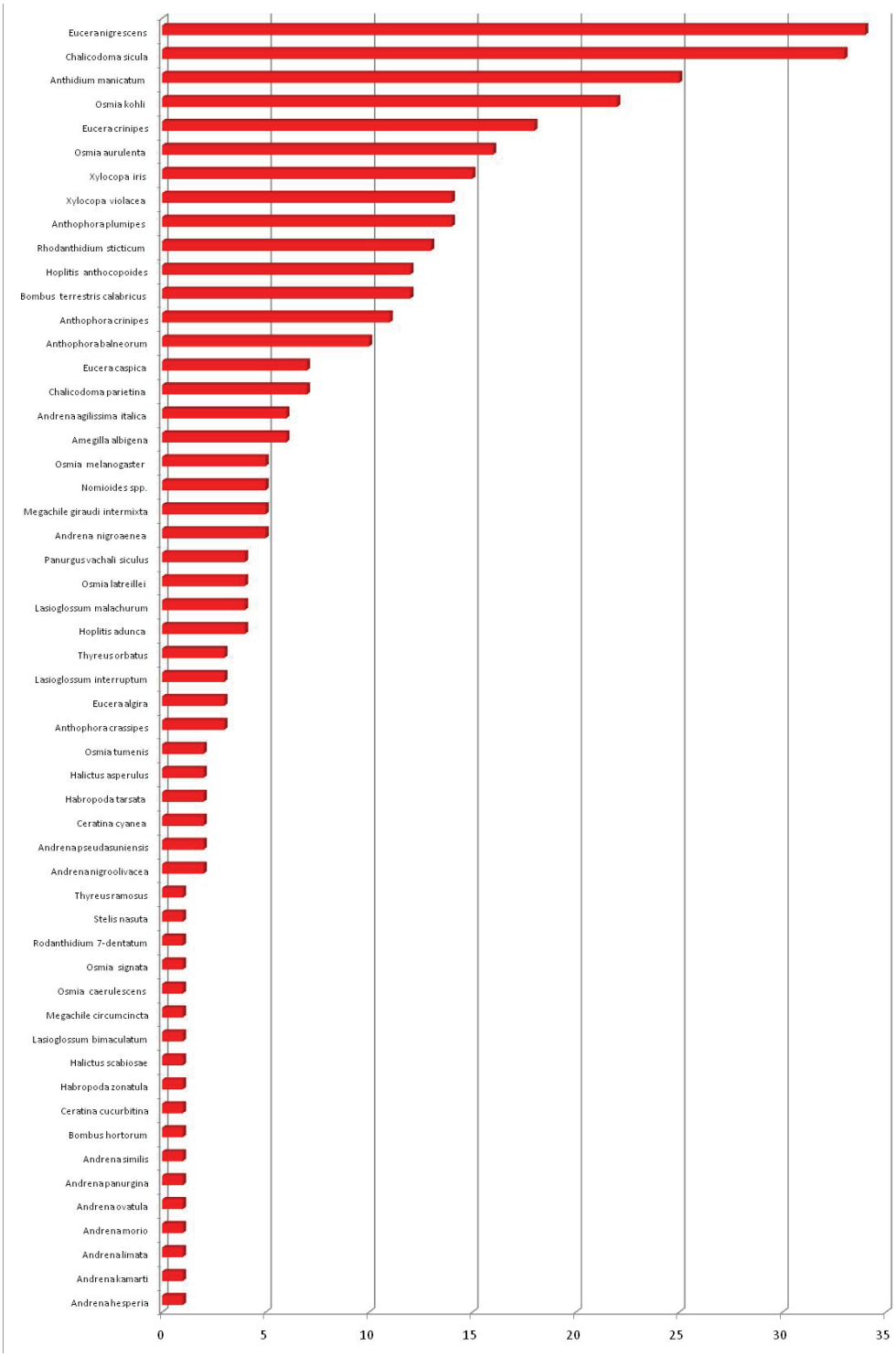


Fig. 47. Numero di esemplari per specie raccolti nel parco urbano “Parco Gioeni” (PG).

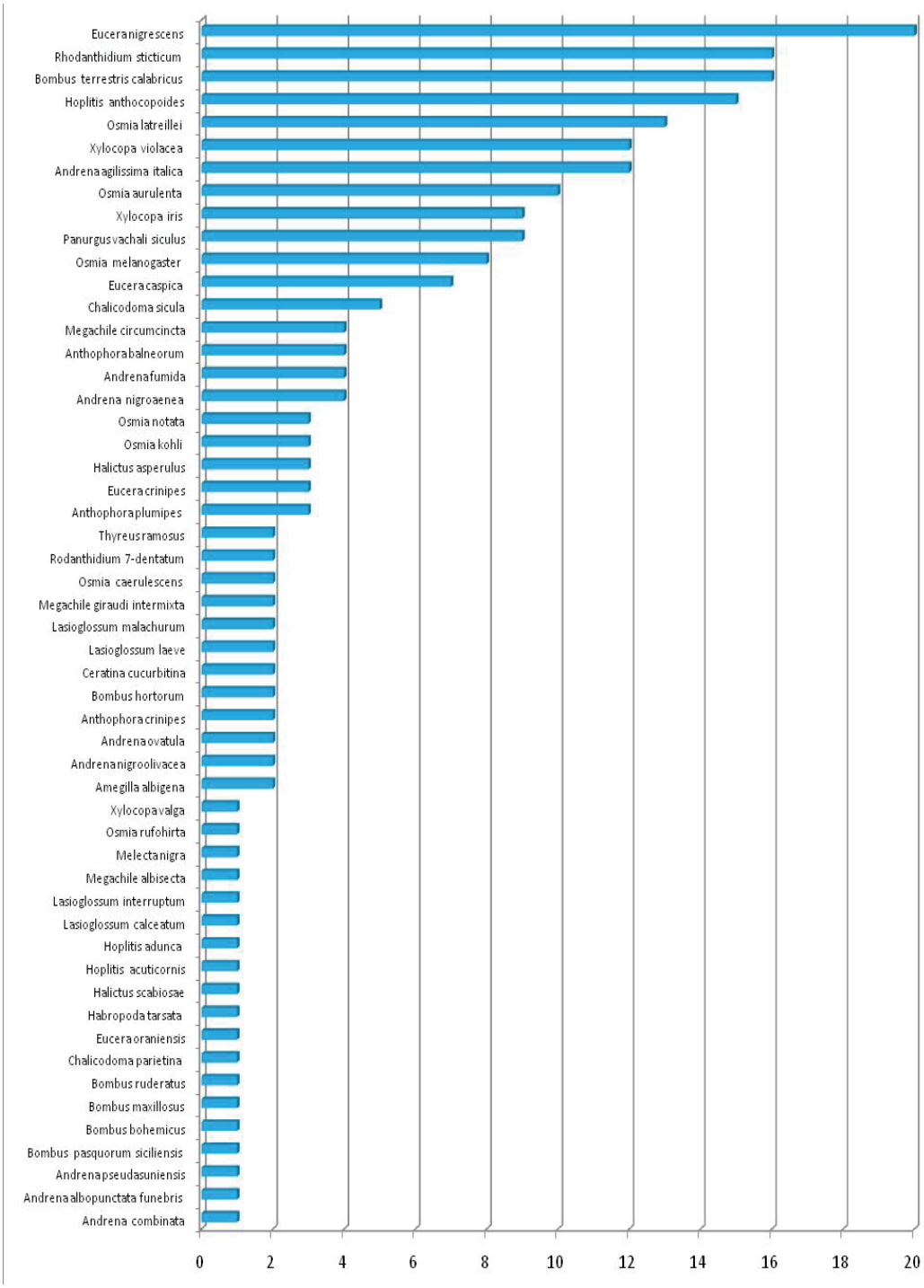


Fig. 48. Numero di esemplari per specie raccolti nel parco urbano “Parco degli Ulivi” (PU).

In Fig. 49 sono rappresentati il numero totale di esemplari considerando cumulativamente le raccolte effettuate nei quattro siti d'indagine.

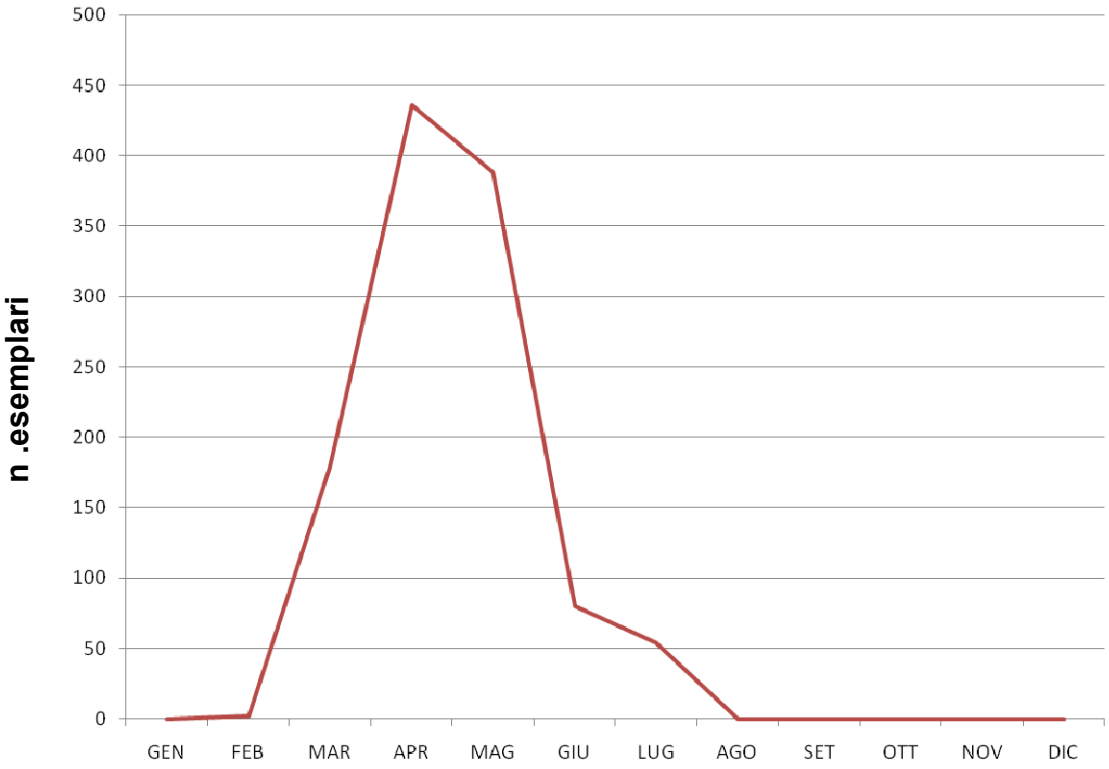


Fig. 49. Numero di esemplari per specie del popolamento apidico nelle quattro stazioni nell'arco dell'anno.

Nell'agroecosistema di Acicatena (AC) sono state censite complessivamente 46 specie, così suddivise: 7 Andrenidae; 14 Anthophoridae; 9 Apidae; 5 Halictidae; 11 Megachilidae (Fig.50).

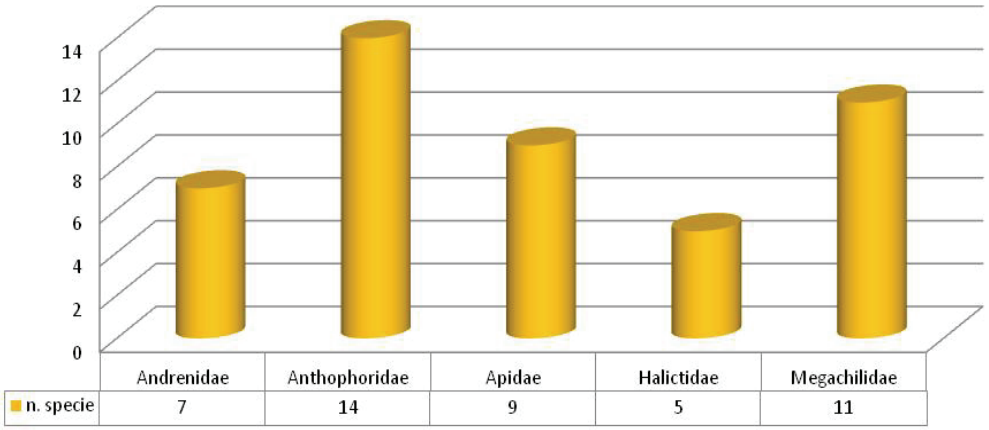


Fig. 50. Numero di specie raccolte per ciascuna famiglia nell'agroecosistema di Acicatena (AC).

Nella Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG) sono state censite complessivamente 67 specie, così suddivise: 8 Andrenidae; 14 Anthophoridae; 10 Apidae; 10 Halictidae; 21 Megachilidae (Fig. 51).

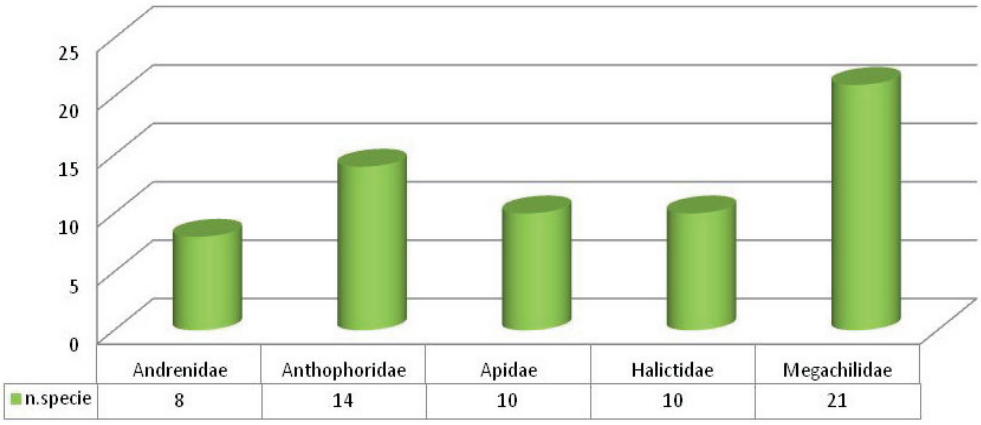


Fig. 51. Numero di specie raccolte per ciascuna famiglia nella Riserva Naturale Integrale "Complesso Immacolatelle e Micio Conti" (SG).

Nel parco urbano “Parco Gioeni” (PG) sono state complessivamente censite 54 specie, così suddivise: 12 Andrenidae; 13 Anthophoridae; 7 Apidae; 6 Halictidae; 16 Megachilidae (Fig. 52).

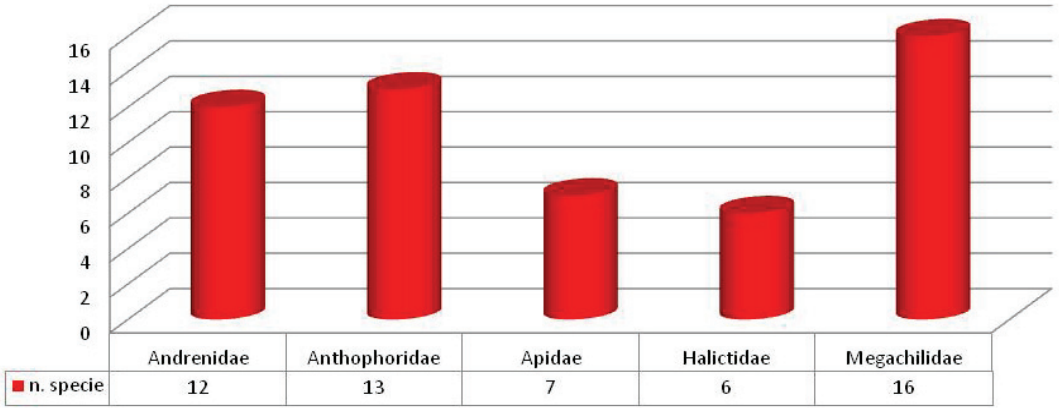


Fig. 52. Numero di specie raccolte per ciascuna famiglia nel parco urbano “Parco Gioeni” (PG).

Nel parco urbano “Parco degli Ulivi” (PU) sono state complessivamente reperite 53 specie, così suddivise: 9 Andrenidae; 7 Anthophoridae; 10 Apidae; 6 Halictidae; 21 Megachilidae (Fig. 53).

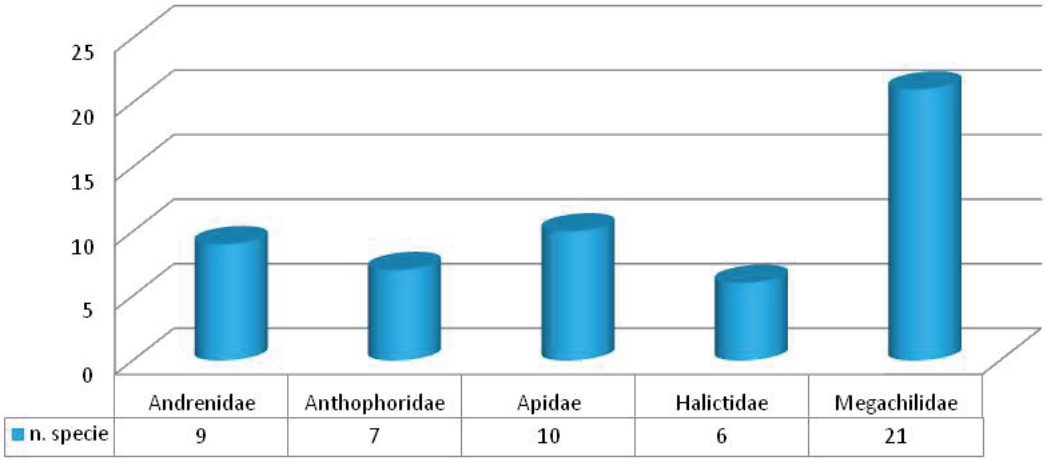


Fig. 53. Numero di specie raccolte per ciascuna famiglia nel parco urbano “Parco degli Ulivi” (PU).

6.2.3. Analisi dei popolamenti mediante analisi multivariata (MDS e PCA)

Di seguito vengono riportati gli MDS plots e l'aggregazione gerarchica ottenuti considerando tutti i campioni in riferimento ai quattro siti oggetto d'indagine (Figg. 54-55).

Inoltre sono stati ottenuti gli MDS plots in riferimento a tutti i campionamenti effettuati nei quattro siti e nei singoli mesi. Tali grafici (Figg. 56) prendono in considerazione tutte le repliche effettuate nel corso dei tre anni di studio che vengono raggruppate in un unico anno e tengono conto anche dell'abbondanza di individui catturati nelle diverse raccolte.

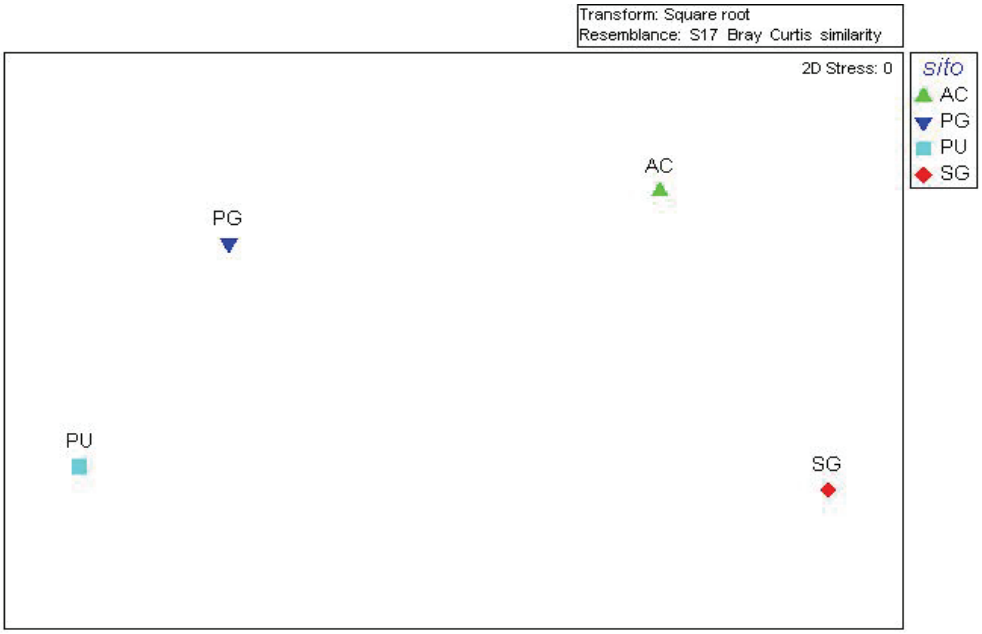


Fig. 54. MDS plot prodotto per tutti i campionamenti in riferimento alle quattro stazioni.

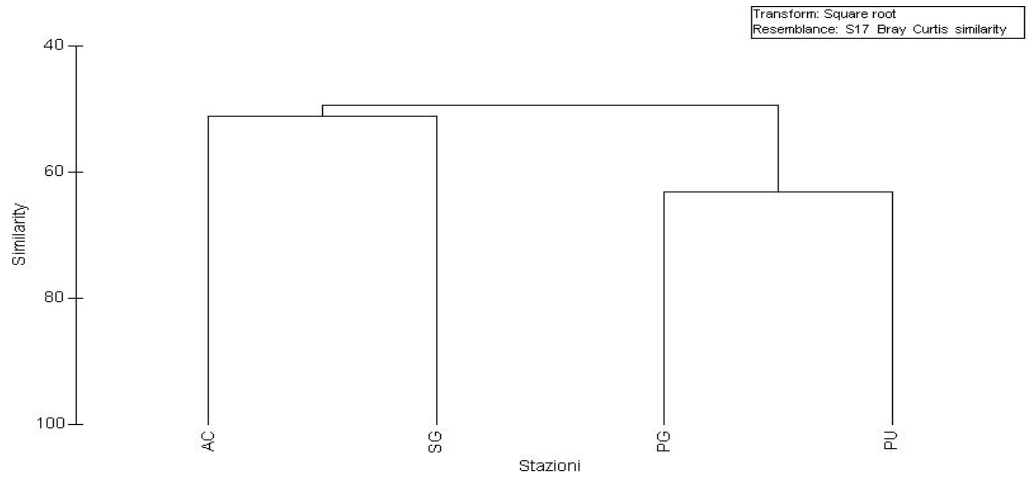


Fig. 55. Raggruppamento gerachico prodotto per tutti i campionamenti in riferimento alle quattro stazioni d'indagine.

Attraverso i medesimi dati viene di seguito riportato il raggruppamento gerarchico dei clusters (Fig. 57), che evidenzia secondo un gradiente di similarità che va da 0 a 100 quanto ogni singolo mese di raccolta in un sito è confrontabile con quello di un'altra stazione.

Le successive elaborazioni dei dati, non terranno più conto dell'abbondanza degli individui catturati durante le raccolte, ma considereranno soltanto la presenza o l'assenza di una specie nei diversi siti (Tab. 9).

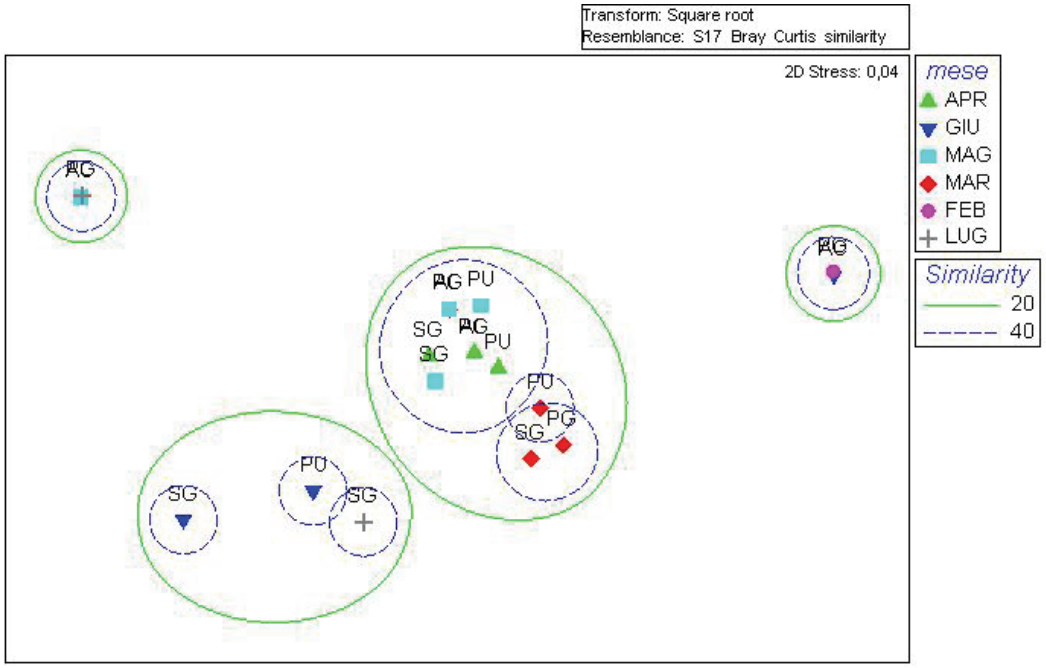


Fig. 56. MDS plot prodotto per tutti i campionamenti in riferimento alle quattro stazioni per i singoli mesi.

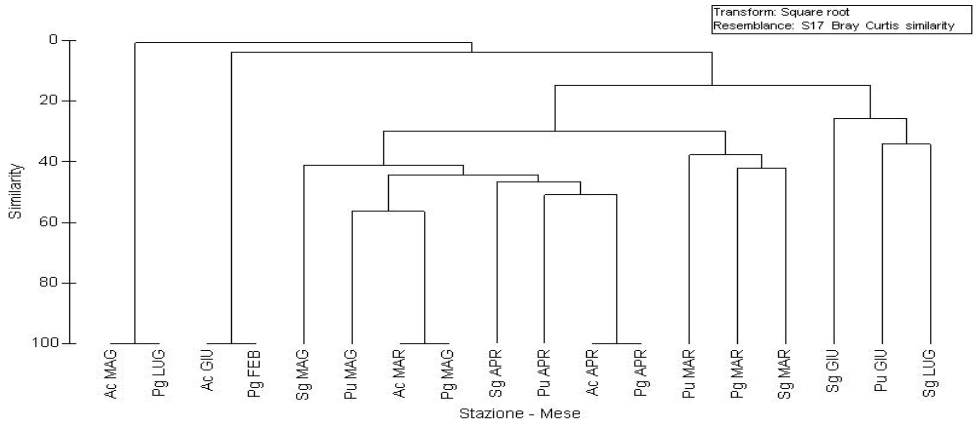


Fig. 57. Raggruppamento gerarchico prodotto attraverso il gradiente di similarità 0–100.

Nelle Figg. 58-59 vengono riportati gli MDS plots e il raggruppamento gerarchico dei clusters prodotti attraverso tutti i campionamenti in riferimento ai quattro siti e nei singoli mesi.

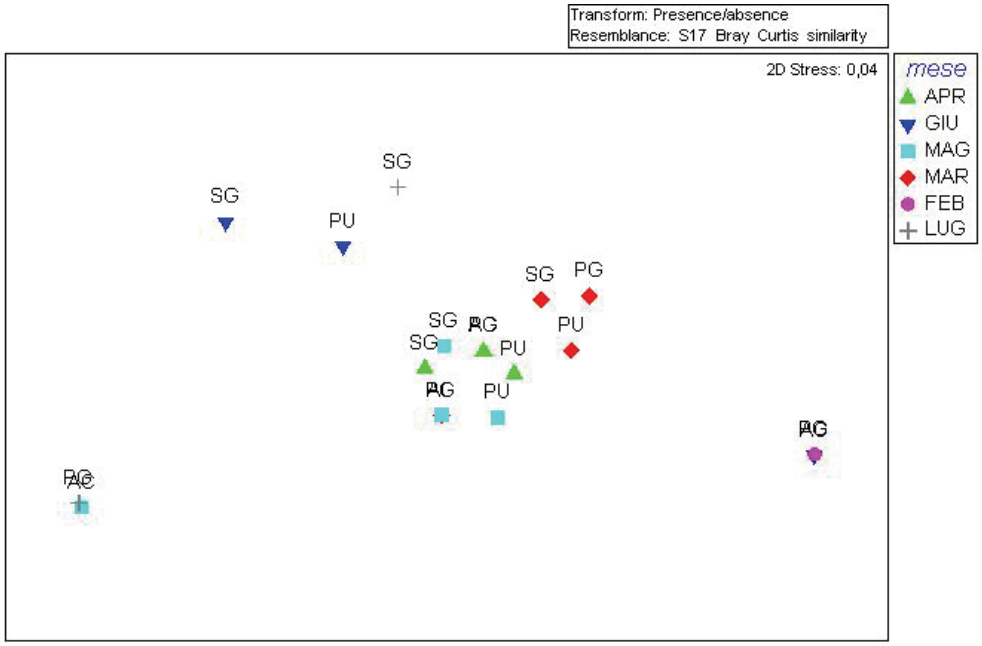


Fig. 58. MDS plot prodotto prendendo in considerazione la fenologia delle specie ottenuta nei tre anni di indagine raggruppate in un unico anno.

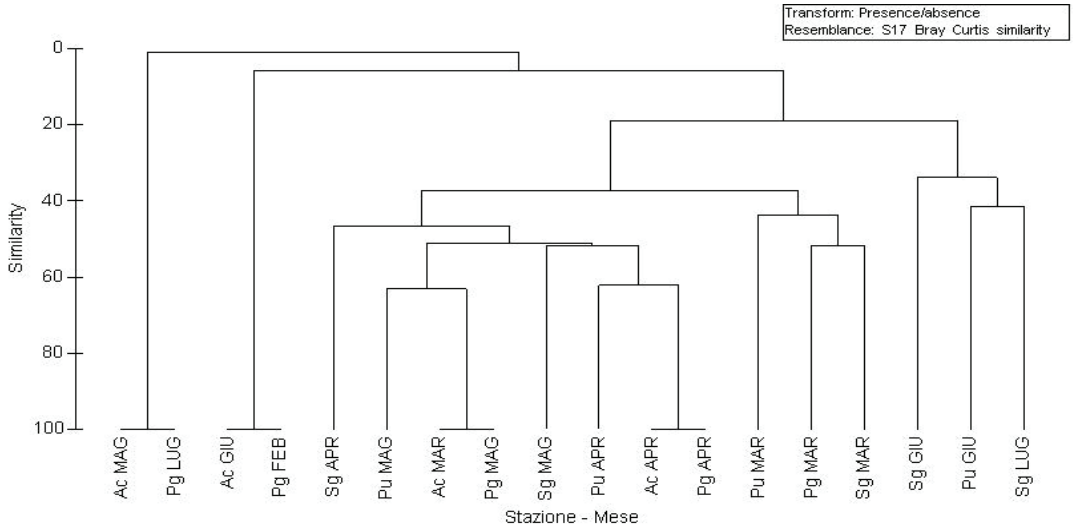


Fig. 59. Raggruppamento gerarchico ottenuto prendendo in considerazione la fenologia delle specie ottenuta nei tre anni di indagine raggruppate in un unico anno.

Tali grafici prendono in considerazione la fenologia delle specie ottenuta nei tre anni di indagine che vengono raggruppate in un unico anno.

Di seguito (Figg. 60-64) vengono riportati i risultati dell'Analisi delle Componenti Principali (PCA) per evidenziare quali siano le specie che maggiormente concorrono a caratterizzare i singoli campioni, individuando le specie che presentano la variabilità maggiore sulle prime tre componenti principali.

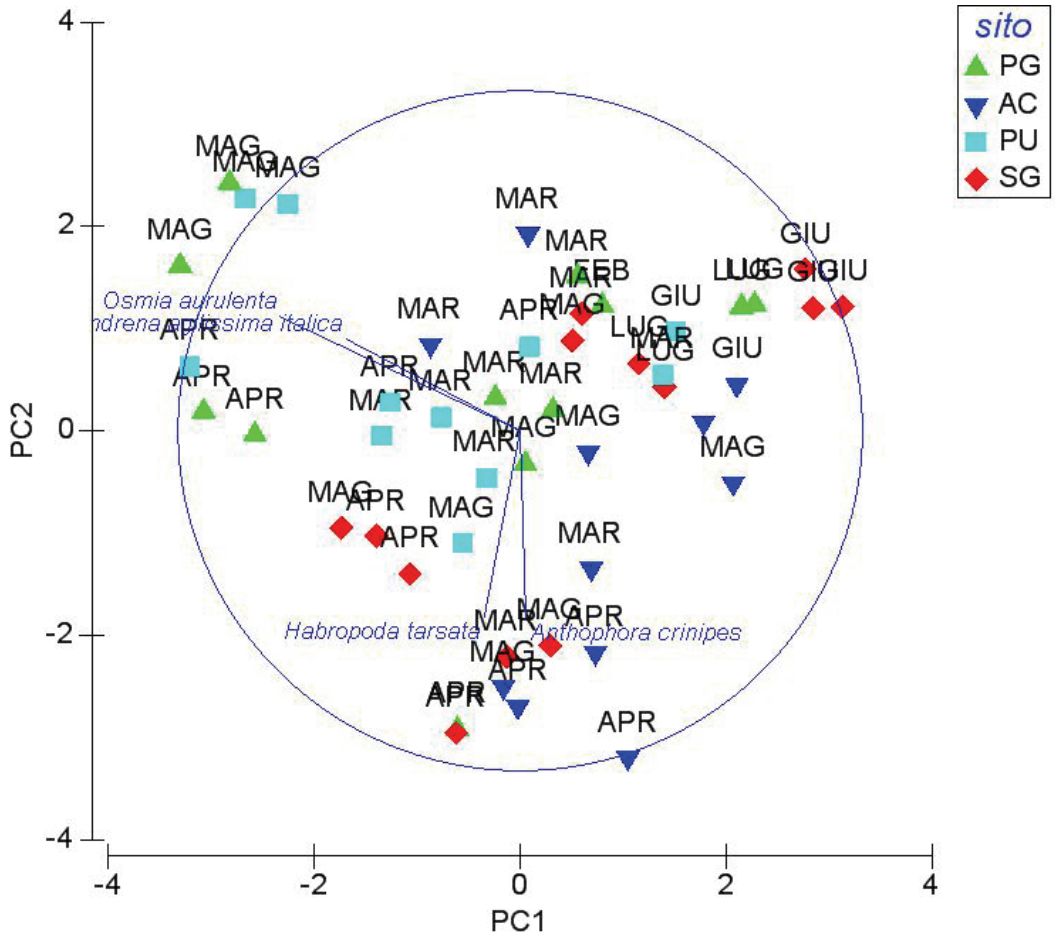


Fig. 60. PCA plot dei siti in relazione ai mesi e alle specie vettori.

In Figg. 61-64 vengono riportati i vettori delle componenti principali e prodotti dei bubble-plots che permettono di valutare il numero di individui raccolti per ciascun campione.

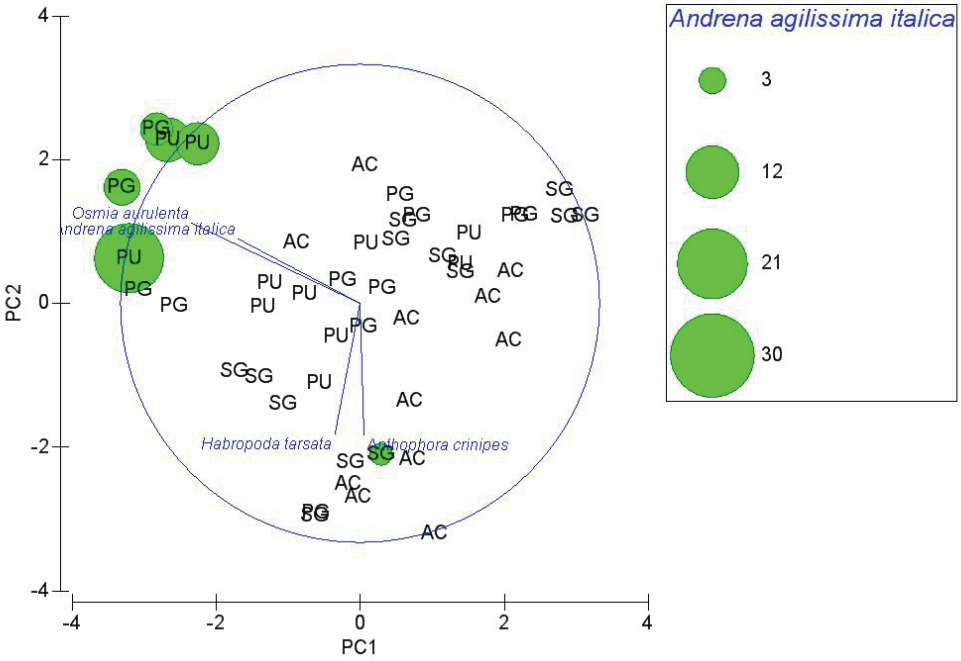


Fig. 61. PCA plot dei siti in relazione ai mesi e alla specie *Andrena agilissima.*

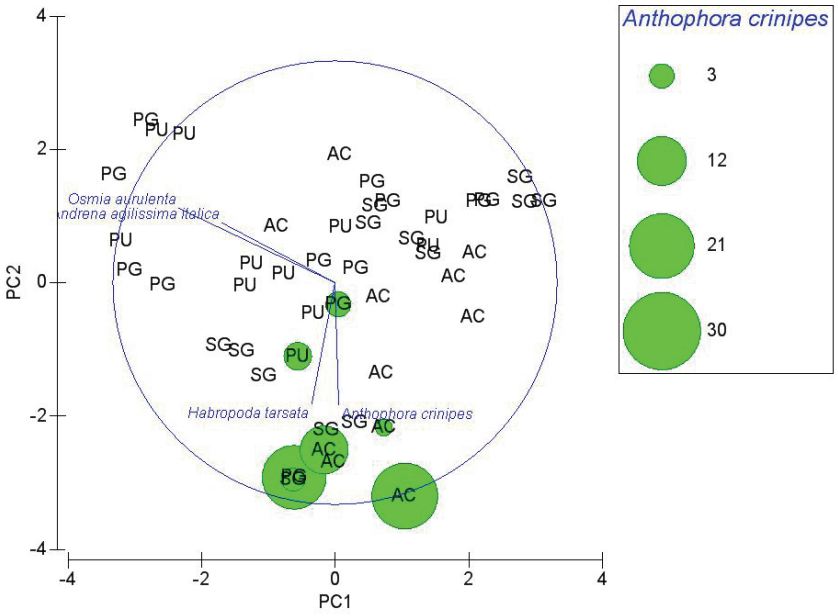


Fig. 62. PCA plot dei siti in relazione ai mesi e alla specie *Anthophora crinipes*.

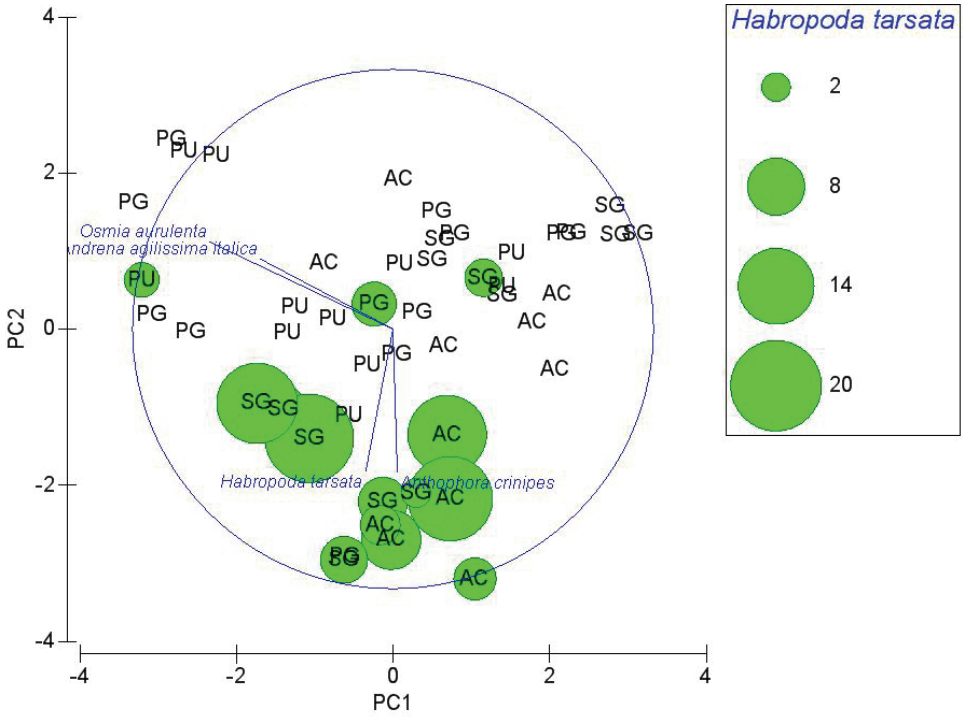


Fig. 63. PCA plot dei siti in relazione ai mesi e alla specie *Habropoda tarsata*

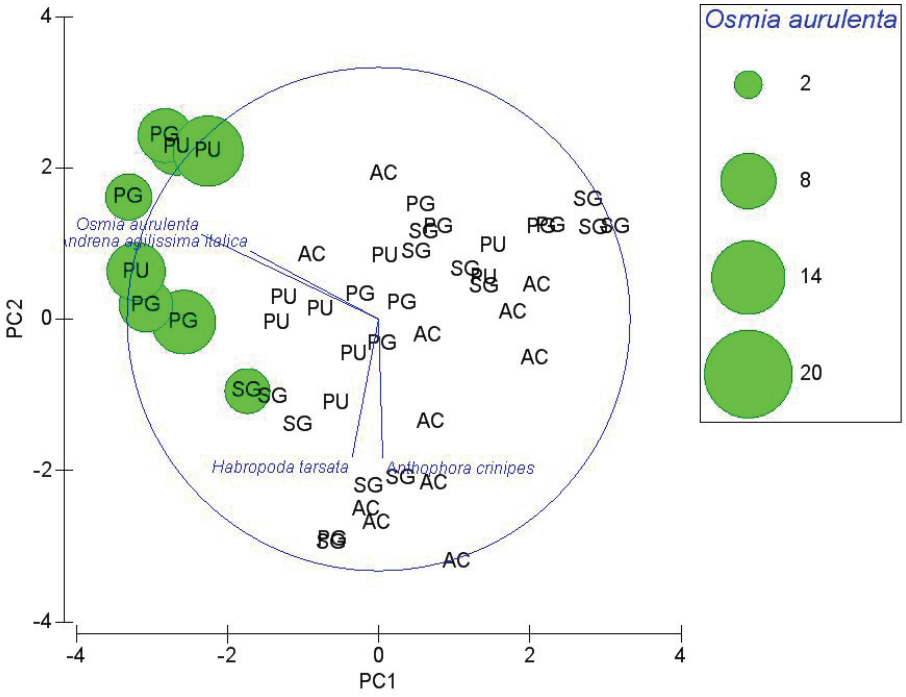


Fig. 64. PCA plot dei siti in relazione ai mesi e alla specie *Osmia aurulenta*.

Il grafico in Fig. 65 è stato ottenuto mediante analisi con metodo PCA per i campionamenti effettuati nei tre anni nell'agroecosistema di Acicatena, che nel 2009 ha subito un drastico cambiamento nelle modalità gestionali, attraverso l'adozione della pratica del diserbo meccanico della cotica erbosa. In questo grafico vengono evidenziate le componenti principali nelle quali i singoli campioni sono stati ordinati, in funzione della matrice specie/campione. I singoli campioni sono stati poi numerati in ordine crescente in funzione della data di raccolta.

La linea spezzata unisce i punti che identificano i campioni mensili che si susseguono secondo la numerazione assegnata.

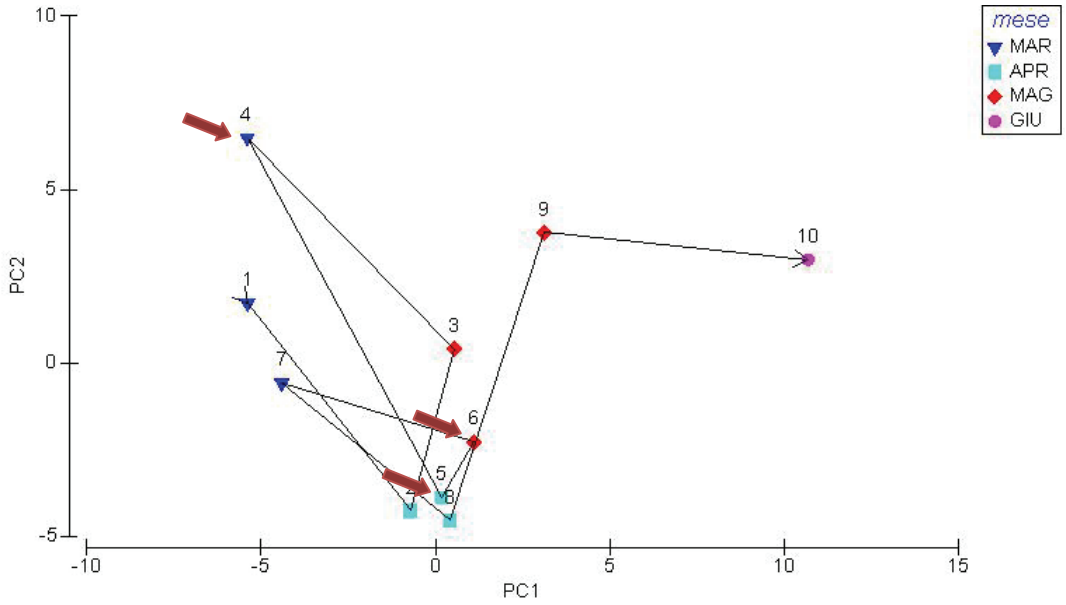


Fig. 65. PCA dei singoli campionamenti effettuati nel sito di Acicatena, rappresentati in ordine crescente in funzione del mese di raccolta.

Le variazioni del popolamento apidico nell'arco del periodo della ricerca nel sito di Acicatena sono state analizzate anche

mediante MDS e cluster analysis, come si evince dal grafico in Fig. 66.

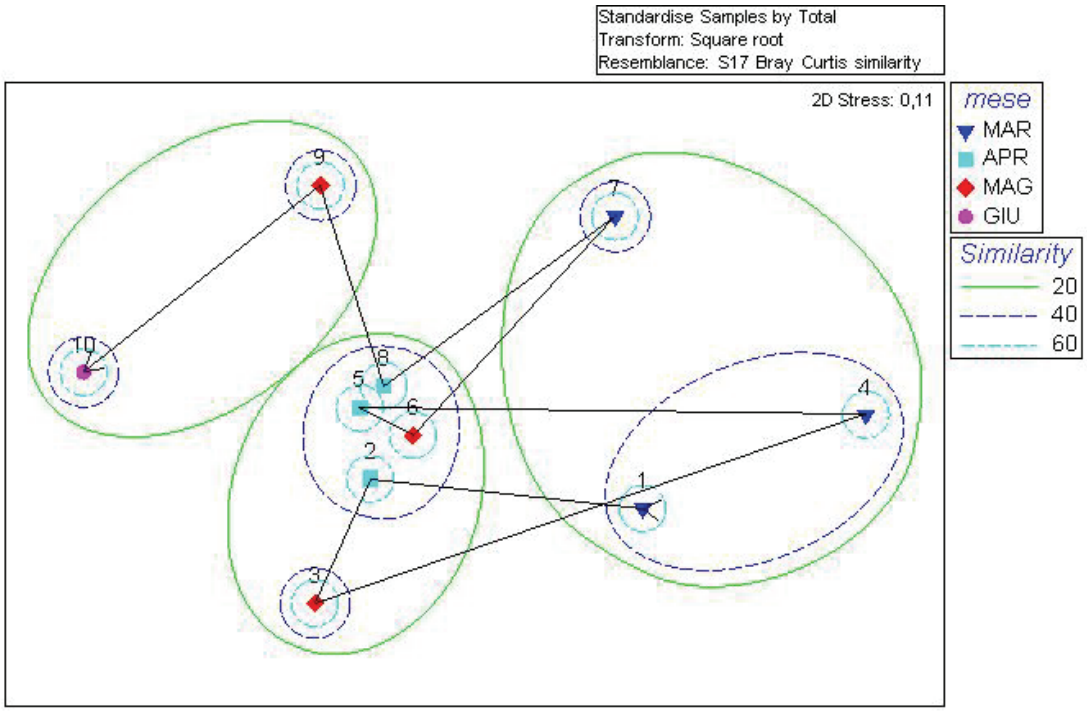


Fig. 66. MDS e raggruppamento gerarchico relativi alle variazioni dei popolamenti del sito di Acicatena in relazione ai diversi mesi nei diversi anni di indagini.

6.2.4. Indici di diversità dei popolamenti

Per valutare la diversità faunistica dei popolamenti apidici censiti, oltre alla ricchezza specifica, espressa come numero di specie presenti (Tabb. 2-7) sono stati calcolati diversi indici ecologici (v. Materiali e Metodi) i cui valori vengono riportati nelle Tabb. 10-13, distintamente per ciascun sito.

Tab. 10. Valori numerici ottenuti per la definizione dei vari indici ecologici calcolati per il popolamento apidico del sito di Acicatena (AC).

Diversity indices for site AC						
Sample	S	N	d	J'	H'(loge)	1-Lambda
0308AC	6	16	1,803	0,949	1,700	0,805
0309AC	5	5	2,485	1,000	1,609	0,800
0310AC	11	21	3,285	0,898	2,153	0,853
0408AC	14	69	3,070	0,886	2,338	0,884
0409AC	18	38	4,673	0,947	2,737	0,927
0410AC	11	25	3,107	0,861	2,065	0,829
0508AC	11	18	3,460	0,910	2,183	0,858
0509AC	14	26	3,990	0,912	2,406	0,888
0510AC	12	27	3,338	0,868	2,157	0,845
0610AC	1	3	0,000	N/A	0,000	0,000
0610AC	1	1	N/A	N/A	0,000	0,000
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MEDIA	**9,45**	**22,64**	**2,92**	**0,91**	**1,76**	**0,70**
SD	**5,50**	**19,12**	**1,28**	**0,04**	**0,92**	**0,35**
Tot	**104**	**249**				

Tab. 11. Valori numerici ottenuti per la definizione dei vari indici ecologici calcolati per il popolamento apidico del sito di S. Gregorio di Catania (SG).

Diversitity indices for site SG						
Sample	S	N	d	J'	H'(loge)	1-Lambda
0309SG	3	3	1,820	1,000	1,099	0,667
0310SG	10	17	3,177	0,934	2,150	0,865
0408SG	14	39	3,548	0,891	2,352	0,882
0409SG	13	25	3,728	0,928	2,380	0,893
0410SG	17	38	4,399	0,901	2,553	0,891
0508SG	9	18	2,768	0,812	1,783	0,753
0509SG	11	19	3,396	0,962	2,306	0,892
0510SG	22	50	5,368	0,874	2,701	0,903
0608SG	12	23	3,508	0,933	2,318	0,885
0609SG	9	19	2,717	0,923	2,028	0,848
0610SG	8	15	2,585	0,941	1,956	0,844
0708SG	13	32	3,462	0,848	2,175	0,842
0709SG	8	16	2,525	0,943	1,960	0,844
MEDIA	**11,46**	**24,15**	**3,31**	**0,91**	**2,14**	**0,85**
SD	**4,68**	**12,53**	**0,90**	**0,05**	**0,40**	**0,07**
Tot	**149**	**314**				

Tab. 12. Valori numerici ottenuti per la definizione dei vari indici ecologici calcolati per il popolamento apidico del sito di Parco Gioeni (PG).

Diversity indices for site PG						
Sample	S	N	d	J'	H'(loge)	1-Lambda
0209PG	2	2	1,443	1,000	0,693	0,500
0308PG	4	9	1,365	0,876	1,215	0,667
0309PG	7	13	2,339	0,948	1,845	0,828
0310PG	10	21	2,956	0,957	2,203	0,880
0408PG	11	47	2,597	0,988	2,368	0,904
0409PG	15	40	3,795	0,899	2,434	0,890
0410PG	23	57	5,441	0,830	2,603	0,885
0508PG	19	54	4,512	0,938	2,761	0,926
0509PG	17	66	3,819	0,961	2,722	0,927
0510PG	19	34	5,104	0,905	2,665	0,903
0708PG	2	6	0,558	0,650	0,451	0,278
0709PG	1	1	N/A	N/A	0,000	0,000
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MEDIA	**10,83**	**29,17**	**3,08**	**0,90**	**1,83**	**0,72**
SD	**7,70**	**23,37**	**1,60**	**0,10**	**0,98**	**0,30**
Tot	**130**	**350**				

Tab. 13. valori numerici ottenuti per la definizione dei vari indici ecologici calcolati per il popolamento apidico del sito di Parco degli Ulivi (PU).

Diversity indices for site PU						
Sample	S	N	d	J'	H'(loge)	1-Lambda
0308PU	9	15	2,954	0,938	2,061	0,853
0309PU	11	17	3,530	0,943	2,262	0,879
0310PU	11	25	3,107	0,779	1,868	0,768
0408PU	3	4	1,443	0,946	1,040	0,625
0409PU	17	34	4,537	0,908	2,573	0,901
0410PU	15	21	4,598	0,944	2,558	0,907
0508PU	12	24	3,461	0,954	2,369	0,896
0509PU	10	39	2,457	0,979	2,253	0,890
0510PU	16	27	4,551	0,885	2,455	0,872
0610PU	13	21	3,942	0,962	2,467	0,907
0310PU	1	3	0,000	N/A	0,000	0,000
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
MEDIA	**10,73**	**20,91**	**3,14**	**0,92**	**1,99**	**0,77**
SD	**5,00**	**11,04**	**1,42**	**0,06**	**0,79**	**0,27**
Tot	**118**	**230**				

Di seguito vengono riportati i box plots reletivi ai vari indici ecologici applicati ai popolamenti apidici censiti nelle 4 stazioni di indagine (Figg. 67-69). Da questi è possibile interpretare la dispersione dei valori degli indici intorno alla media dei valori calcolati per ciascun campione. Le differenze tra le medie sono state valutate ricorrendo all'ANOVA (p= 0.01). I risultati dell'ANOVA sono mostrati nelle Tabb. 10-13.

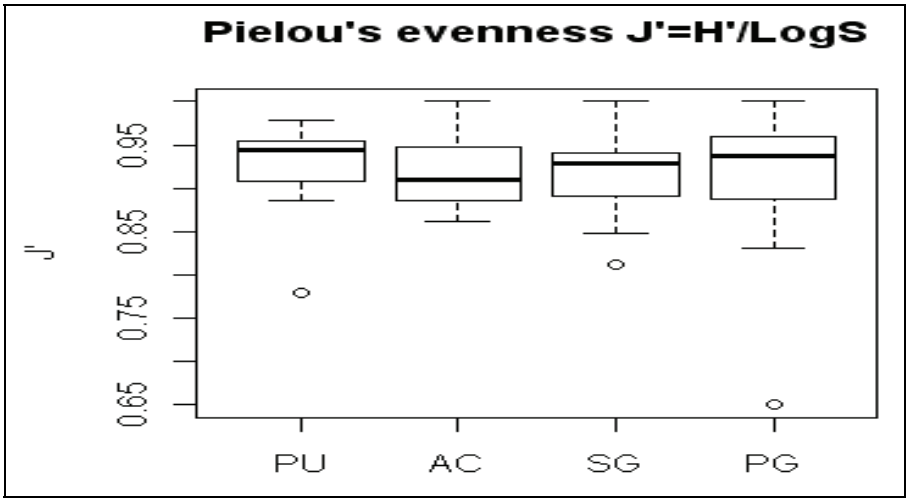


Fig. 67. Valori dell'indice di Pielou per i quattro siti d'indagine.

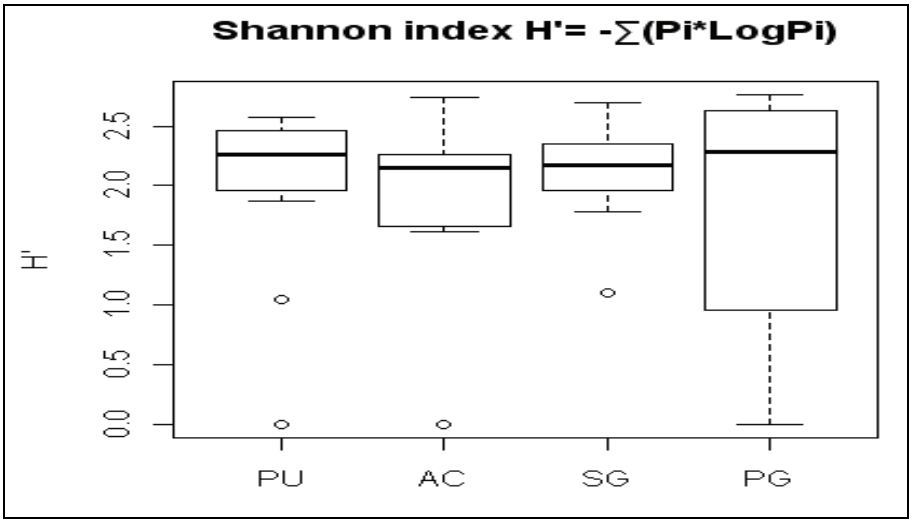


Fig. 68. Valori dell'indice di Shannon-Weaver per i quattro siti d'indagine.

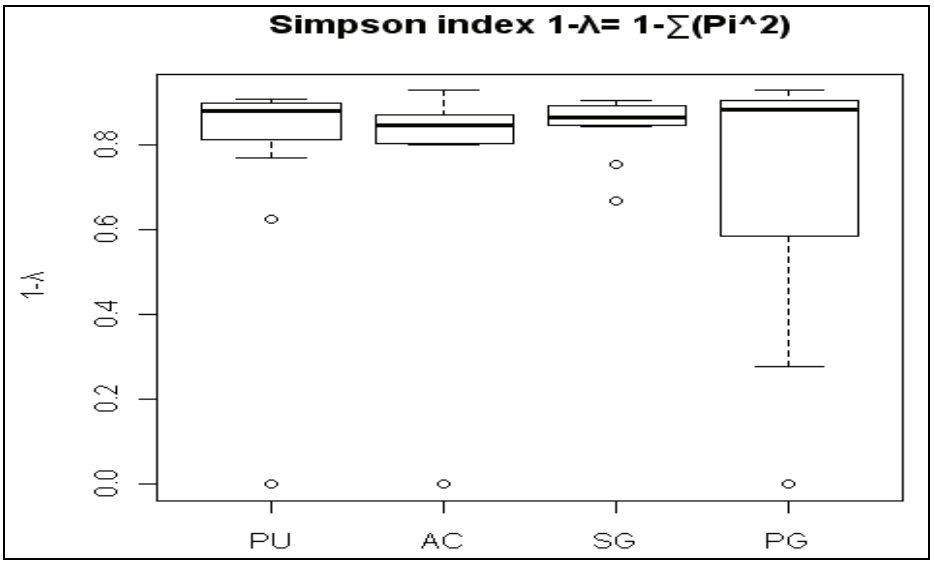


Fig. 69. Valori dell'indice di Simpson per i quattro siti d'indagine.

Per un'analisi di maggiore dettaglio, vengono prese in considerazione le variazioni dell'indice di Shannon-Weaver separatamente nei diversi siti, per i tre anni di indagine con il dettaglio dei mesi di campionamento (Figg. 70-72).

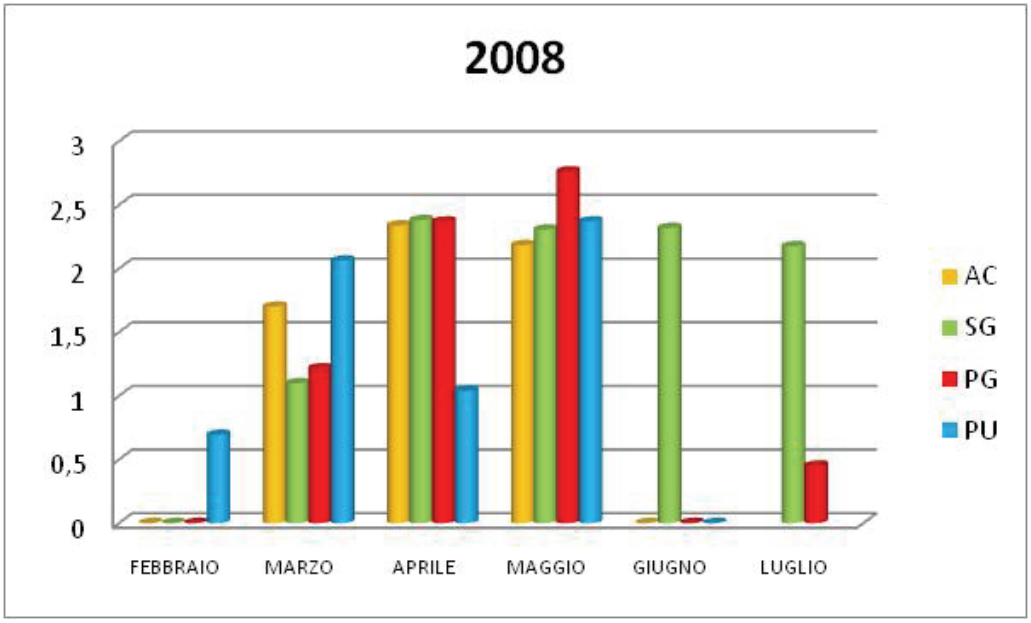


Fig. 70. Variazione dell'indice di Shannon-Weaver per i quattro siti d'indagine nel 2008.

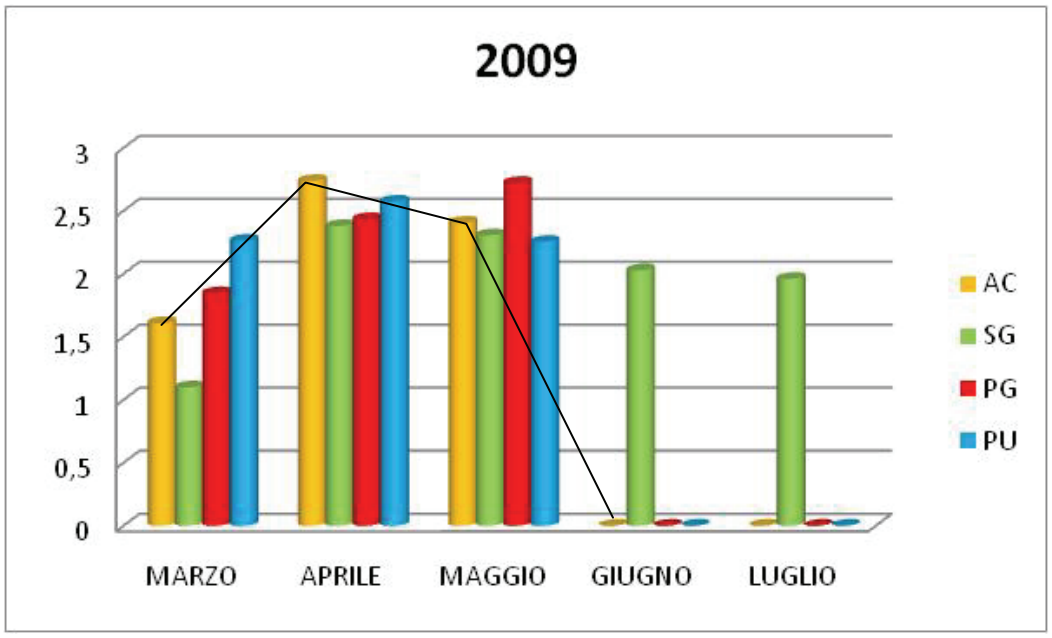


Fig. 71. Variazione dell'indice di Shannon-Weaver per i quattro siti d'indagine nel 2009. La spezzata evidenzia l'andamento dei valori nel sito di Acicatena.

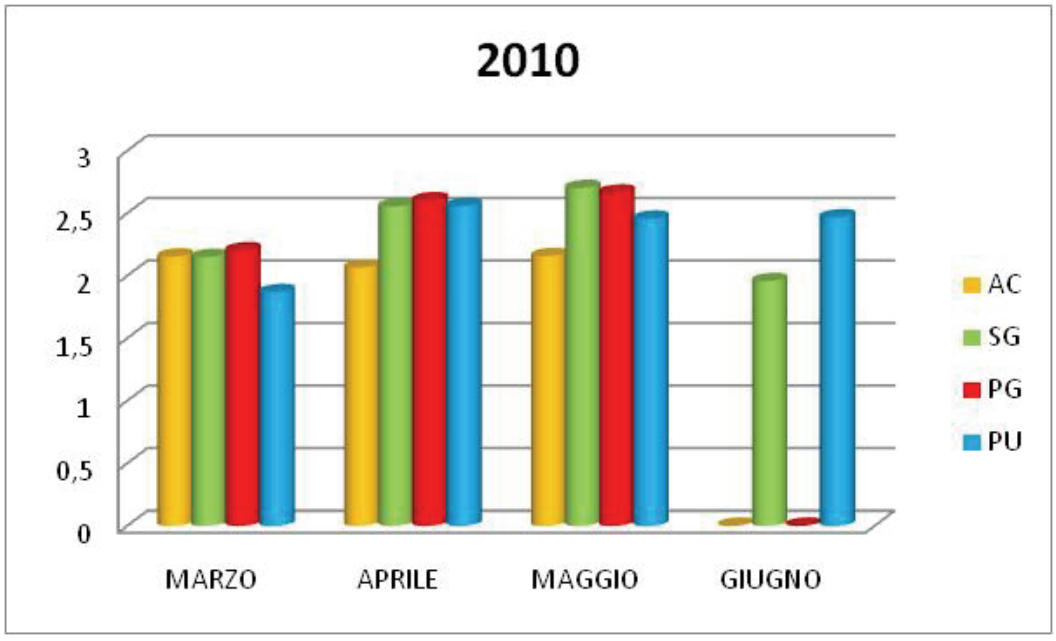


Fig. 72. Variazione dell'indice di Shannon-Weaver per i quattro siti d'indagine nel 2010.

6.2.5. Analisi delle corrispondenze specie/stazioni

L'analisi delle corrispondenze specie/stazioni (Tabb. 14-18) permette di ottenere i grafici in Figg. 73-75 in cui l'inerzia totale espressa dalla matrice dati è 0,81250 (Chi²= 925.44 df= 312 p= 0,0000), di cui il primo asse ne rappresenta circa il 45,5% (eigenvalue 0,369), il secondo circa il 31,9% (eigenvalue 0,259) e il terzo circa il 22,8% (eigenvalue 0,185).

Tab. 14. Tabella di contigenza con indicazione del numero di esemplari delle specie censite, valore dei ranghi di abbondanza (r) e media numerica degli individui raccolti nei quattro siti d'indagine

Specie	SG	r	AC	r	PU	r	PG	r	media
Halictus constantinensis	2								0,50
Heriades crenulatus	2								0,50
Megachile lagopoda	2								0,50
Eucera longicornis	3								0,75
Icteranthidium grohmanni	3								0,75
Pseudoanthidium lituratum	10	8							2,50
Ceratina dallatorreana	6								1,50
Ceratina dentiventris	6								1,50
Andrena flavipes	1								0,25
Andrena minutula	1								0,25
Andrena wilkella	1								0,25
Anthophora mucida	1								0,25
Anthophora quadricolor	1								0,25
Halictus compressus	4								1,00
Halictus kessleri	1								0,25
Halictus pollinosus	1								0,25
Halictus quadricinctus	1								0,25
Halictus sexcinctus	1								0,25
Hoplitis illyrica	1								0,25
Hoplitis leucomelaena	1								0,25
Pseudoanthidium gregoriense	1								0,25
Thyreus affinis	1								0,25

Amegilla garrula	3								0,75
Halictus fulvipes	13	6	3						4,00
Hoplitis acuticornis	13	7			1				3,50
Bombus pasquorum siciliensis	8	10	1		1				2,50
Melecta obscura	2		2						1,00
Andrena schmiedeknechti	1		1						0,50
Habropoda zonatula	5						1		1,50
Osmia signata	5						1		1,50
Osmia submicans hebraea	1		2						0,75
Habropoda tarsata	14	5	20	2	1		2		9,25
Ceratina cucurbitina	9	9	4		2		1		4,00
Ceratina cyanea	6		2				2		2,50
Andrena combinata	2		1		1				1,00
Bombus ruderatus	2		1		1				1,00
Halictus scabiosae	4				1		1		1,50
Anthophora retusa			1						0,25
Ceratina chalybea			1						0,25
Ceratina parvula			1						0,25
Dioxys cincta			1						0,25
Eupavlovskia funeraria			4						1,00
Hoplosmia ligurica			1						0,25
Andrena stabiana			2						0,50
Melecta albifrons			5	10					1,25
Hoplitis adunca	8	10	20	2	1		4		8,25
Megachile circumcincta	8	10	7	8	4		1		5,00
Osmia caerulescens	3		15	4	2		1		5,25
Lasioglossum bimaculatum	1		2				1		1,00
Anthophora balneorum	16	3	6	9	4		10	12	9,00
Halictus asperulus	5		1		3		2		2,75
Panurgus vachali siculus	10	8	9	7	9	7	4		8,00
Andrena similis			3				1		1,00
Bombus hortorum	2		2		2		1		1,75
Chalicodoma parietina	7		1		1		7		4,00
Bombus terrestris calabricus	18	2	10	6	16	2	12	10	14,00
Eucera nigrescens	28	1	38	1	20	1	34	1	30,00

Anthophora plumipes	7		16	3	3		14	8	10,00
Osmia melanogaster	3		12	5	8	8	5		7,00
Andrena ovatula	1		2		2		1		1,50
Osmia tunenis			3				2		1,25
Xylocopa iris	15	4			9	7	15	7	9,75
Eucera oraniensis			1		1				0,50
Lasioglossum calceatum			1		1				0,50
Xylocopa violacea	10	8	5	10	12	5	14	8	10,25
Eucera crinipes	5		9	7	3		18	5	8,75
Anthidium manicatum	8	10	7	8			25	3	10,00
Anthophora crinipes	1		9	7	2		11	11	5,75
Thyreus ramosus			2		2		1		1,25
Andrena nigroaenea			5	10	4		5		3,50
Eucera caspica	3		2		7	9	7		4,75
Rhodanthidium sticticum	8	10			16	2	13	9	9,25
Thyreus orbatus			1				3		1,00
Osmia latreillei			4		13	4	4		5,25
Lasioglossum interruptum			1		1		3		1,25
Andrena agilissima italica	1				12	5	6		4,75
Osmia kohli	2				3		22	4	6,75
Hoplitis anthocopoides	1				15	3	12	10	7,00
Chalicodoma sicula	2				5	10	33	2	10,00
Osmia aurulenta	1				10	6	16	6	6,75
Osmia notata					3				0,75
Andrena albopunctata funebris					1				0,25
Andrena fumida					4				1,00
Bombus bohemicus					1				0,25
Bombus maxillosus					1				0,25
Megachile albisecta					1				0,25
Melecta nigra					1				0,25
Osmia rufohirta					1				0,25
Xylocopa valga					1				0,25
Lasioglossum laeve					2				0,50
Rodanthidium 7-dentatum					2		1		0,75
Andrena nigroolivacea					2		2		1,00

Andrena pseudasuniensis					1		2		0,75
Lasioglossum malachurum					2		4		1,50
Megachile giraudi intermixta					2		5		1,75
Amegilla albigena					2		6		2,00
Nomioides sp.							5		1,25
Andrena hesperia							1		0,25
Andrena kamarti							1		0,25
Andrena limata							1		0,25
Andrena morio							1		0,25
Andrena panurgina							1		0,25
Stelis nasuta							1		0,25
Anthophora crassipes							3		0,75
Eucera algira							3		0,75

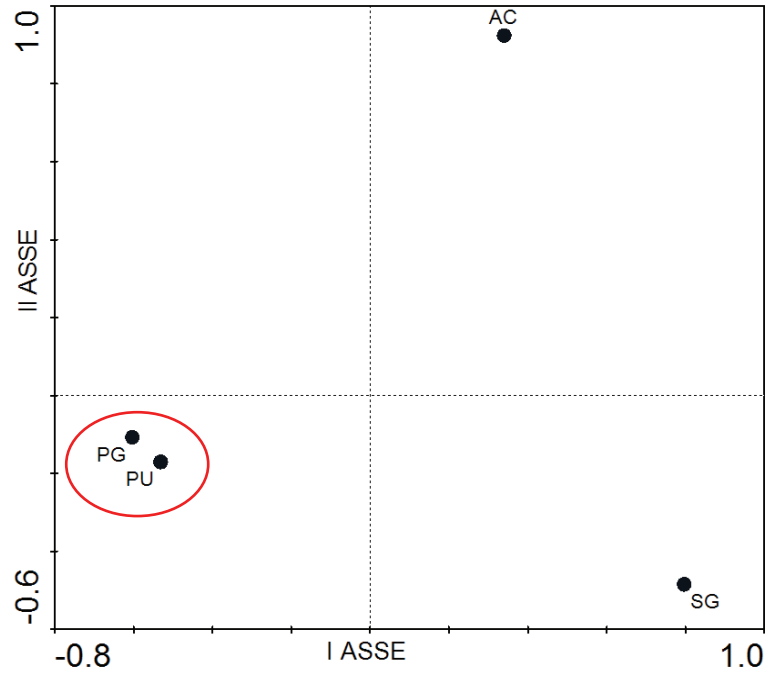


Fig. 73. Analisi delle corrispondenze specie/stazioni considerando gli assi I e II come riferimenti.

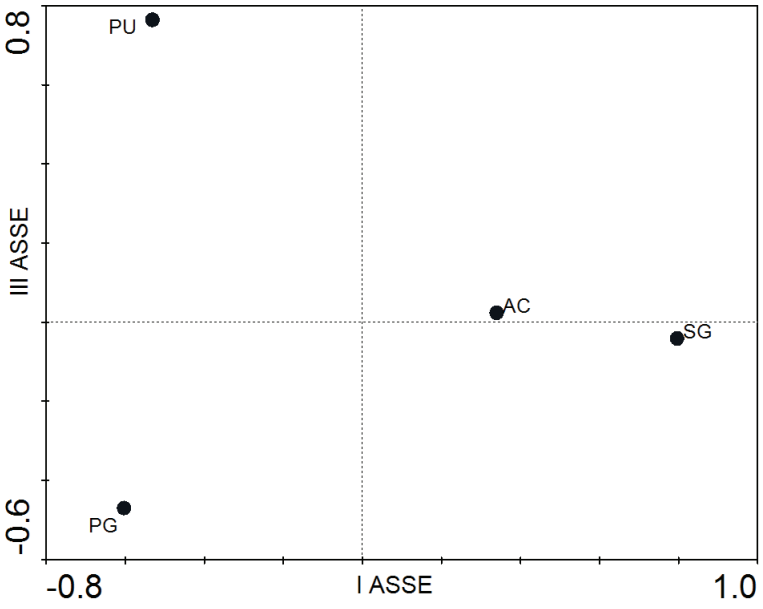


Fig. 74. Analisi delle corrispondenze specie/stazioni considerando gli assi I e III come riferimenti.

Tab. 15. Distribuzione del numero di esemplari per specie selezionate nelle stazioni indagate aventi valore d'inerzia maggiore di 1.5% per l'asse I.

I ASSE

ID specie	Inerzia	Specie	PG	PU	AC	SG	Tot
1	1,8%	Amegilla albigena	6	2	-	-	8
87	4,8%	Osmia aurulenta	16	10	-	1	27
43	7,1%	Chalicodoma sicula	33	5	-	2	40
65	4,8%	Hoplitis anthocopoides	12	15	-	1	28
88	4,2%	Osmia kohli	22	3	-	2	27
5	2,9%	Andrena agilissima italica	6	12	-	1	19
89	2,0%	Osmia latreillei	4	13	4	-	21
97	1,7%	Rhodanthidium sticticum	13	16	-	8	37
67	2,0%	Hoplitis adunca	4	1	20	8	33
37	1,9%	Ceratina cucurbitina	1	2	4	9	16
52	4,6%	Habropoda tarsata	2	1	20	14	37
30	2,5%	Bombus pasquorum siciliensis	-	1	1	8	10
64	4,5%	Hoplitis acuticornis	-	1	-	13	14
57	5,2%	Halictus fulvipes	-	-	3	13	16
96	4,1%	Pseudoanthidium lituratum	-	-	-	10	10
39	2,5%	Ceratina dallatorreana	-	-	-	6	6
40	2,5%	Ceratina dentivewntris	-	-	-	6	6
55	1,6%	Halictus compressus	-	-	-	4	4
		Tot	119	82	52	106	359

Tab. 16. Distribuzione del numero di esemplari per specie selezionate nelle stazioni indagate aventi valore d'inerzia maggiore di 1.5% per l'asse II.

II ASSE

ID specie	Inerzia	Specie	AC	PG	PU	SG	Tot
80	5,6%	Melecta albifrons	5	-	-	-	5
51	4,5%	Eupavlovskia funeraria	4	-	-	-	4
20	2,2%	Andrena stabiana	2	-	-	-	2
19	2,3%	Andrena similis	3	1	-	-	4
84	8,9%	Osmia caerulescens	15	1	2	3	21
93	1,7%	Osmia tumenis	3	2	-	-	5
67	7,8%	Hoplitis adunca	20	4	1	8	33
52	4,5%	Habropoda tarsata	20	2	1	14	37
85	2,8%	Osmia melanogaster	12	5	8	3	28
25	2,3%	Anthophora crinipes	9	11	2	1	23
27	2,9%	Anthophora plumipes	16	14	3	7	40
49	2,3%	Eucera nigrescens	38	34	20	28	120
97	2,3%	Rhodanthidium sticticum	-	13	16	8	37
103	3,6%	Xylocopa iris	-	15	9	15	39
64	3,9%	Hoplitis acuticornis	-	-	1	13	14
96	3,1%	Pseudoanthidium lituratum	-	-	-	10	10
39	1,8%	Ceratina dallatorreana	-	-	-	6	6
40	1,8%	Ceratina dentivewntris	-	-	-	6	6
		Tot	147	102	63	122	434

Tab. 17. Distribuzione del numero di esemplari per specie selezionate nelle stazioni indagate aventi valore d'inerzia maggiore di 1.5% per l'asse III.

III ASSE

ID specie	Inerzia	Specie	PU	AC	SG	PG	Tot
8	6,0%	Andrena fumida	4	-	-	-	4
90	4,5%	Osmia notata	3	-	-	-	3
74	3,0%	Lasioglossum laeve	2	-	-	-	2
89	8,1%	Osmia latreillei	13	4	-	4	21
5	5,4%	Andrena agilissima italica	12	-	1	6	19
65	3,1%	Hoplitis anthocopoides	15	-	1	12	28
97	2,3%	Rhodanthidium sticticum	16	-	8	13	37
94	1,9%	Panurgus vachali siculus	9	9	10	4	32
31	1,7%	Bombus terrestris calabricus	16	10	18	12	56
47	2,8%	Eucera crinipes	3	9	5	18	35
43	8,9%	Chalicodoma sicula	5	-	2	33	40
22	9,1%	Anthidium manicatum	-	7	8	25	40
88	6,3%	Osmia kohli	3	-	2	22	27
83	2,8%	Nomioides spp.	-	-	-	5	5
24	1,7%	Anthophora crassipes	-	-	-	3	3
45	1,7%	Eucera algira	-	-	-	3	3
		Tot	101	39	55	160	355

Tab. 18. Distribuzione del numero di esemplari per specie selezionate nelle stazioni indagate aventi valore d'inerzia maggiore di 1.5%.

ID specie	Inerzia	Specie	PG	PU	AC	SG	Tot
24	1,7%	Anthophora crassipes	3	-	-	-	3
45	1,7%	Eucera algira	3	-	-	-	3
83	2,8%	Nomioides spp.	5	-	-	-	5
1	1,8%	Amegilla albigena	6	2	-	-	8
74	3,0%	Lasioglossum laeve	-	2	-	-	2
90	4,5%	Osmia notata	-	3	-	-	3
8	6,0%	Andrena fumida	-	4	-	-	4
87	4,8%	Osmia aurulenta	16	10	-	1	27
43	7,1%	Chalicodoma sicula	33	5	-	2	40
65	4,8%	Hoplitis anthocopoides	12	15	-	1	28
88	4,2%	Osmia kohli	22	3	-	2	27
5	2,9%	Andrena agilissima italica	6	12	-	1	19
89	2,0%	Osmia latreillei	4	13	4	-	21
97	1,7%	Rhodanthidium sticticum	13	16	-	8	37
25	2,3%	Anthophora crinipes	11	2	9	1	23
22	9,1%	Anthidium manicatum	25	-	7	8	40
47	2,8%	Eucera crinipes	18	3	9	5	35
103	3,6%	Xylocopa iris	15	9	-	15	39
93	1,7%	Osmia tumenis	2	-	3	-	5
85	2,8%	Osmia melanogaster	5	8	12	3	28
27	2,9%	Anthophora plumipes	14	3	16	7	40
49	2,3%	Eucera nigrescens	34	20	38	28	120
31	1,7%	Bombus terrestris calabricus	12	16	10	18	56
19	2,3%	Andrena similis	1	-	3	-	4
94	1,9%	Panurgus vachali siculus	4	9	9	10	32
84	8,9%	Osmia caerulescens	1	2	15	3	21
67	2,0%	Hoplitis adunca	4	1	20	8	33
20	2,2%	Andrena stabiana	-	-	2	-	2
51	4,5%	Eupavlovskia funeraria	-	-	4	-	4
80	5,6%	Melecta albifrons	-	-	5	-	5
37	1,9%	Ceratina cucurbitina	1	2	4	9	16
52	4,6%	Habropoda tarsata	2	1	20	14	37
30	2,5%	Bombus pasquorum siciliensis	-	1	1	8	10
64	4,5%	Hoplitis acuticornis	-	1	-	13	14
57	5,2%	Halictus fulvipes	-	-	3	13	16
55	1,6%	Halictus compressus	-	-	-	4	4
39	2,5%	Ceratina dallatorreana	-	-	-	6	6
40	2,5%	Ceratina dentivewntris	-	-	-	6	6
96	4,1%	Pseudoanthidium lituratum	-	-	-	10	10
		Tot	59	53	134	150	396

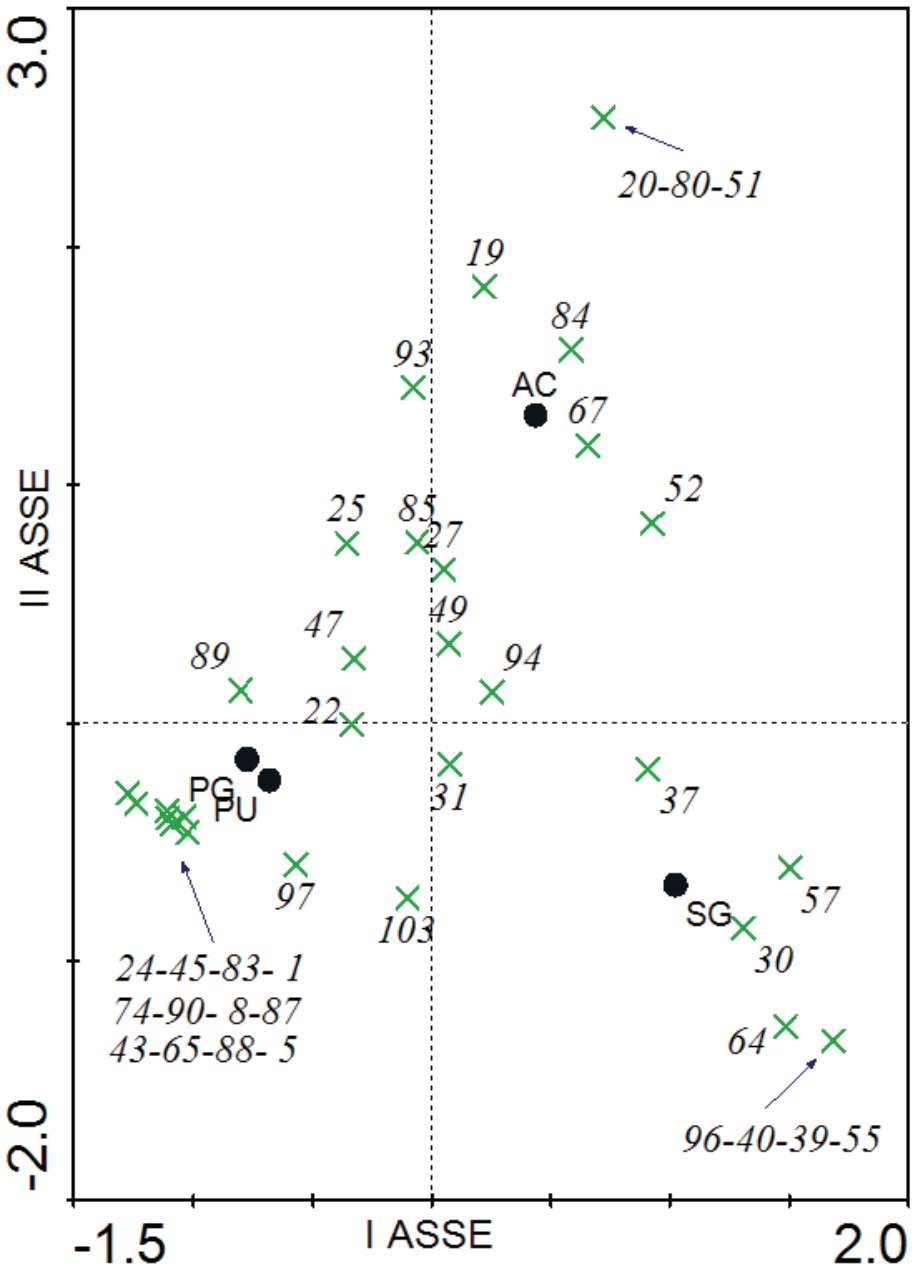


Fig. 75. Analisi delle corrispondenze specie/stazioni con dettaglio delle specie caratterizzanti (i numeri corrispondono a quelli riportati in Tab. 18).

6.2.6. Fenologia dei popolamenti apidici

Sulla base del numero di esemplari complessivamente raccolti nelle quattro stazioni di indagine, distinti per mesi (Tabb. 2-3), è possibile ricostruire la fenologia delle specie censite ed esaminare pertanto le variazioni dei popolamenti apidici nell'arco dell'anno.

Sul totale delle specie censite, sono state selezionate le specie più abbondanti in termini di numero di esemplari complessivamente raccolti nei tre anni di indagine. In particolare, sono state evidenziate 30 specie, in gruppi di 5, rappresentate da un numero di esemplari variabile da 10 a 120.

La fenologia delle specie selezionate è rappresentata graficamente nelle Figg. 76-81. Si è anche scelto di analizzare i popolamenti apidici sulla base delle diverse fasce orarie del giorno durante le quali sono stati effettuati i censimenti lungo i transetti. Ciò allo scopo di evidenziare l'attività circadiana delle specie censite, selezionando quelle più abbondanti in termini di numero di esemplari e la cui fenologia interessa un periodo di attività più esteso.

L'elaborazione di questi dati permette di individuare le variazioni della composizione specifica dei popolamenti nelle diverse fasce orarie del giorno e di evidenziare i picchi di attività delle specie.

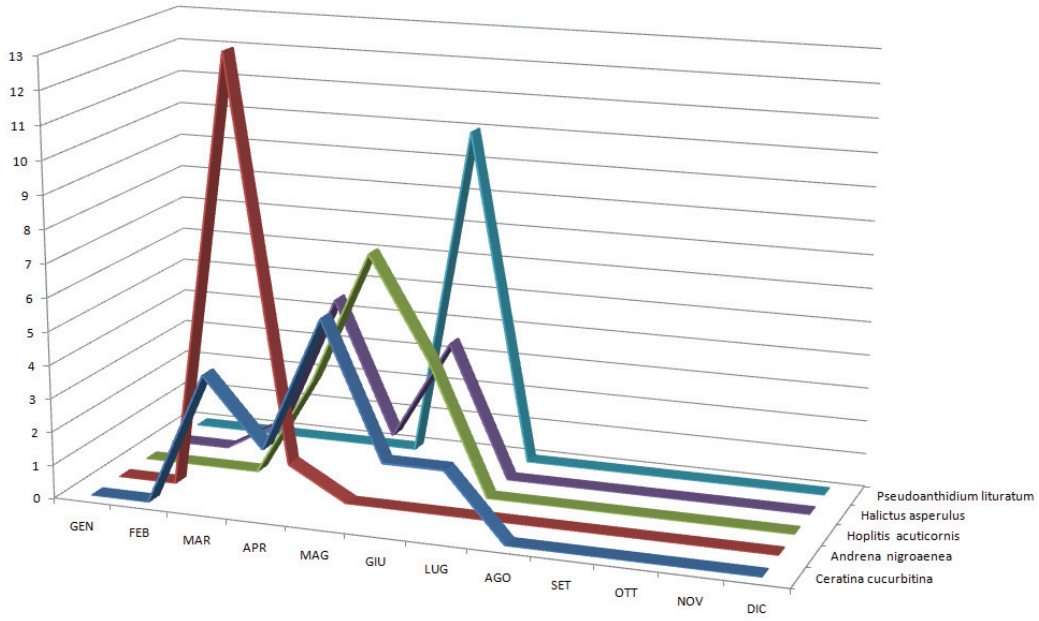


Fig. 76. Fenologia di alcune delle specie più abbondanti (in base al numero totale di esemplari raccolti, con intervallo n= 10-16), censite nelle quattro stazioni di indagine.

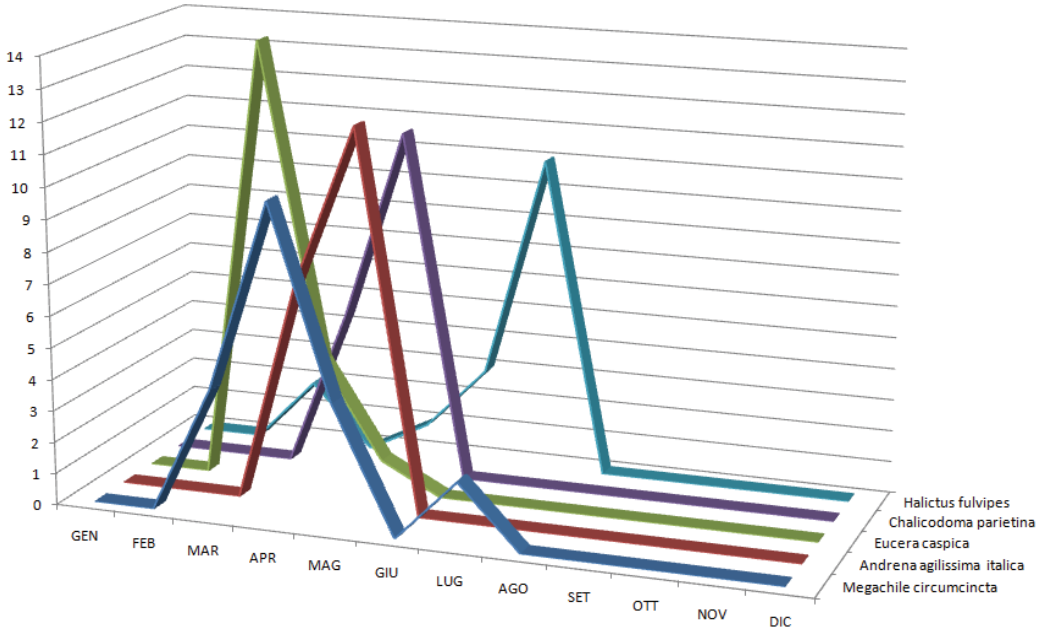


Fig. 77. Fenologia di alcune delle specie più abbondanti (in base al numero totale di esemplari raccolti, con intervallo n= 16-20), censite nelle quattro stazioni di indagine.

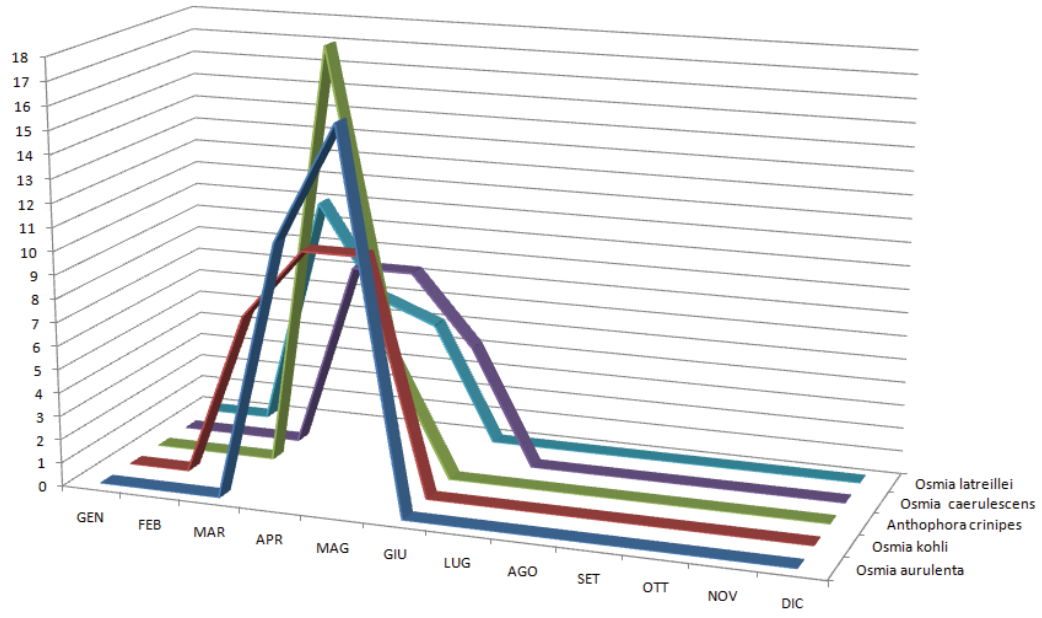


Fig. 78. Fenologia di alcune delle specie più abbondanti (in base al numero totale di esemplari raccolti, con intervallo n= 21-27), censite nelle quattro stazioni di indagine.

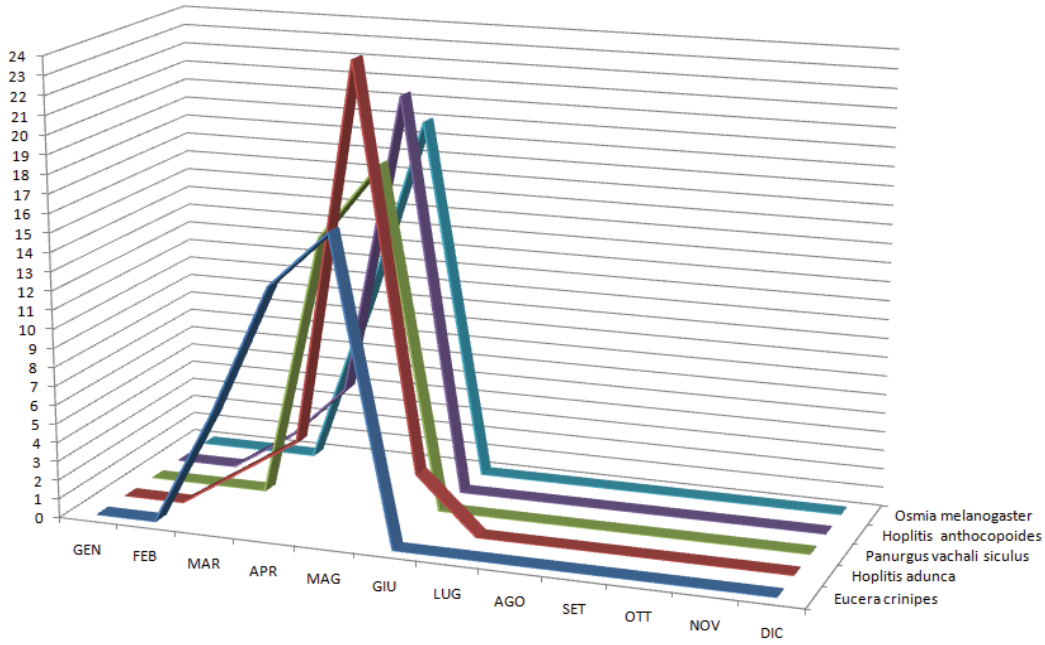


Fig. 79. Fenologia di alcune delle specie più abbondanti (in base al numero totale di esemplari raccolti, con intervallo n= 28-35), censite nelle quattro stazioni di indagine.

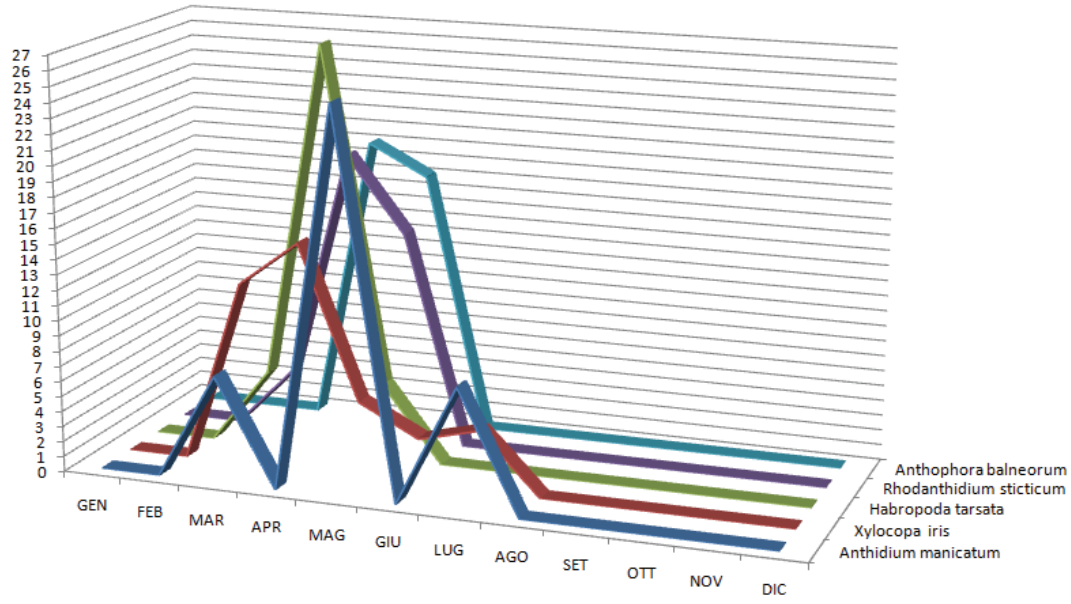


Fig. 80. Fenologia di alcune delle specie più abbondanti (in base al numero totale di esemplari raccolti, con intervallo n= 36-40), censite nelle quattro stazioni di indagine.

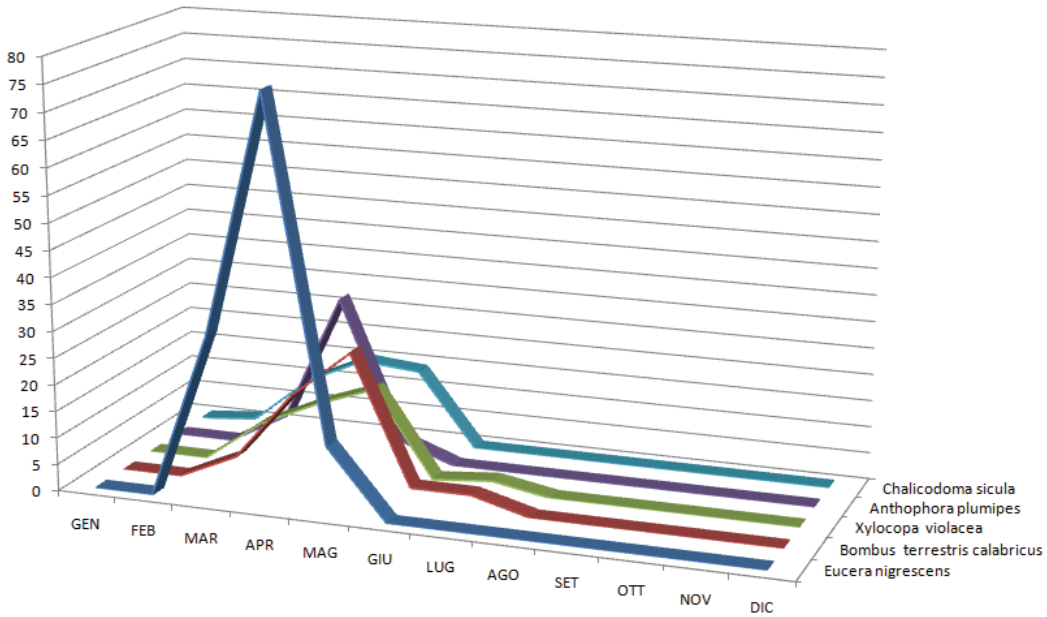


Fig. 81. Fenologia di alcune delle specie più abbondanti (in base al numero totale di esemplari raccolti, con intervallo n= 40-120), censite nelle quattro stazioni di indagine.

6.2.7. Modalità di nidificazione e comportamento

L'analisi di alcuni caratteri eco-etologici, segnatamente la modalità di nidificazione ed il comportamento, è riportata in forma sintetica nella Tab. 19. e rappresentata graficamente in Fig. 82.

Tab. 19. Modalità di nidificazione e comportamento delle specie di Apoidei censiti. Acronimi per modalità di nidificazione: HY, ipergeica; EN, endogeica; NL, "nesting less", in nidi di altre specie. Acronimi per comportamento: SO, solitario; ES, eusociale; PS, pre-sociale; PA, parassita.

Specie	Modalità di nidificazione	Comportamento
Amegilla albigena	HY	SO
Amegilla garrula	HY	SO
Andrena combinata	EN	SO
Andrena nigroaenea	EN	SO
Andrena agilissima italica	EN	SO
Andrena albopunctata funebris	EN	SO
Andrena combinata	EN	SO
Andrena flavipes	EN	SO
Andrena fumida	EN	SO
Andrena hesperia	EN	SO
Andrena kamarti	EN	SO
Andrena limata	EN	SO
Andrena minutula	EN	SO
Andrena morio	EN	SO
Andrena nigroolivacea	EN	SO
Andrena ovatula	EN	SO
Andrena panurgina	EN	SO
Andrena pseudasuniensis	EN	SO
Andrena schmiedeknechti	EN	SO
Andrena similis	EN	SO
Andrena stabiana	EN	SO
Andrena wilkella	EN	SO
Anthidium manicatum	HY	SO
Anthophora balneorum	HY	SO
Anthophora crassipes	HY	SO
Anthophora crinipes	HY	SO
Anthophora dispar	HY	SO

Anthophora mucida	HY	SO
Anthophora plumipes	HY	SO
Anthophora quadricolor	HY	SO
Anthophora retusa	HY	SO
Bombus pasquorum siciliensis	HY	ES
Bombus terrestris calabricus	HY	ES
Bombus bohemicus	HY	ES
Bombus hortorum	HY	ES
Bombus maxillosus	HY	ES
Bombus ruderatus	HY	ES
Ceratina chalybea	HY	SO
Ceratina cucurbitina	HY	SO
Ceratina cyanea	HY	SO
Ceratina dallatorreana	HY	SO
Ceratina dentiventris	HY	SO
Ceratina parvula	HY	SO
Chalicodoma parietina	HY	SO
Chalicodoma sicula	HY	SO
Dioxys cincta	NL	PA
Eucera algira	EN	SO
Eucera caspica	EN	SO
Eucera crinipes	EN	SO
Eucera longicornis	EN	SO
Eucera nigrescens	EN	SO
Eucera oraniensis	EN	SO
Eupavlovskia funeraria	NL	PA
Habropoda tarsata	EN	SO
Habropoda zonatula	EN	SO
Halictus asperulus	EN	PS
Halictus compressus	EN	PS
Halictus constantinensis	EN	PS
Halictus fulvipes	EN	PS
Halictus kessleri	EN	PS
Halictus pollinosus	EN	PS
Halictus quadricinctus	EN	PS
Halictus scabiosae	EN	PS
Halictus sexcinctus	EN	PS
Heriades crenulatus	HY	SO
Hoplitis acuticornis	HY	SO
Hoplitis anthocopoides	HY	SO
Hoplitis illyrica	HY	SO
Hoplitis acuticornis	HY	SO
Hoplitis adunca	HY	SO
Hoplitis leucomelaena	HY	SO

Hoplosmia ligurica	HY	SO
Icteranthidium grohmanni	HY	SO
Lasioglossum bimaculatum	EN	PS
Lasioglossum calceatum	EN	PS
Lasioglossum interruptum	EN	PS
Lasioglossum laeve	EN	PS
Lasioglossum malachurum	EN	PS
Megachile lagopoda	HY	SO
Megachile albisecta	HY	SO
Megachile circumcincta	HY	SO
Megachile giraudi intermixta	HY	SO
Megachile lagopoda	HY	SO
Melecta albifrons	NL	PA
Melecta nigra	NL	PA
Melecta obscura	NL	PA
Nomioides spp.	EN	SO
Osmia caerulescens	HY	SO
Osmia melanogaster	HY	SO
Osmia signata	HY	SO
Osmia aurulenta	HY	SO
Osmia caerulescens	HY	SO
Osmia kohli	HY	SO
Osmia latreillei	HY	SO
Osmia notata	HY	SO
Osmia rufohirta	HY	SO
Osmia signata	HY	SO
Osmia submicans hebraea	HY	SO
Osmia tunenis	HY	SO
Panurgus vachali siculus	EN	SO
Pseudoanthidium gregoriense	HY	SO
Pseudoanthidium lituratum	HY	SO
Rhodanthidium sticticum	HY	SO
Rodanthidium 7-dentatum	HY	SO
Stelis nasuta	NL	PA
Thyreus affinis	NL	PA
Thyreus orbatus	NL	PA
Thyreus ramosus	NL	PA
Xylocopa iris	HY	SO
Xylocopa violacea	HY	SO
Xylocopa valga	HY	SO

In particolare, per quanto concerne il primo aspetto, cioè la realizzazione del nido pedotrofico, si evince come la maggior parte delle specie (con percentuali variabili da 25 a 40%), in tutte e quattro i siti d'indagine, attui modalità ipergeiche, realizzando il proprio nido sopra il livello del suolo, sia utilizzando cavità preesistenti all'interno dei substrati più disparati, sia realizzando nuove cavità attraverso.

Un numero consistente di specie (con percentuali variabili da 18 a 25%) attua modalità di nidificazione endogeica, utilizzando quindi il suolo come substrato per realizzare il proprio nido. Le specie che non realizzano nido, in quanto cleptoparassite, sono in numero molto più basso, comprese iun valori percentuali variabili da 2 a 7%) (Fig. 82).

Analizzando il comportamento, si evince come una parte preponderante dei popolamenti apidici sia rappresentato da specie solitarie, con percentuali variabili da 32 a 52%, mentre sono notevolmente inferiori i valori percentuali per le specie ad organizzazione pre-sociale (5-9%), eusociale (3-6%) e parassite (3-8%) (Fig. 82).

Per quanto concerne la lunghezza dell'apparato boccale, distinto nelle tre tipologie "corto", "medio" e "lungo", si evince come la maggior parte delle specie sia ascrivibile alla terza tipologia, con valori percentuali variabili da 32 a 39%; le specie con apparato boccale corto variano da 8 a 15%, mentre quelle con apparato boccale medio variano da 4 a 15% (Fig. 82).

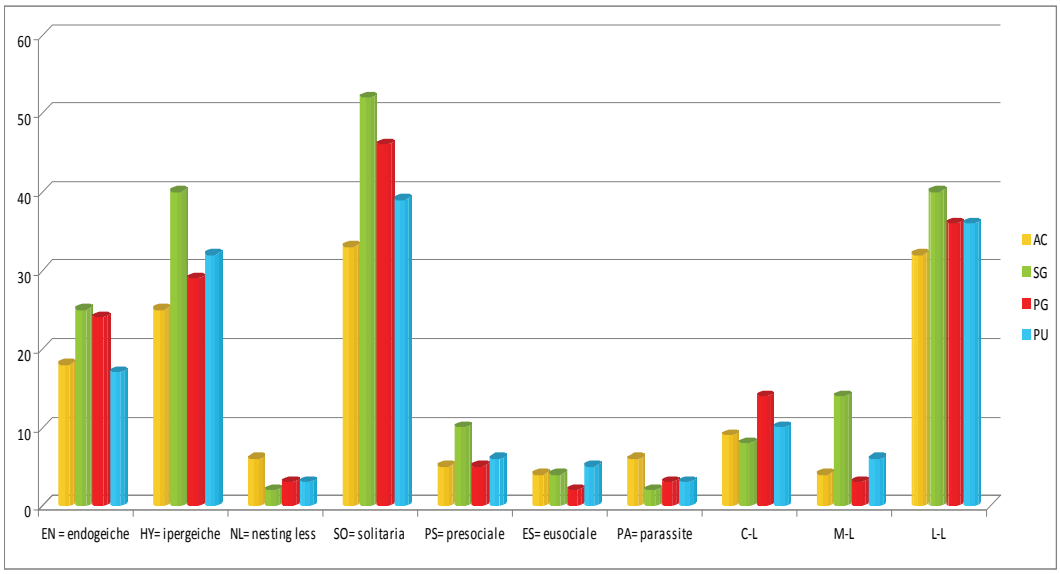


Fig. 82. Suddivisione delle specie in base alle modalità di nidificazione e al comportamento (vedi Tab. 19 per gli acronimi).

6.2.8. Nesting trap

I risultati ottenuti dal nesting-trap sono stati modesti ed in gran parte vanificati da atti vandalici delle trappole, soprattutto all'interno dei due parchi urbani. Ciò non permette di trarre dati significativi ed organici sui popolamenti apidici, essendo in gran parte frammentari. Tuttavia, dai nidi trappola collocati nel sito di Parco degli Ulivi sono stati ottenuti ripetutamente esemplari di *Osmia latreillei* (Spinola, 1806) (Figg. 83-84). Inoltre, è stato documentato un caso di parassitismo da parte dell'Imenottero Sapygidae *Sapyga quinquepunctata* (Fabricius, 1781) (Fig. 85).

Fig. 83. Nido pedotrofico di *Osmia latreillei* in sezione.

Fig. 84. Esemplari maschio e femmina in copula di *Osmia latreillei* ottenuti da nesting trap.

Fig. 85. Esemplare femmina di *Sapyga quinquepunctata* parassitoide di *Osmia latreillei*, ottenuta da nidi pedotrofici realizzati nelle trappole.

6.3. Frammentazione ambientale e connettività ecologica

6.3.1. Biopermeabilità e corridoi ecologici

Sulla base dei caratteri ambientali dell'area vasta, definita dal buffer di 4 km, dove ricadono i siti di indagine, è stato individuato il reticolo che consente di apprezzare il grado di connettività ecologica potenziale, rappresentato in Fig. 86 e con maggiore dettaglio nelle Figg. 87-90 per i singoli siti.

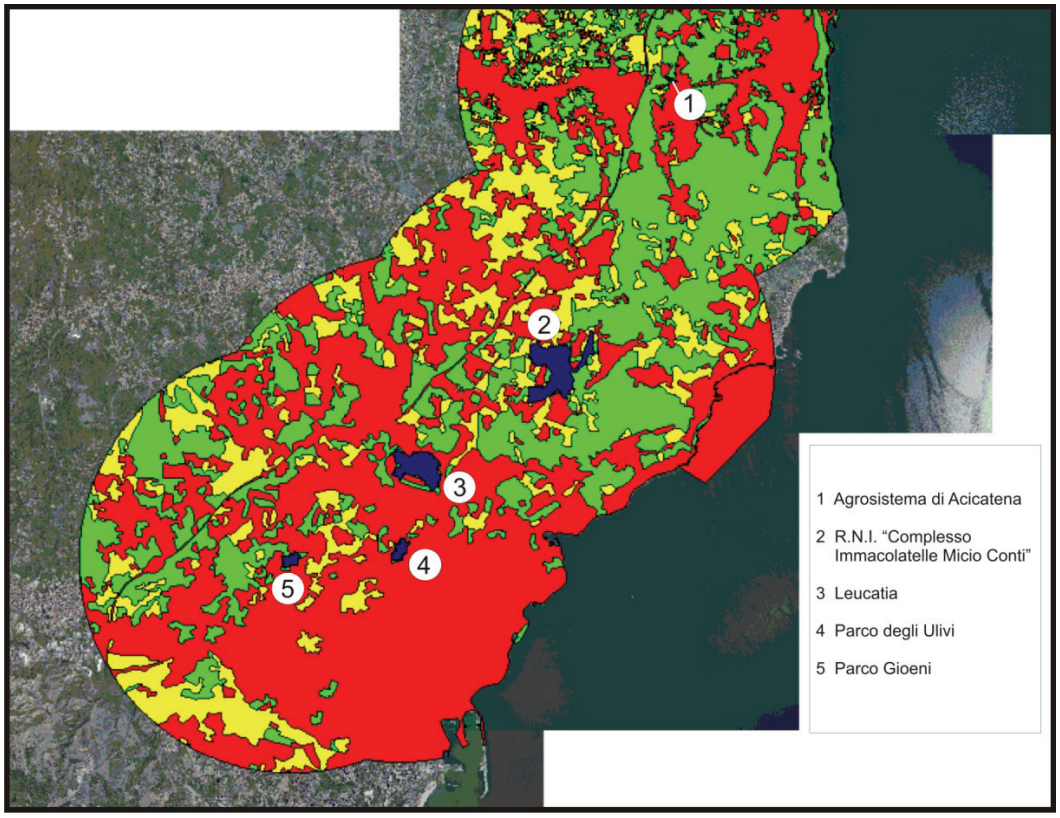


Fig. 86. Quadro d'insieme con rappresentazione della biopermeabilità dell'area media e vasta (buffer zone di 4 km) relativamente ai siti di indagine. I colori individuano il grado di biopermeabilità: verde: elevata; giallo: media; rosso: trascurabile.

La componente a biopermeabilità trascurabile, corrispondente essenzialmente al tessuto urbanizzato, è preponderante in tutti i siti indagati (Fig. 86), oscillando tra il

35% (Acicatena) ed il 70% (Parco Gioeni) del buffer considerato.

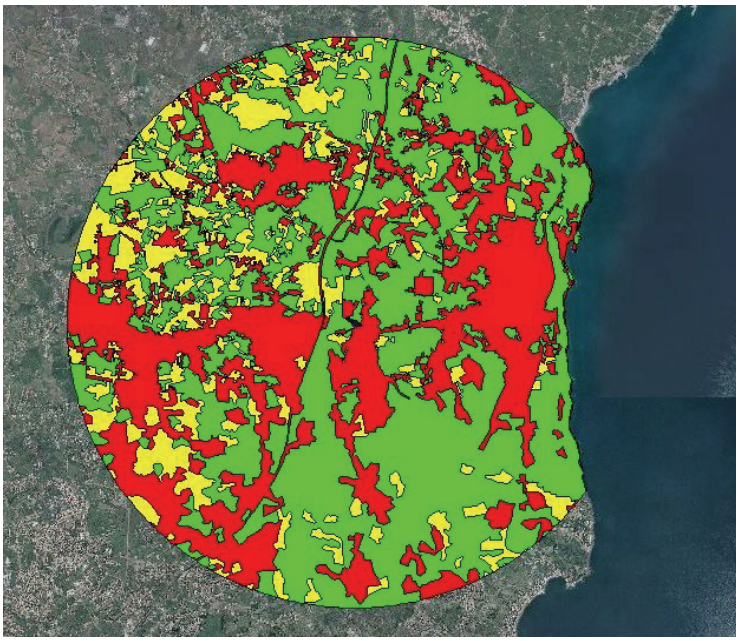


Fig. 87. Matrice ambientale e scala di biopermeabilità del sito di Acicatena.

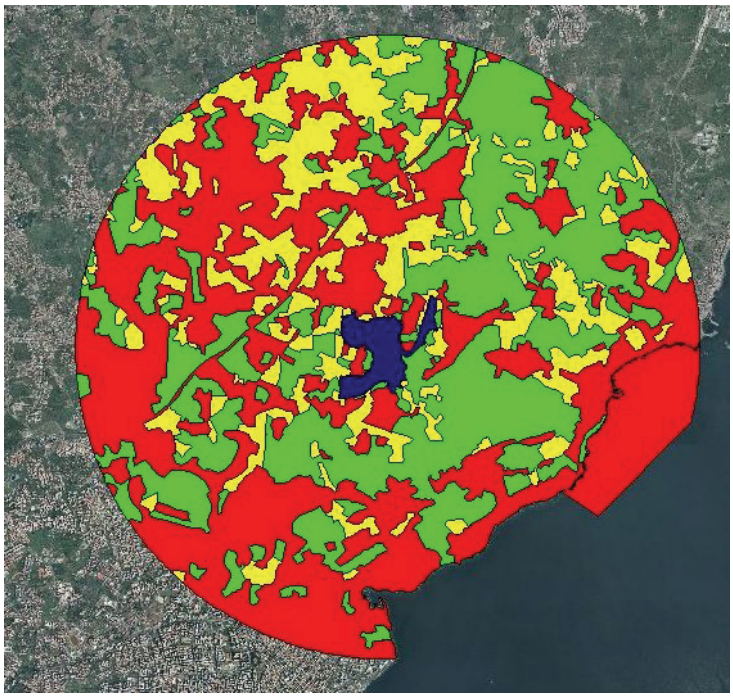


Fig. 88. Matrice ambientale e scala di biopermeabilità del sito di San Gregorio, Riserva Naturale Integrale Immacolatelle-Micio Conti.

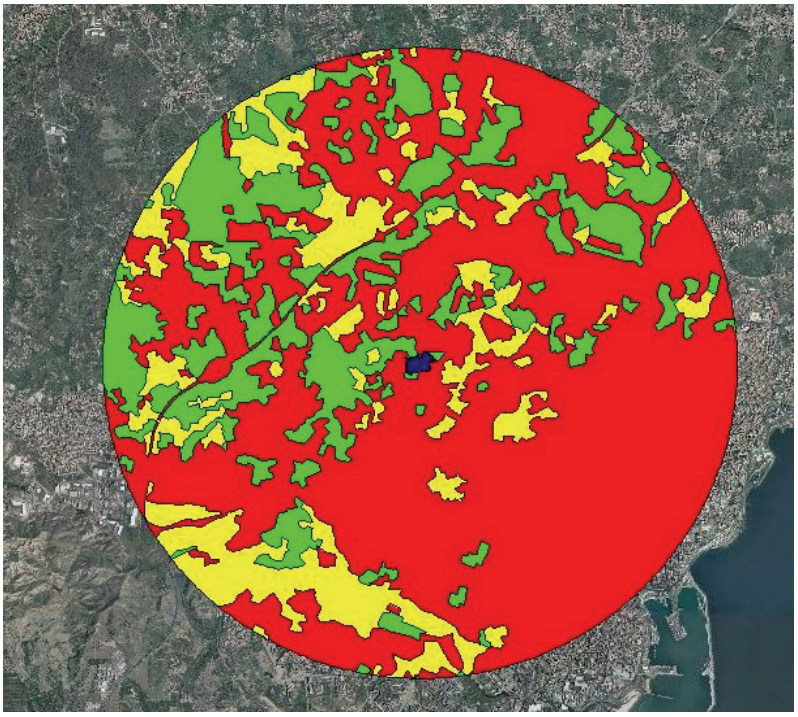


Fig. 89. Matrice ambientale e scala di biopermeabilità del sito di Parco degli Ulivi.

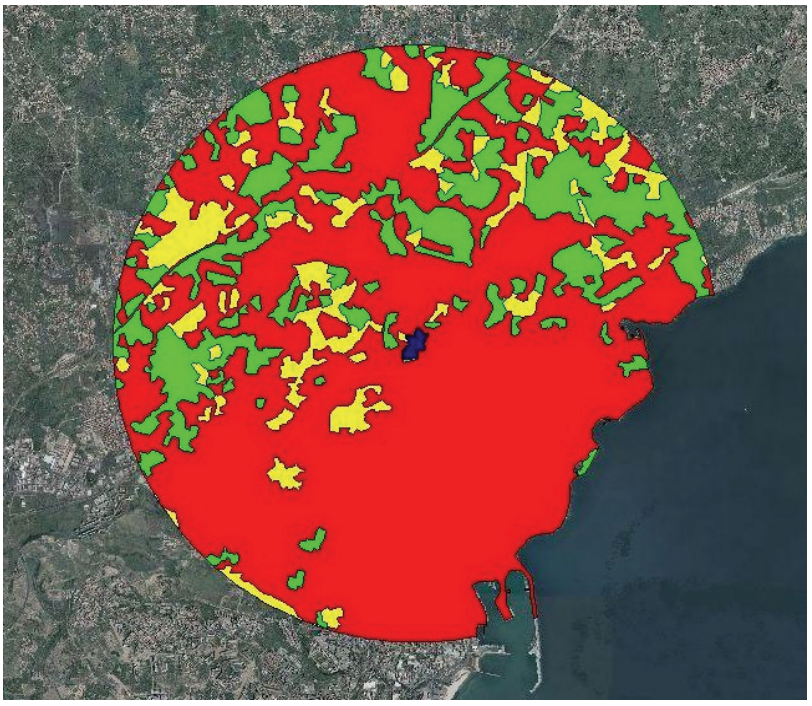


Fig. 90. Matrice ambientale e scala di biopermeabilità del sito di Parco Gioeni.

Gli altri siti mostrano valori rispettivamente del 45% (San Gregorio), 62% (Leucatia) e 65% (Parco degli Ulivi). Le aree a biopermeabilità media sono di modesta estensione, variando dal 10% al 20% del totale, con valori similari tra le varie aree. Infine, la matrice ad elevata biopermeabilità risulta variabile da un valore del 18% (Parco Gioeni) al 50% (Acicatena). Gli altri siti mostrano valori del 20% (Parco degli Ulivi), 23% (Leucatia) e 35% (San Gregorio) (Fig. 91).

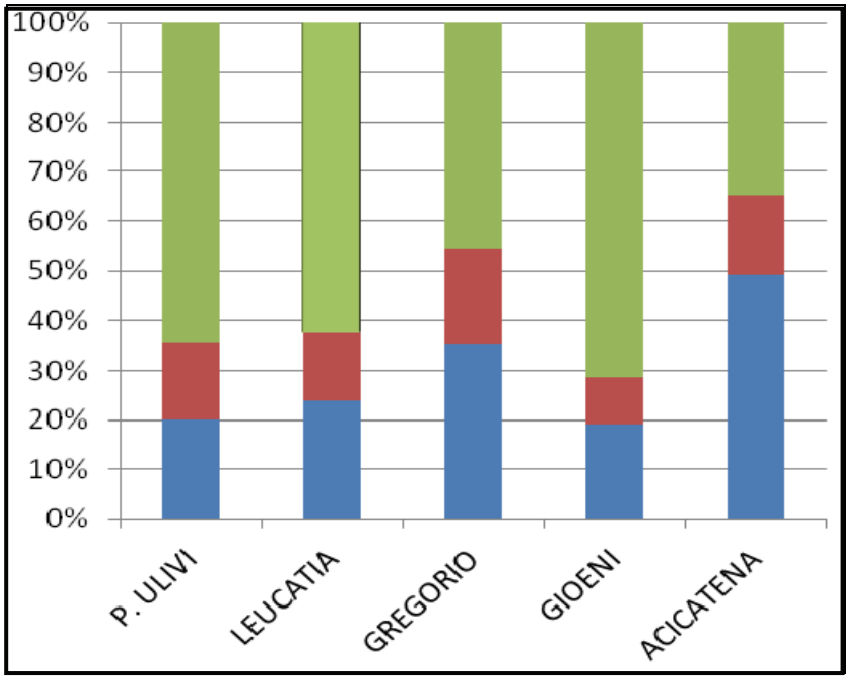


Fig.91. Suddivisione percentuale delle aree a diversa biopermeabilità nell'ambito dell'area vasta (buffer di 4 km) dove ricadono i siti di indagine. In verde: biopermeabilità trascurabile; in rosso: biopermeabilità media; in blu: biopermeabilità elevata.

Sulla base della biopermeabilità, rappresentata cartograficamente in Figg. 86-90, e tenendo in considerazione la contiguità o continuità spaziale del reticolo costituito dalle aree a biopermeabilità media ed elevata, è stato valutato il grado di connettività ecologica (Fig. 92).

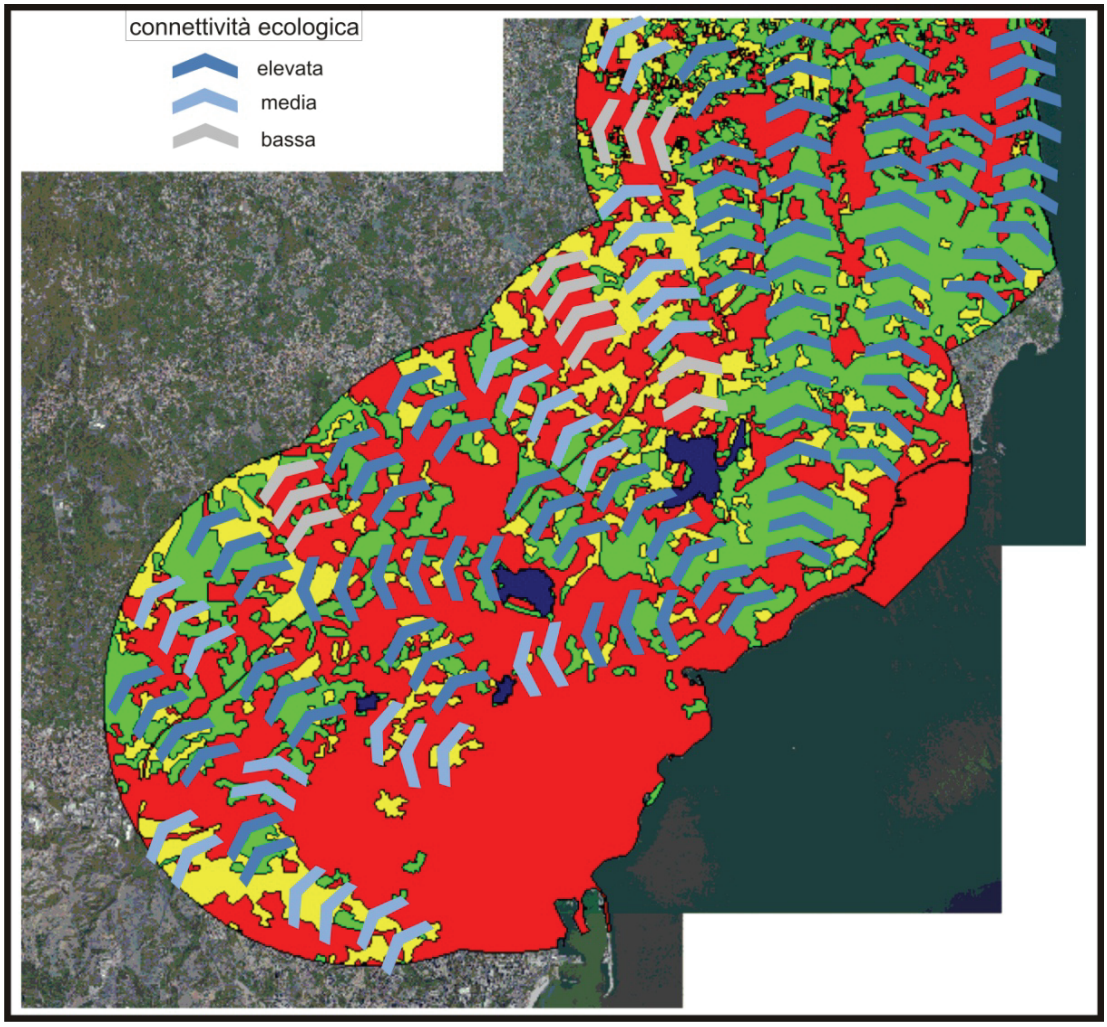


Fig. 92. Carta della connettività ecologica dell'area vasta (buffer zone di 4 km) basata sui criteri di biopermeabilità esplicitati in Tab. 1, dove ricadono i siti di indagine.

6.3.2. Valutazione della frammentazione ambientale mediante il modello biogeografico delle isole

L'analisi di regressione lineare del numero di specie sulla superficie dei siti indagati evidenzia nel complesso una buona congruenza con i ben noti modelli di biogeografia insulare (Mac Arthur & Wilson, 1967), come si evince dal grafico in Fig. 93.

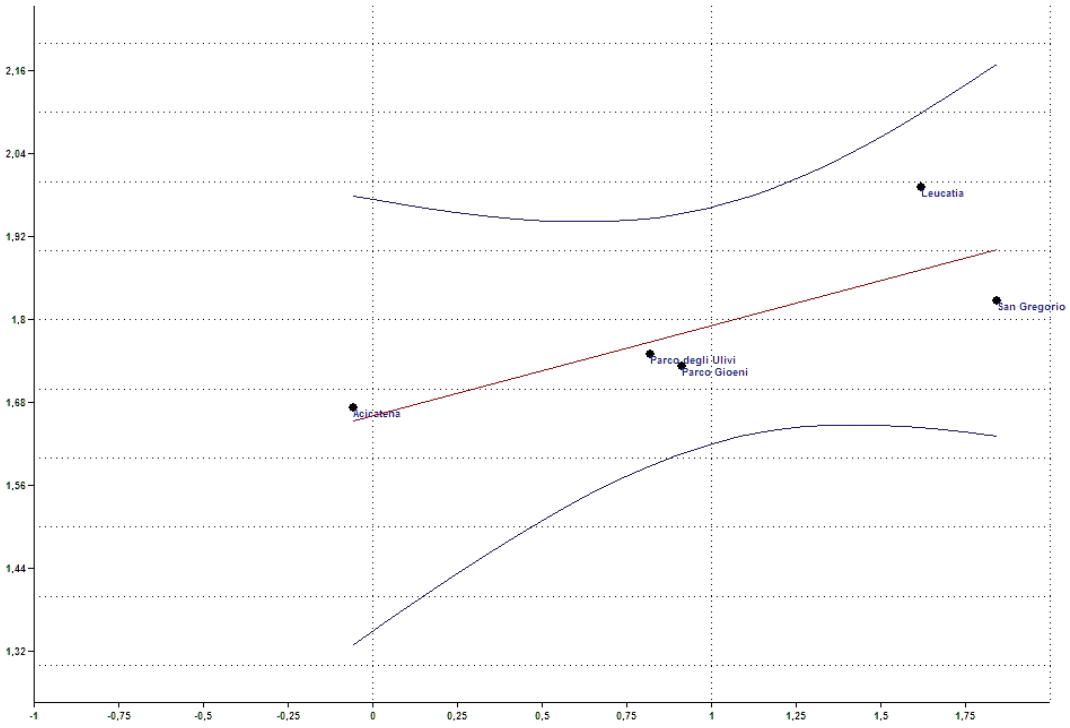


Fig. 93. Regressione lineare (i valori di entrambi gli assi sono trasformati logaritmicamente) per la correlazione fra il numero di specie e la superficie dei quattro siti considerati per la presente indagine e del sito di comparazione (Leucatia).

7. Discussione

7.1. Composizione e ricchezza dei popolamenti apidici

In Fig. 49 è rappresentata l'abbondanza complessiva di esemplari del popolamento apidico, prendendo in considerazione le raccolte effettuate cumulativamente nei quattro siti d'indagine. L'abbondanza aumenta progressivamente a partire da metà febbraio e più marcatamente nel mese di aprile; il picco si ha in corrispondenza della metà di aprile, con valori elevati fino a metà giugno; successivamente si ha una marcata flessione dei valori di abbondanza, che raggiungono valori prossimi a zero durante i mesi invernali.

Esaminando l'aspetto faunistico, si evince come la ricchezza specifica rilevata per i quattro siti considerati nel loro insieme sia assai rimarchevole, equivalente a circa un sesto della fauna apidica della Sicilia (Pagliano, 1995; Nobile, 1994, 1996) e a circa un quarto della fauna presente sull'Etna (Nobile, dati inediti). La ricchezza specifica di tale popolamento è rimarchevole anche se confrontato con altre aree dell'Etna molto più estese e caratterizzate da un notevole grado di naturalità, come il caso di un'area montana, ricadente nel settore meridionale, tra Ragalna e Nicolosi, ad un'altitudine variabile tra 1000 e 1700 m s.l.m., che ospita quasi 100 specie su una superficie di circa 40 Km^2 (Turrisi & Turrisi, 2007).

Analizzando il numero di specie per ciascun sito preso in esame, si rileva una notevole ricchezza e diversificazione dei popolamenti apidici, anche per i siti caratterizzati da una pressione antropica elevata, come nel caso dei due parchi

urbani e dell'agroecosistema di Acicatena. Ciò conferma il ruolo di "serbatoio di biodiversità" rivestito dai frammenti di territori ricadenti nella fascia pedemontana, anche se caratterizzate da elevato grado di antropizzazione.

Le specie presenti sono un campionario significativo della diversità apidica della fascia pedemontana etnea, sebbene ricerche ulteriori potrebbero addirittura permettere di incrementare il numero di specie note. Gran parte delle specie hanno una distribuzione ampia nel bacino del Mediterraneo, ma alcune specie sono endemiti della Sicilia, in particolare *Pseudoanthidium gregoriense*, descritto per il sito di San Gregorio, segnalato successivamente anche per altre località della Sicilia orientale (Nobile, 1989, 1996). Fra le specie di rilevanza faunistica, oltre a quelle endemiche o a distribuzione ristretta nel bacino del Mediterraneo o in Italia, si annovera *Bombus bohemicus*, rinvenuto presso Parco Gioeni, specie non precedentmente segnalata per la Sicilia.

7.2. Comparazione dei popolamenti apidici

7.2.1. Affinità faunistica

Le analisi multivariate condotte adottando i due diversi algoritmi precedentemente specificati (vedi Materiali e Metodi), sulla base dei dati di presenza-assenza delle specie nei diversi siti di indagine (Tab. 9) evidenziano una sostanziale congruenza (Figg. 36-37). In particolare, i due dendrogrammi di aggregazione mostrano la medesima topologia nella disposizione gerarchica dei popolamenti apidici dei diversi siti presi in considerazione per la presente indagine. Il

popolamento apidico del sito di riferimento di Leucatia, desunto attraverso i dati forniti da Nobile (comunicazione personale) presenta una composizione faunistica ben differenziata e costituisce pertanto un gruppo a sé, avente basso indice di similarità con gli altri siti. Quest'ultimi costituiscono nel loro complesso un altro gruppo all'interno del quale si ravvisano tre sottogruppi ben differenziati (Figg. 36-37) e coerenti con la predizione di similarità basata sulla tipologia ambientale e sui rapporti di prossimità micro geografica.

Un primo gruppo è rappresentato dal sito R.N.I. Complesso Immacolatelle-Micio Conti (San Gregorio di Catania), ben differenziato dagli altri per composizione faunistica, un altro dall' agro ecosistema di Acicatena e l'ultimo infine raggruppa i due parchi urbani Parco Gioeni e Parco degli Ulivi, che risultano i più affini, come del resto era logico attendersi.

Analizzando i popolamenti medesimi tramite MDS (Fig. 38), sulla base della presenza-assenza nei diversi siti presi in considerazione, si ottiene una rappresentazione grafica che evidenzia la netta affinità dei popolamenti apidici dei due parchi urbani Parco Gioeni e Parco degli Ulivi, che risultano strettamente aggregati. Gli altri tre siti, invece, appaiono nettamente separati e non correlabili reciprocamente.

7.2.2. Struttura dei popolamenti apidici

Le famiglie più rappresentative del popolamento apidico delle quattro stazioni, sia in termini di numero di specie che per numero di individui, sono quelle dei Megachilidae e degli Anthophoridae. Queste due famiglie di Apoidei, rispetto alle altre, sono capaci di utilizzare una gamma più ampia e

diversificata di materiali per la costruzione del nido pedotrofico ed inoltre di utilizzare una più ampia varietà di fonti trofiche, possedendo un apparato boccale molto sviluppato con ligula lunga, in grado di suggere liquidi zuccherini da fiori di Angiosperme a corolla profonda, non accessibile ad altre specie. Gli Apidae hanno un'abbondanza media in termini di numero di individui; essi si caratterizzano per l'organizzazione eusociale, con capacità di dare luogo a gruppi diversificati eco-etologicamente. Halictidae e Andrenidae, invece, sono pur essendo rappresentati da un discreto numero di specie, si caratterizzano per una abbondanza sensibilmente più bassa rispetto agli altri gruppi di Apoidei. Peraltro, questi gruppi sono caratterizzati da apparato boccale poco sviluppato, con ligula breve.

La specie maggiormente abbondante in tutti i siti oggetto d'indagine è *Eucera nigrescens*, specie ad ampia valenza ecologica e dotata di apparato boccale molto sviluppato.

7.2.3. Analisi dei popolamenti mediante analisi multivariata (MDS e PCA)

L'analisi MDS condotta prendendo in esame tutti i campioni ottenuti nei quattro i siti d'indagine e nei diversi mesi (Fig. 54), evidenzia due gruppi nettamente separati, uno rappresentato dai due parchi urbani che mostrano un'affinità di circa il 50%, l'altro dai due siti di Acicatena e S. Gregorio. Ciò è messo anche in evidenza nel dendrogramma di Fig. 55. Tale analisi appare congruente con una composizione in specie ed una struttura dei popolamenti simili all'interno dei due distinti gruppi individuati. Tale analisi conferma anche i gruppi individuati sulla base dell'affinità faunistica dei siti, individuati con la cluster

analysis mediante i dati di presenza-assenza delle specie (Figg. 36-38). Una ulteriore elaborazione ha portato a sintetizzare i dati mensili dei tre anni d'indagine in un unico campione, attraverso la sommatoria del numero di esemplari per specie raccolti per ciascun mese. Questo set di dati è stato sottoposto ad analisi MDS (Figg. 56-57), e mette in evidenza una relativa similarità dei popolamenti apidici delle diverse stazioni nei singoli mesi d'indagine; solo il popolamento di Acicatena, invece appare differenziato in corrispondenza del mese di maggio, molto probabilmente in relazione ai cambiamenti colturali introdotti durante il periodo nel quale è stata effettuata la ricerca, ha modificato sensibilmente soprattutto la struttura del popolamento nel suo complesso, modificando l'abbondanza di alcune specie, che verranno poi prese in dettaglio tramite l'Analisi delle Corrispondenze. Tale dato viene comparato con l'analisi MDS ottenuta considerando soltanto il dato di presenza-assenza delle specie nei singoli siti e nei diversi mesi di raccolta (Figg. 58-59); viene confermata la netta separazione della composizione del popolamento di Acicatena nel mese di maggio rispetto agli altri siti, mentre negli altri mesi i popolamenti mostrano una certa affinità reciproca.

L'Analisi delle Componenti Principali (PCA) effettuata su tutti i campioni nei quattro siti per i diversi mesi, permette di evidenziare quali sono le specie che meglio caratterizzano i diversi siti d'indagine in termini di abbondanza (Figg. 60-64). In particolare, si evince che le specie discriminanti sono quattro: *Andrena agilissima*, *Anthophora crinipes*, *Habropoda tarsata* e *Osmia aurulenta*, in una sezione temporale che va da marzo a maggio, con un picco nel mese di aprile. Analizzando nel dettaglio l'abbondanza di queste specie, si evince come *Andrena agilissima* sia più abbondante nel sito di Parco degli

Ulivi (Fig. 61); *Anthophora crinipes* caratterizza soprattutto il sito di Acicatena in termini di numerosità (Fig. 62); *Habropoda tarsata* ha valori di abbondanza più elevati nel sito di San Gregorio (Fig. 63); infine, *Osmia aurulenta* è più abbondante nel sito di Parco Gioeni (Fig. 64).

Analizzando le variazioni del popolamento apidico dell'agroecosistema di Acicatena nell'arco del triennio d'indagine, si evince come nei mesi di marzo e maggio 2009 (evidenziati dalla freccia rossa in Fig. 45) si abbiano modificazioni sensibili della sua struttura rispetto all'anno precedente e a quello successivo, mentre tale variazione è meno pronunciata nel mese di aprile. Tali variazioni del popolamento (Fig. 65) possono essere messe in relazione con le modifiche delle pratiche gestionali dell'agroecosistema, che all'inizio della primavera del 2009 è stato sottoposto a diserbo meccanico per asportare la cotica erbosa, rendendo il suolo privo di copertura vegetale (Fig. 24).

Come già evidenziato (vedi paragrafo 7.2.4.) la variazione più contenuta del popolamento apidico nel mese di aprile trova probabili spiegazioni nella disponibilità trofica offerta dal picco del periodo di antesi delle specie agrumicole ed in parte nel mantenimento di adeguate fasce marginali con specie vegetali erbacee ruderali. Il grafico di Fig. 66 conferma tale affinità dei popolamenti nel mese di aprile che vengono raggruppati in un unico cluster avente similarità del 40%, mentre i valori sono più bassi per gli altri mesi presi in considerazione per rappresentare le modificazioni del popolamento apidico di questo agroecosistema.

7.2.4. Indici di diversità dei popolamenti

Tutti i siti indagati mostrano elevati valori di ricchezza e diversità faunistica dei popolamenti apidici, espressa in termini assoluti dal numero di specie. Il numero di specie più elevato si rileva nel sito di comparazione di Leucatia, pari a 98 (Tab. 4); ciò trova spiegazione probabilmente nella maggiore estensione dell'area, nella maggiore diversificazione di habitat e di nicchie ecologiche e nel maggiore grado di connettività ecologica con altre aree pedemontane etnee nonché nella tipologia e nel prolungamento negli anni delle raccolte effettuate mirate a censire il maggior numero possibile di specie. Il dato sorprendente è rappresentato dall'elevata ricchezza e diversità del popolamento apidico nei due parchi urbani, con valori di 53 specie nel Parco degli Ulivi e 54 nel Parco Gioeni (Tabb. 7-8); ciò dimostra il loro ruolo importante come aree nodali per la tutela della biodiversità nell'ambito del tessuto urbano e perturbano di Catania. Il numero di specie è più basso ma sempre elevato nell'agroecosistema di Acicatena, pari a 47 (Tab. 5), mentre per il sito di San Gregorio tale valore sale a 67 (Tab. 6).

L'indice di diversità di Shannon-Weaver ha valori elevati in tutti e quattro i siti, compresi tra 2.0 e 2.5 (Tabb. 10-13; Figg. 67-69); tale indice è leggermente più elevato nei due parchi urbani. I valori dell'indice di diversità osservati sono indicativi di una situazione in cui esiste un elevato numero di specie rappresentate in modo prossimo-equivalente.

I valori dell'indice di Pielou mostrano valori elevati e tutti prossimi all'unità, corrispondenti a popolamenti in cui le specie presenti sono equipartite in termini di abbondanza di individui.

L’indice di Simpson ha un significato simile all’indice precedente, in quanto esprime il grado di equipartizione delle specie in termini di abbondanza; i valori ottenuti per i diversi siti indagati sono tutti prossimi all’unità, con valori lievemente superiori per i due parchi urbani, esprimendo pertanto una equa ripartizione delle specie presenti nei popolamenti.

Prendendo in considerazione le variazioni dell’indice di Shannon-Weaver nei diversi anni e nei diversi mesi di raccolta, separatamente per ciascuna stazione (Figg. 70-72) si evince come i valori più elevati di diversità apidica in tutti e quattro i siti indagati si riscontrano nei mesi di aprile-maggio in corrispondenza della presenza del massimo numero di specie vegetali (Angiosperme) che rappresentano, con le loro fioriture, la fonte trofica essenziale per tutti gli Apoidei. Prendendo in considerazione i tre anni d’indagine, non si rilevano differenze statisticamente significative nella variazione dell’indice di Shannon-Weaver.

Relativamente all’agroecosistema di Acicatena, sottoposto nell’anno 2009 a diserbo meccanico con l’asportazione delle specie erbacee (cotica erbosa), si rileva una lieve flessione dei valori, ad eccezione dei mesi di aprile-maggio, che nell’anno considerato hanno mantenuto valori similari. Complessivamente, i valori di diversità specifica non hanno pertanto subito variazioni significative e ciò è probabilmente da imputare a due ordini distinti di fattori:

- presenza di un prolungato periodo di antesi delle specie agrumicole, soprattutto nei mesi di aprile-maggio, che hanno assicurato adeguate fonti trofiche per la maggior parte della sepcie di Apoidei, anche di quelle meno

specializzate e con apparato boccale breve, grazie alla facile accessibilità dei nettarii;

- mantenimento di adeguate fasce marginali con vegetazione spontanea di tipo ruderale, che hanno offerto ulteriori fonti trofiche al popolamento apidico.

7.2.5. Analisi delle corrispondenze specie/stazioni

L'analisi delle corrispondenze specie/stazioni permette di ottenere un set ridotto di variabili non correlate in grado di fornire informazioni sintetiche contenute nelle variabili originarie, rappresentate graficamente in Figg. 73-75. Gli assi individuati esprimono una variabilità decrescente chiamata inerzia. Quest'ultima può essere scomposta nelle sue componenti dovute ad entrambe le variabili. E' pertanto possibile analizzare contemporaneamente le modalità di associazione delle stazioni in base alle specie e viceversa.

Dall'analisi del grafico relativo ai primi due assi (Fig. 73), che nel complesso esprimono il 77,2% dell'inerzia totale, è possibile individuare un gruppo di stazioni formato dai due parchi urbani (PG e PU) che mostrano una maggiore affinità reciproca e le posizioni isolate dell'agrumeto di Acicatena (AC) e della riserva naturale di San Gregorio (SG). L'affinità della struttura dei popolamenti apidici dei due parchi urbani, che conferma anche una loro affinità faunistica nella composizione in specie evidenziata precedentemente tramite l'analisi della matrice di presenza-assenza delle specie, è probabilmente dovuta alla loro notevole vicinanza su scala microgeografica, ad una affinità bioclimatica e vegetazionale, nonché di microhabitat e infine ad un'estensione simile. Il terzo asse (Fig. 74) invece

separa i due parchi urbani (PG e PU). I dati riportati nelle Tabb. 15-17 mostrano per ciascun asse le specie che maggiormente concorrono a determinare le affinità e le differenze tra le stazioni, aventi inerzia >1.5%. Le specie che separano i due parchi urbani dagli altri due siti sono soprattutto *Amegilla albigena*, *Osmia aurulenta*, *Osmia kohli*, *Osmia latreillei*, *Rhodanthidium sticticum*, *Chalicodoma sicula*, *Hoplitis anthocopoides* e *Andrena agilissima* che, sebbene non esclusive di questi siti, vi sono rappresentate con maggiore frequenza ed abbondanza (Tab. 15). Tre specie invece separano i due parchi urbani, segnatamente *Andrena fumida*, *Osmia notata* e *Lasioglossum laeve*, presenti nel Parco degli Ulivi ma non rinvenute nel Parco Gioeni (Tab. 17).

Dal grafico dell'analisi delle corrispondenze (Fig. 75) ottenuto considerando contemporaneamente le specie con valori di inerzia > 1.5% e le stazioni della Tab 18, in cui viene riportata la distribuzione delle abbondanze delle specie selezionate nelle stazioni indagate, è possibile avere una visione globale e più rappresentativa delle affinità fra i popolamenti apidici. In particolare, si evince come un folto gruppo di specie rappresentato da *Anthophora crassipes*, *Eucera algira*, *Nomioides* sp. (presenti solo presso Parco Gioeni), *Lasioglossum laeve*, *Osmia notata* e *Andrena fumida* (presenti solo presso Parco degli Ulivi), *Amegilla albigena*, *Osmia aurulenta*, *Chalicodoma sicula*, *Hoplitis anthocopoides*, *Andrena agilissima*, *Rhodanthidium sticticum*, *Osmia latreillei* e *Osmia kohli* e *Xylocopa iris*, siano maggiormente caratterizzanti per i due parchi urbani.

7.2.6. Fenologia dei popolamenti apidici

Analizzando la fenologia complessiva dei popolamenti apidici nei quattro siti indagati, si evince come il picco del numero di specie osservate si colloca tra aprile e maggio (Tabb. 2-3; Figg. 70-72) e ciò trova spiegazione essenzialmente nella presenza del maggior numero di specie vegetali in antesi. I popolamenti apidici mostrano invece una brusca diminuzione in termini di numero di specie nei mesi di giugno e soprattutto luglio-agosto, quando la maggior parte delle specie vegetali hanno già concluso il loro ciclo biologico (soprattutto le terofite).

E' stata anche condotta un'analisi di dettaglio della fenologia delle specie più abbondanti (Tabb. 2-3; Figg. 76-81), selezionando quelle presenti con un numero di esemplari maggiore o uguale a 10. In particolare si evidenziano i picchi di attività delle specie individuate; all'inizio del periodo primaverile le specie dominanti sono in assoluto *Eucera nigrescens* e *Andrena nigroaenea*, che mostrano un picco proprio nel mese di marzo. La maggior parte delle specie mostrano picchi di attività nei mesi di aprile-maggio e giugno (*Anthophora balneorum*, *Hoplitis acuticornis*, *Ceratina cucurbitina*, *Chalicodoma parietina* e *Osmia latreillei*). Altre specie evidenziano picchi di attività nel periodo tardo-primaverile ed estivo, come ad es. *Pseudoanthidium lituratum*, *Halictus asperulus* ed *Halictus fulvipes*.

7.2.7. Modalità di nidificazione e comportamento

L'analisi di alcuni caratteri eco-etologici, segnatamente la modalità di nidificazione ed il comportamento, è riportata in forma sintetica nella Tab. 19 e rappresentata graficamente in

Fig. 82. In particolare, per quanto concerne il primo aspetto, cioè la realizzazione del nido pedotrofico, si evince come la maggior parte delle specie (con percentuali variabili da 25 a 40%), in tutte e quattro i siti d'indagine, attui modalità ipergeiche, realizzando il proprio nido sopra il livello del suolo, sia utilizzando cavità preesistenti all'interno dei substrati più disparati, sia realizzando nuove cavità. Un numero consistente di specie (con percentuali variabili da 18 a 25%) attua modalità di nidificazione endogeica, utilizzando quindi il suolo come substrato per realizzare il proprio nido. Le specie che non realizzano nido, in quanto cleptoparassite, sono in numero molto più basso, comprese tra valori percentuali variabili da 2 a 7%) (Fig. 82).

Analizzando il comportamento, si evince come una parte preponderante dei popolamenti apidici sia rappresentata da specie solitarie, con percentuali variabili da 32 a 52%, mentre sono notevolmente inferiori i valori percentuali per le specie ad organizzazione pre-sociale (5-9%), eusociale (3-6%) e parassite (3-8%) (Fig. 82). Per quanto concerne la lunghezza dell'apparato boccale, distinto nelle tre tipologie "corto", "medio" e "lungo", si evince come la maggior parte delle specie sia ascrivibile alla terza tipologia, con valori percentuali variabili da 32 a 39%; le specie con apparato boccale corto variano da 8 a 15%, mentre quelle con apparato boccale medio variano da 4 a 15% (Fig. 82). In particolare, quest'ultimo gruppo è risultato preponderante nel sito di San Gregorio di Catania in maniera statisticamente significativa. Tale risultato conferma l'elevato grado di naturalità ecologica di questo sito e pertanto la notevole diversità floristica, comprendente una più ampia gamma di tipologie fiorali almeno rispetto sia all'agroecosistema

di Acicatena, che ai due Parchi urbani dove invece preponderano specie ornamentali.

7.2.8. Nesting trap

I risultati ottenuti dal nesting-trap sono stati modesti ed in gran parte vanificati da atti vandalici sulle trappole, soprattutto all'interno dei due parchi urbani. Ciò non permette di trarre dati significativi ed organici sui popolamenti apidici, essendo in gran parte frammentari. Tuttavia, dai nidi trappola collocati nel sito di Parco degli Ulivi sono stati ottenuti ripetutamente esemplari di *Osmia latreillei* (Spinola, 1806) (Figg. 83-84).

In particolare, da trappole collocate sul campo all'inizio dell'autunno del 2008, sono stati osservati e in seguito catturati in un periodo compreso tra il 17.03.2009 ed il 28.04.2009,185 esemplari, dei quali 124 maschi e 61 femmine, con un valore di *sex ratio* pari a 2,032. Inoltre, è stato documentato un caso di parassitismo da parte dell'Imenottero Sapygidae *Sapyga quinquepunctata* (Fabricius, 1781) (Fig. 85). Questa specie ha distribuzione circumediterranea ed era già nota di Sicilia (Turrisi, 1999). Inoltre, è stata segnalata come parassitoide di Apoidei del genere *Osmia* (Vicens et al., 1994), ma non era nota come parassitoide di *O. latreillei*.

7.3. Frammentazione ambientale e connettività ecologica

7.3.1. Biopermeabilità e corridoi ecologici

La frammentazione del paesaggio ed i cambiamenti in atto nella fascia pedemontana etnea fanno sì che le chiazze isolate

spesso siano di estensione troppo limitata per sostenere popolazioni vitali di Apoidei e di altri impollinatori. Queste piccole popolazioni locali sono sempre a rischio di scomparsa in seguito anche a piccole variazioni ambientali che possono determinare elementi di criticità anche di notevole rilievo. Il riferimento è soprattutto ad aree marginali incolte o di "sistema" facenti parte cioè dell'arredo urbano, come le aiuole, i filari di cespugli, arbusti o alberi. Una popolazione costituita da un numero esiguo di individui può infatti non essere autosufficiente per l'automantenimento ed essere pertanto soggetta ad una accentuata erosione non controbilanciata da resilienza. Quando queste piccole popolazioni non sono collegate ecologicamente e funzionalmente, a causa di accentuati fenomeni di frammentazione della matrice ambientale, tale processo di erosione può determinare anche la scomparsa locale di specie e modificare notevolmente le reti trofiche e la composizione della vegetazione, per la difficoltà o l'impossibilità di assicurare i processi di impollinazione per determinate specie vegetali. La superficie complessiva dei frammenti (*patches*) di habitat può offrire le necessarie possibilità per popolazioni più durevoli delle specie di impollinatori. La possibilità di mantenere popolazioni vitali di specie e comunità apidiche dipende pertanto dal mantenimento di adeguati livelli qualitativi degli ecosistemi e degli habitat e da una significativa connettività ecologico-funzionale. In linea generale, la connettività ecologico-funzionale in una matrice ambientale deriva da:

1. tutte le principali unità funzionali della rete ecologica: nodi o *core areas*, aree di collegamento continue e lineari, aree di collegamento continue e diffuse o *stepping stones* e zone cuscinetto, o *buffer zones*;

2. differenziazione delle unità funzionali ecosistemiche composite in aree aventi funzioni ecologiche efficienti e in aree da riqualificare, includendo sia le aree di collegamento (lineari o diffuse) che le *stepping stones*.

Sulla base dei caratteri ambientali dell'area vasta, individuata mediante buffer di 4 km dove ricadono i siti di indagine, è stato individuato il reticolo che consente di apprezzare il grado di connettività ecologica potenziale (Fig. 86). In particolare, è stata adottata una scala qualitativa con tre categorie che individuano aree a connettività ecologica trascurabile, media ed elevata. Tale rappresentazione permette di stimare in maniera oggettiva l'estensione relativa delle tipologie individuate e quindi di stimare il grado di frammentazione ambientale.

Una prima considerazione da fare è che la componente a biopermeabilità trascurabile, corrispondente essenzialmente al tessuto urbanizzato, è preponderante in tutti i siti indagati (Fig. 91), oscillando tra il 35% (Acicatena) ed il 70% (Parco Gioeni) del buffer considerato. Ciò riflette con ogni evidenza i caratteri di "insularità" in senso ecologico, su scala micro geografica, di tutti i siti presi in considerazione per l'indagine.

Gli altri siti mostrano valori rispettivamente del 45% (San Gregorio), 62% (Leucatia) e 65% (Parco degli Ulivi).

Le aree a biopermeabilità media sono di modesta o moderata estensione, variando dal 10% al 20% del totale, con valori similari tra le varie aree. Infine, la matrice ad elevata biopermeabilità risulta variabile da un valore del 18% (Parco Gioeni) al 50% (Acicatena). Gli altri siti mostrano valori del 20% (Parco degli Ulivi), 23% (Leucatia) e 35% (San Gregorio) (Fig. 91).

I due Parchi urbani risultano, come prevedibile, i siti caratterizzati da un più elevato grado di isolamento in senso ecologico-funzionale (Figg. 89-90), visto che ricadono in ambiti fortemente urbanizzati, uno dei quali (Parco Gioeni) ai margini del centro storico di Catania. L'altro, il Parco degli Ulivi, ricade in aree periferiche della città medesima, e fino ad un decennio fa si caratterizzava per un buon grado di connessione ecologica, mentre attualmente risulta compromesso per l'estesa urbanizzazione dell'area vasta.

Anche l'area della Leucatia, pur distinguendosi per la notevole ricchezza del popolamento apidico, risulta attualmente fortemente isolata eco-funzionalmente sulla base dell'elevata superficie della matrice urbanizzata. Le aree a minore grado di isolamento, relativamente al contesto considerato, sono San Gregorio ed Acicatena, anche per la sussistenza di aree a biopermeabilità media, oltre che elevata.

Considerando l'area urbana di Catania e le distanze dei singoli siti, si evince come la superficie relativa caratterizzata da biopermeabilità trascurabile sia strettamente correlata con la distanza dei diversi siti dall'area metropolitana, come del resto era logico attendersi. Infatti, all'aumentare della distanza del sito dall'area metropolitana catanese, la superficie a biopermeabilità elevata aumenta notevolmente.

Per valutare il grado di isolamento ecologico-funzionale su base cartografica, è opportuno anche prendere in considerazione la distribuzione locale delle singole componenti distinte in base alla biopermeabilità. In particolare, è opportuno considerare lo sviluppo in senso lineare di queste componenti che svolgono un ruolo funzionale di corridoi ecologici, rispetto alle altre aree che invece svolgono essenzialmente un ruolo

come aree di mantenimento della biodiversità (cosiddette "*stepping zones*").

Prendendo in considerazione la rappresentazione cartografica delle aree suddivise in base al grado di biopermeabilità (Fig. 92) si rileva come il maggior grado di connettività ecologica si snodi lungo l'entroterra ionico a nord di Catania, per la presenza di un esteso reticolo di corridoi ecologici. L'area a nord ovest dell'area metropolitana etnea, invece, evidenzia la preponderanza di territori a connettività ecologica bassa, mentre i territori a nord ovest di quest'area evidenzia una connettività ecologica bassa e media. Passando ad esaminare i singoli siti, si evince come i due Parchi urbani, nonostante siano caratterizzati da un maggiore isolamento micro geografico, ospitino popolamenti apidici relativamente ricchi e diversificati (Tabb. 7-8), con una preponderanza di specie ad ampia distribuzione e notevole valenza ecologica.

Sulla base della biopermeabilità rappresentata cartograficamente in Fig. 86, e tenendo in considerazione la contiguità o continuità spaziale del reticolo costituito dalle aree a biopermeabilità media ed elevata, sono stati individuati i caratteri di connettività ecologica. In particolare, si evince come la maggior diffusione di corridoi ecologici ad elevata biopermeabilità si abbia in una vasto territorio posto a est e nord-nordest rispetto al sito di San Gregorio, mentre un vasto territorio a sudest rispetto ai siti di Leucatia e dei Parchi urbani si caratterizza per la quasi assenza di corridoi ecologici. A nordovest di questi siti, invece, i corridoi ecologici mostrano uno sviluppo moderatamente ampio, mentre risulta limitato nella parte posta all'estremo sud (Fig. 92). In buona sostanza, l'area metropolitana etnea, nella sua attuale estensione territoriale, pone il più serio elemento di minaccia per la possibilità di

scambio fra i popolamenti apidici e rappresenta l'elemento di maggiore criticità per il mantenimento di adeguati livelli di biodiversità, soprattutto dei due Parchi urbani e del sito di Leucatia. Il sito di San Gregorio, evidenzia un sensibile grado di isolamento ecologico-funzionale lungo le direttrici est e nordovest, e quindi con altre importanti aree pedemontane etnee prossime al perimetro del Parco dell'Etna. L'agrosistema di Acicatena, ricade in una matrice ambientale caratterizzata da una buona connettività ecologica in tutte le principali direttrici ed un buon sviluppo dei sistemi lineari di collegamento. Molte di queste aree di collegamento ecologico-funzionale sono rappresentati da agrumeti. I processi di frammentazione, tuttora in stato di accentuazione nell'area vasta dove ricadono i siti di indagine, permettono la coesistenza di aree caratterizzate da estese conurbazioni, di altre coltivate, ed altre ancora attualmente in abbandono post-colturale, così come aree marginali "a verde" rappresentate da parchi pubblici e giardini privati. Tale mosaico ambientale caratterizzato da un grado di frammentazione medio-alto (Figg. 86-92) è il fattore primario che ha determinato, soprattutto nel corso del secolo appena trascorso, una drastica riduzione dei processi di scambio di individui tra popolazioni diverse, e pertanto ha contrastato con i processi funzionali che sono alla base del mantenimento di adeguati ed ottimali livelli di biodiversità legati alle potenzialità ambientali del sito. A tal riguardo è opportuno evidenziare come i processi di frammentazione della matrice ambientale abbiano effetti diversificati sulla base dei tratti ecologici generali dei gruppi zoologici considerati e, più in dettaglio, delle caratteristiche autoecologiche delle singole specie. Tali effetti differenziati riflettono le loro azioni attraverso il "rimodellamento" delle comunità animali che assumono così tratti peculiari, dove la scomparsa di alcune specie viene accompagnata da

variazioni nell'abbondanza di altre specie, generalmente a più ampia valenza ecologica. Non è possibile naturalmente ricostruire come le comunità apidiche siano cambiate nel corso del tempo, nei vari siti presi in considerazione per la presente indagine, a causa dell'assenza di monitoraggi estesi nel tempo che possano restituire dati comparativi sia qualitativi che quantitativi. I dati ottenuti sono pertanto una base di inizio per futuri approfondimenti e comparazioni. In linea teorica, i popolamenti apidici, sulla base delle trasformazioni ambientali che hanno interessato la matrice ambientale dove ricadono i siti indagati, possono aver subito modificazioni con processi selettivi delle comunità in dipendenza soprattutto della qualità e quantità delle fonti trofiche e dei siti di nidificazione, in dettaglio:

1. **scomparsa** locale di alcune specie, soprattutto di quelle più rare, stenoecie (con selezione specifica di habitat, fonte trofica e sito di nidificazione) e ai margini di areali già frammentati per cause naturali, in dipendenza della loto autoecologia e dei modelli di diffusione locale;
2. **alterazione** dei valori di abbondanza di alcune specie, generalmente con aumento di tali valori per le specie a più ampia valenza ecologica;
3. **dispersione** e **colonizzazione** del sito da parte di specie ad ampia vagilità che per processi casuali o attivi, possono raggiungere un sito e trovare possibilità di successo ecologico, ad es. per la presenza di fonti trofiche adeguate e siti di nidificazione ottimali.

Naturalmente i tre processi ecologici avvengono in maniera concomitante e combinata e non sono pertanto processi disgiunti. Per quanto concerne la scomparsa di specie, non disponiamo di dati storici che permettano di verificare tali eventi

su scala così dettagliata. Quanto all'alterazione dei valori di abbondanza delle singole specie, anche in questo caso non possiamo effettuare confronti storici. I processi di colonizzazione del sito dipendono in massima parte dalle capacità di dispersione e quindi dalla vagilità delle specie, essenzialmente in dipendenza delle sue capacità di volo. Ma questo processo ecologico dipende anche dalla presenza di adeguate fonti trofiche e di siti di nidificazione, nonché dalla composizione dei popolamenti biologici, che determina gradi differenziati nell'occupazione degli habitat e delle nicchie in un determinato sito, attraverso processi di competizione. In letteratura, sono scarsi i dati riguardanti la capacità di dispersione delle specie di Apoidei, sebbene sia possibile fare delle stime di carattere generale.

Un tratto ecologico generale degli Apoidei è legato alla disgiunzione fra sito di nidificazione e siti di foraggiamento, che spesso hanno caratteri ecologici molto diversi fra di loro. Relativamente alle specie endogeiche, nidificanti in cavità del suolo o su pareti, spesso in aree acclivi poco accessibili e soggette a minore disturbo antropico, i siti di foraggiamento ricadono anche in aree ad elevato disturbo antropico, ad esempio parchi e giardini o aree coltivate, talora con presenza di specie vegetali alloctone, espressione di processi ecologici involutivi, con semplificazione delle pre-esistenti comunità vegetali. Tale aspetto dell'ecologia degli Apoidei spiega l'esistenza di comunità talora relativamente ricche e differenziate anche in aree fortemente disturbate, come ad esempio i due parchi urbani, Parco Gioeni e Parco degli Ulivi. Infatti, le specie vegetali pre-esistenti nei due parchi urbani, in parte scomparse o ridotte nella loro estensione (un esempio rilevante è dato da due specie di Fabaceae, *Calicotome infesta*

(C. Presl) Guss. e *Spartium junceum* L., che caratterizzano gli arbusteti derivanti dalla degradazione del mantello forestale della fascia pedemontana etnea, ottima fonte trofica per molte specie di Apoidei) sono state sostituite o affiancate da altre specie alloctone aventi funzione ornamentale, che ecologicamente hanno determinato adeguate fonti trofiche per le specie di Apoidei (ad esempio *Lantana* spp.).

La capacità di spostamento da parte degli Apoidei è estremamente variabile, a seconda delle specie, per quanto noto in letteratura, da poche centinaia di metri (circa 200 m) in *Pithis smaragdula* (Abrol & Kapil, 1994) e 23 km in *Euplusia surinamensis* (Janzen, 1971). Diversi studi evidenziano una correlazione positiva e significativa tra le dimensioni degli individui e la capacità di spostamento (Abrol & Kapil 1994; van Nieuwstadt & Ruano Iraheta 1996; Gathmann & Tscharntke, 2002; Greenleaf et al., 2007), sebbene nelle specie del genere *Bombus* sia stata riscontrata tale correlazione (Knight et al., 2005). La correlazione positiva tra dimensioni corporee e maggiore capacità di spostamento viene spiegata in base all'aumento di energia disponibile nelle specie di maggiori dimensioni. La capacità di spostamento, negli studi citati precedentemente, è correlata alle distanze percorse dagli individui per spostarsi dai siti di nidificazione a quelli di foraggiamento, che possiamo assimilare alla capacità di spostamento generale della specie per espletare le principali funzioni vitali. Come dato generale, la capacità di spostamento delle specie di Apoidei aventi dimensioni medie (circa 7-9 mm), è stata stimata in 1-2 km, intendendo la dispersione degli individui dai siti di nidificazione ai siti di foraggiamento (Cane 2001).

L’assunto è che specie con individui di dimensioni minori (< 7 mm) sono capaci di spostamenti di minore entità e, di converso, specie con individui di maggiori dimensioni (> 9 mm) sono in grado di effettuare spostamenti di maggiore entità. Alla luce di quanto sopra esposto, basato su diverse osservazioni dirette di campioni di specie (Cane, 2001) è stata fatta la scelta dell’ampiezza del buffer attorno al sito di indagine per stimare l’area di influenza ecologica nei processi di dispersione delle specie nei territori indagati e correlarli con lo stato di frammentazione della matrice ambientale (cfr. Fig. 86).

La Regione Sicilia, con la realizzazione del Progetto Nazionale “Carta Natura” (Fig. 94) ha individuato una carta preliminare dei corridoi ecologici, elaborata su una base cartografica 1:25.000 ma disponibile sia in scala 1:250.000 che 1:50.000. Questo modello proposto di rete ecologica, seppur molto semplificata, rappresenta una base documentale di partenza essenziale per gli studi di pianificazione ambientale del territorio regionale. È comunque opportuno evidenziare come tale carta, essendo un documento di base e non di dettaglio si limiti alla sola individuazione della ordinatura e scheletro della rete ecologica regionale e quindi all’individuazione dei nodi, delle aree di collegamento potenziale e dei relativi indici e matrici. La cartografia prodotta fornisce una visione ecologico-naturalistica d'insieme del territorio regionale, presumibilmente di più facile lettura ed utilizzo da parte degli organi regionali e locali, utilizzabile per le differenti fasi della pianificazione territoriale. Analizzando i siti oggetto d’indagine, incluso quello di riferimento di Leucatia, si evince come la Rete Ecologica Siciliana attualmente includa soltanto l’area della Riserva Naturale Integrale Complesso

Immacolatelle-Micio Conti, che costituisce anche un SIC facente parte della Rete Natura 2000.

Altri nodi della RES che ricadono nella maggior parte del comprensorio etneo sono rappresentati dali seguenti SIC, alcuni dei quali prossimi o coincidenti con i siti oggetto specifico d'indagine:

- ITA070001 FOCE DEL FIUME SIMETO E LAGO GORNALUNGA
- ITA070002 RISERVA NATURALE F. FIUMEFREDDO
- ITA070003 LA GURNA
- ITA070004 TIMPA DI ACIREALE
- ITA070006 ISOLE DEI CICLOPI
- ITA070008 COMPLESSO IMMACOLATELLE, MICIO CONTI, BOSCHI LIMITROFI
- ITA070021 BOSCO DI S.MARIA LA STELLA
- ITA070022 BOSCO DI LINERA

Tutti questi siti costituiscono in atto gli unici della fascia pedemontana dell'Etna che possano assolvere al ruolo di aree nodali nella definizione dei corridoi ecologici, ma la matrice ambientale in cui ricadono sta sempre più perdendo caratteri di biopermeabilità e pertanto la loro connettività ecologica reciproca e con i siti oggetto d'indagine è passibile di deterioramento nel breve-medio termine.

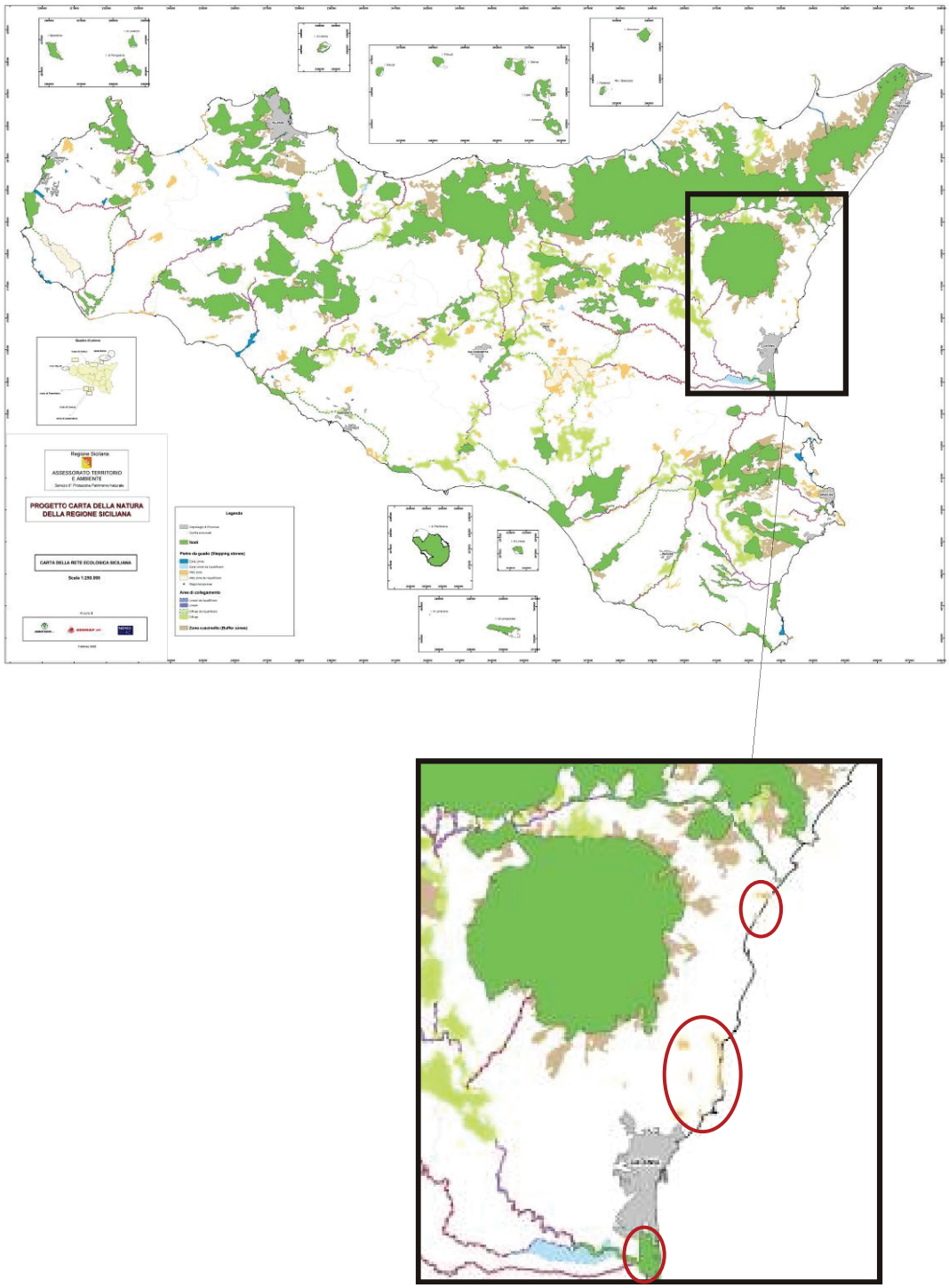


Fig. 94. Carta della Natura della Sicilia, con indicazione della Rete Ecologica, definita dal sistema di aree protette. Nel riquadro in basso, dettaglio dell'area vasta dove ricadono i siti di indagine ed evidenziati in rosso le aree nodali della RES prossimi ai siti d'indagine.

7.3.2. Valutazione della frammentazione ambientale mediante il modello biogeografico delle isole

L'analisi di regressione lineare del numero di specie sulla superficie dei siti indagati evidenzia (Fig. 93) nel complesso una buona congruenza con i ben noti modelli di biogeografia insulare (Mac Arthur & Wilson, 1967).

Questo dato evidenzia come tutti i siti presi in considerazione per l'indagine e quello di comparazione relativo a Leucatia, siano approssimabili a isole in senso ecologico-funzionale. Ciò è da attribuire senz'altro alla matrice ambientale nella quale si collocano, interessata da estesi ed intensi processi di antropizzazione che ne hanno determinato una notevole frammentazione.

I punti di dispersione relativi ai due parchi urbani, Parco Gioeni e Parco degli Ulivi, all'agrosistema di Acicatena,si approssimano molto bene alla "migliore retta" individuata dal modello, mentre quelli relativi alle due aree di Leucatia e R.N.I. Complesso Immacolatelle-Micio Conti (San Gregorio di Catania) si collocano marginalmente ai limiti fiduciali del 95% calcolati per la medesima retta (Fig. 93). In particolare, il sito di Leucatia evidenzia un maggiore rapporto specie-superficie rispetto agli altri siti e quindi una maggiore ricchezza relativa del suo popolamento apidico. L'inverso può dirsi per il sito R.N.I. Complesso Immacolatelle-Micio Conti (San Gregorio di Catania), che evidenzia un rapporto specie-superficie più basso rispetto al valore previsto dalla retta e pertanto un certo carattere di "insularità" in senso ecologico.

8. Conclusioni

I dati a disposizione permettono di affermare che più del 75% delle colture maggiori e più dell'80% di tutte le Angiosperme si affidano per l'impollinazione ad un mediatore animale. Tra questi gli Insetti, in primo luogo gli Imenotteri, sono responsabili del 73% dell'impollinazione entomofila. Gli Apoidei, in particolare, dato il ruolo ecologico e l'elevato numero di specie, assumono una posizione strategica nella valutazione dello stato di conservazione degli ecosistemi. La presente ricerca evidenzia la notevole ricchezza del popolamento apidico della fascia pedemontana dell'Etna, anche se in presenza di siti prossimi all'area metropolitana etnea e caratterizzati da una matrice ambientale con un grado elevato di antropizzazione e frammentazione.

Alla luce dei dati ottenuti sulla composizione e la dinamica dei popolamenti apidici, è evidente come questo gruppo di Imenotteri rivesta un ruolo preminente in qualità di strumento per: 1) valutare il grado di compromissione del territorio; 2) valutare il ruolo ecologico delle aree marginali con elevati indici di diversità; 3) predisporre strumenti di conoscenza della biodiversità al fine di individuare le aree più sensibili in senso ecologico e meritevoli pertanto di maggiore tutela soprattutto in fase di predisposizione ed attuazione delle linee strategiche di pianificazione territoriale (piano paesistico-territoriale, piano regolatore generale); 4) definire con maggiore accuratezza i nodi della Rete Ecologica Locale, in vista di una corretta strategia di gestione del territorio.

L'analisi di regressione lineare del numero di specie sulla superficie dei siti indagati evidenzia (Fig. 93) come tutti i siti presi in considerazione per l'indagine e quello di comparazione

di Leucatia, siano approssimabili a isole in senso ecologico-funzionale. Questo è da correlare alla situazione della matrice ambientale nella quale ricadono, caratterizzata da estesi ed intensi processi di antropizzazione che ne hanno determinato una notevole frammentazione. Risulta pertanto evidente il ruolo ecologico di questi frammenti territoriali come “serbatoio di biodiversità”.

Lo studio della fenologia dei popolamenti apidici evidenzia come il picco di attività delle specie e pertanto il massimo dell’abbondanza in termini di numero di esemplari, si rilevi in corrispondenza del periodo primaverile, in particolare nei mesi di marzo-maggio. Tale dato dovrebbe suggerire di adeguare le modalità di gestione per modificare e limitare gli interventi durante questo picco di attività e di massima diversità, evitando così impatti ecologici negativi. In particolare, le attività di sfalciamento della vegetazione erbacea dovrebbero essere procrastinate alla fine della primavera, dopo la fioritura della maggior parte delle Angiosperme, anche e soprattutto nelle aree marginali, che giocano un ruolo basilare in tutte le tipologie ambientali, soprattutto negli agroecosistemi (come verificato nel sito di Acicatena). Inoltre, risultano strategiche tutte le misure di prevenzione e repressione degli incendi, la cui incidenza ecologica negativa determina un impoverimento della ricchezza floristica e della disponibilità trofica per tutti gli Apoidei. Tale fattore di pressione antropica è più rimarchevole soprattutto nelle aree marginali ed in particolare nel Parco degli Ulivi, dove purtroppo gli episodi di incendio hanno una certa frequenza. Un altro aspetto di fondamentale importanza per la tutela degli Apoidei è dato dalla disponibilità adeguata di siti idonei per la nidificazione. Questi siti sono rappresentati da aree a basso grado di disturbo antropico, diretto ed indiretto, come scarpate

o aree pianeggianti con substrato fine con scarsa copertura vegetale (specie di Apoidei endogeiche), pareti rocciose, aree ruderali, arbusteti (specie di Apoidei ipergeiche).

Questi aspetti, unitamente alla tutela di adeguati livelli di connettività ecologica del territorio, risultano pertanto fondamentali per la tutela della diversità apidica ed in generale per il mantenimento di adeguati livelli di biodiversità.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento va al Dott. Vittorio Nobile per la fondamentale assistenza fornita nel corso dell'identificazione del materiale di Apoidei. Si ringraziano inoltre i colleghi Antonio Adorno e Matteo Dossena per aver collaborato durante la fase di elaborazione statistica dei dati.

Bibliografia

Abrol D.P. & Kapil R.P., 1994. On homing ability and pollination effectiveness of bees. Mysore Journal of Agricultural Sciences, 28: 249-252.

Aizen, M. A. & Feinsinger R., 1994a. Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feral honey bees in Argentine “Chaco Serrano." Ecological Applications 4: 378-392.

Alcock J., 1989. Size variation in the anthophorid bee Centris pallid. New evidence on its long term maintenance. Journal of the Kansas Entomological Society 62: 484-489.

Allen-Wardell G., Bernhardt P., Bitner R., Buquez A., Buchmann S., Cane J., Cox P.A., Dalton V., Feinsinger P., Ingram M., Inouye D., Jones C.E., Kennedy K., Kevan P., Koopowitz H., Medellin R., Medellinmorales S., Nabhan G.P., Pavlik B., Tepedino V., Torchio P, Walker S, 1998. The potential cosequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. Conservation Biology 12, 8-17.

Andrén H., 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat. Oikos 71: 355-366.

Ashlock P.D., 1971. Monophyly and associated terms. Systematic Zoology, 20: 63-69.

Ashlock P.D., 1972. Monophyly again. Systematic Zoology, 21: 430-438.

Banaszak J., 1995. Natural resource of wild bees in Poland and an attempt at estimation of their changes. In Banaszak J. Changes in Fauna of wild bees in Europe, Bydgoszcz, Pedagogical University: 127-146.

Bascompte J. & Sole R.V., 1996. Habitat fragmentation and extinction thresholds in spatially explicit models.Journal of Animal Ecology 65: 465-473.

Bella S. & Musmeci M., 2004. Catania Verde: un modo diverso per conoscere la città. Cavallotto Edizioni: 48 pp.

Bienvenu R.J., Atchison F.W., Cross E.A., 1968. Microbial inhibition by prepupae of the alkali bee, *Nomia melanderi*. Journal of invertebrate Pathology 12: 278-282.

Biesmeijer J., Roberts S.P.M., Reemer M., Müller R., Edwards M., Peteter T., Schaffers A.P., Potts S.G., Kleukers R., Thomas C.D., Settele J., Kumin W.E., 2006. Parallel declines in pollinators and insect pollinated plants in Britain and the Netherlands. Science, 313: 351- 354.

Bolger D.T., Suarez A.V.Z., Crooks K. R., Morrison S. A., Case T.J., 2000. Arthropods in urban habitat fragments in southern Califomiaz Area, age, and edge effects. Ecological Applications, 10:1230-1248.

Brothers D.J., 1975. Phylogeny and classification of the aculeate Hymenoptera, with special reference to Mutillidae. University of Kansas Science Bulletin, 50 (11): 483–648.

Brothers D.J., 1999. Phylogeny and evolution of wasps, ants and bees (Hymenoptera, Chrysidoidea, Vespoidea and Apoidea). Zoologica Scripta, 28: 233-249.

Budrys E., 2001. On the origin of nest building behavior in digger wasps. Norwegian Journal of Entomology, 48: 45-49.

Cane J.H., Tepedino V.J., 2001. Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence and consequences. Conservation Ecology, 5 (1): 1.

Cane J.H., 2001. Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? Conservation Ecology 5. Online URL http://wwwconsecolorg/vol5/iss1/art3.

Chapin F.S., Walker B.H., Hobbs R.J., Hooper D.U., Lawton J.H., Sala O.E., Tilman D., 1997. Biotic control over the functioning of ecosystem. Science, 277: 500-503.

Clarke K.R. & Warwick R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. Plymouth Marine Laboratory, PRIMER-E Ltd, Plymouth. pp. 234.

Cluzeau S., 2002. Risk assessment of plant protection products on honey bees: regulatory aspects. *In*: Devillers J., Pham-Delègue M.-H. (eds.) Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals. Taylor & Francis, London, UK: 42-55.

Connor E.F., Courtney A.C., Yoder M., 2000. Individuals-area relationships: The relationship between animal population density and area. Ecology, 81: 734-748.

Contessi A., 2005. Le api. Biologia, allevamento, prodotti. Edagricole: 497 pp.

Corbet S.A., Williams I.H., Osborne J.L., 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. Bee World, 72: 47-59.

Davies K.F., Margules C.R., Lawrence J.F., 2000. Which traits of species predict population declines in experimental forest fragments? Ecology, 81: 1450-1461

Debinski D.M., Holt R.D., 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. Conservation Biology, 14: 342-355.

Dias B.S.F., & Raw Imperatriz-Fonseca V.L., 1999. The Sao Paolo Declaration on Pollinators. Report on the Recommendations of the Workspop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agricolture with Emphasis on Bees. Ed. Brazilian Ministry of Environment: 51 pp.

Digby P.G.N. & Kempton R.A., 1997. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman & Hall, London: 207 pp.

Diniz M., 1963. A nervacao alar dos Himenopteros. Memorias e Estudos do museozoologica Da Universidade de Coimbra, 282: 1- 26.

Dobson A., Ralls K., Foster M., Soulé M.E., Simberloff D., Doak D., Estes J.A., Mills L.S., Mattson D., Dirzo R., Arita H., Ryan S., Norse E.A., Noss R.F., Johns D., 1999. Corridors: reconnecting fragmented landscapes. *In*: Soulé M.E., Terborgh J. (eds.). Continental Conservation. The Wildland Project. Island press, Washington D.C.: 129-170.

D'Urso V., Siracusa G., Licciardello G., Tomaselli G., 2001. Il ruolo degli agrumeti etnei e dei manufatti edilizi connessi nella costruzione dei reti ecologiche periurbane. La biodiversità nei paesaggi agrari e forestali. Collana Siciliana Foreste, 15: 99-126.

Engel M.S., 2005. Family-Group Names for Bees (Hymenoptera: Apoidea). American Museum Novitates, 3476: 1-33.

Felicioli A., Strumia F., Filippi L., Pinzauti M., 1998. Observation on the ralation between orchids of the genus Srapias and their pollinators in an area of central Tuscany. Frustula entomologica, 21: 103-108.

Frilli F, Barbattini R., Milani N., 2001. L'ape. Forme e funzioni. Edagricole: 112 pp.

Fussell M. & Corbet S.A., 1991. Forage for bumble bees and honey bees in farmland: a case study. Journal Apiculture Research, 30: 87-97.

Fussell M. & Corbet S.A., 1992. Flower usage by bumble-bees: a basis for forage plant management. Journal of Applied Ecology, 29: 451-465.

Gamble D.L., Washburn S.W., Mitsch W.J., 2004. Macroinvertebrate abundance and diversity in two ten-year-old created wetlands. Olentangy River Wetland Research Park. Ohio.

Gathmann A. & Tscharntke T., 2002. Foraging range of solitary bees. Journal of Animal Ecology, 71: 757-764.

Gerola F.M., 1995. Biologia e diversità dei vegetali. Utet, Torino: 855 pp.

Gibb H. & Hochuli D.F., 2002. Habitat fragmentation in an urban environment: large and small fragments support different arthropod assemblages. Biological Conservation, 106 (1): 91-100.

Grandi G., 1984. Introduzione allo studio dell'Entomologia. Edagricole, Volume 2. Endopterigoti: 1332 pp.

Greenacre M.J. & Vrba E.S., 1984. Graphycal display and interpretation of antelope census data in African wildlife areas, using correspondence analysis. Ecology, 65: 984-997.

Greenleaf S.S., Williams N.M., Winfree R., Kremen C., 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. Oecologia, 153: 589-596.

Hanski I., 1999. Habitat connectivity, habitat continuity, and metapopulation in dynamic landscapes. Oikos, 87: 209-219.

Henle K., Davies K.F., Kleyer M., Margules C., Settele J., 2004. Predictors of species sensitivity to fragmentation. Biodiversity and Conservation, 13: 207-251.

Herrera C.M., 1988. Variation in mutualisms: The spatio·temporal mosaic of a pollinator assemblage. Biologicaljournal of the Linnean Society, 35: 95-125.

Holt R.D., Lawton J.H., Polls G.A., Martinez N.M., 1999. Trophic rank and the species-area relationship. Ecology, 80: 1495-1504.

Houston T.F., 1983. An extraodinary new bee and adaptation of palpi for nectar-feeding in some Australian Colletidae and Pergidae. Journal of the Australian Entomological Society, 22: 263-270.

Houston T.F., 1991 Ecology and behavior of the bee Amegilla (Asaropoda) dawsoni (Rayment) with notes on related species. Records of the Western Australian Museum, 15: 785-798.

Hruska K., 2000. Ecologia Urbana. CUEN, Napoli: 5-279.

Intoppa F., Piazza M.G., Bolchi Serini G., 1997. Elementi morfologici per una chiave dei sottogeneri di *Bombus* Latreille s.l e *Psithyrus*

Lepeletier s.l presenti in Italia (Hymenoptera Apidae Bombinae. Boll Zool. Agr. Bachic., 29 (1): 1-43.

James F.C. & McCulloch C.E., 1990. Multivariate analysis in ecology and systematics: Panacea or pandora's box?. Annual Review of Ecology and Systematics, 21: 129-166.

Jander R., 1976. Grooming and pollen manipulation in bees (Apoidea): the nature and evolution of movements involving the foreleg. Physiological Entomology, 1: 174-179

Janzen D.H., 1971. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. Science, 171: 203-205.

Johansen C.A., Mayer D.F., Stanford A., Kious C., 1982. Alkali bees: their biology and management for alfalfa seed production in the Pacific Northwest, Pacific Northwest Cooperative Extension Bulletin 155, USA.

Johnson S.D. & Steiner K.E., 2000. Generalization versus specialization in plant pollination systems. arenas in Ecology and Evolution, 15: 140-143.

Kevan P.G., 1975. Forest application of the insecticide Fenitrothion and its effect on wild bee pollinators (Hymenoptera: Apoidea) of lowbush blueberries (*Vaccinium* spp.) in southern New Brunswick, Canada, Biological Conservation, 7: 301-309.

Kevan P.G. & LaBerge W.E., 1978. Demise and recovery of native pollinator populations through pesticide use and some economic implications. *In*: Caron D.M. (ed.) Proceedings of the 4th International Symposium on Pollination, College Park, MD, USA: 489-508.

Klein A.-M., Vaissiere, B.E., Cane J.H., Steffan-Dewenter I., Cunningham, S.A., Kremen C., Tscharntke T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc. R. Soc. B, 274: 303-313.

Knight M.E., Martin A.P., Bishop S., Osborne J.L., Hale R.J., Sanderson R.A., 2005. An interspecific comparison of foraging range and nest density of four bumblebee (*Bombus*) species. Molecular Ecology, 14: 1811-1820.

Kremen C., Williams N.M., Bugg R.I., Fay J.P., Thorp R.W., 2004. the area requirements of ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. Ecol. Lett., 7: 1109-1119.

Kremen C., Williams N.M., Thorp R.W., 2002. Crop pollination from native bees at risck from agricultural intensifications. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 99: 16812-16816.

Kristjansson K. & Pinzauti M., 1995. Chiave semplificata per la determinazione generica degli Apoidei italiani (Hymenoptera Apoidea). Apicoltura, 10: 1-32.

Kronenberg S. & Hefetz A., 1984. Comparative analysis of Dofour's gland secretions of two carpenter bees (Xylocopinae: Anthophoridae) with different nesting habits. Comparative Biochemistry and Physiology, B 79: 421-425.

Laroca S., Michener C.D., Hofmeister R.M., 1989. Long mouthparts among " short-tongued" bees and the fine structure of the labium in *Niltonia*. Journal of the Kansas Entomological Society, 62: 400-410.

Longo S., 2002. Ruolo degli agroecosistemi nella conservazione della biodiversità. Tecnica Agricola, 3-4 : 73-79.

Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J.P., Hector A., Hooper D. U., Huston M.A., Raffaelli D., Schmid B., Tilam D., Wardle D.A., 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. Science, 2994: 804-808.

Lucas de Olivera B., 1960. Mudas ontogeneticas em larvas el Melipona nigra schencki Gribodo. Bollettin da Universidade do Paranà, Zoologia, 2: 1-16.

Lundberg J. & Moberg E., 2003. Mobile link organisms and ecosystem functioning: Implications for ecosystem resilience and management. Ecosystems, 6: 87-98.

MacArthur R.H. & Wilson E.O., 1967. The theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Maccagnini B., 1996. *Bombus terrestris*. Informatore Fitopatologico, 5:25-31.

Magurran A.E., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell publishing. Oxford, UK. pp.

Malyshev S.I., 1935. The nesting habits of solitary bees. Eos 11: 201-309, pls. III-XV.

Matheson A., Buchmann S.L., O'Toole C., Westrich P., Williams I.H. eds., 1996. The conservation Biology of bees London. Academic Press: 252 pp.

Mazzeo G., Longo S., Bella S., 1999. Il censimento dei pronubi in Sicilia. Tecnica Agricola, 4: 67-75.

Mazzeo G., Longo S., Palmeri V., Bella S., 2001. Anthophilous insect indicating biodiversity in natural and cultivated sicilian environments. Ins. Soc. Life, 4: 93-100.

Mazzeo G., Longo S., Bella S., 2002. I pronubi rivelati su colture minori in Sicilia orientale. Atti XIX Congresso Nazionale di Entomologia, Catania 10-15 giugno: 1275-1280.

Mazzeo G., Longo S., Palmeri V., Seminara A., Bella S., Zappala L., 2004. Anthophilous insect in fruit orchards on mount Etna (Italy). Redia, 88: 247-251

Mazzeo G., Longo S., Seminara A., Bella S., Ferrauto G., 2007a. Prelimirary observations on anthophilous insect and foraging behaviour of *Apis mallifera* L. in a protected area of the Etna park. Redia, 90: 109-113.

Mazzeo G., Seminara A., Bella S., Ferrauto G., Longo S., 2007b. Osservazioni sugli apoidei e sull'attività di *Apis mallifera* L. in un'area alto montana del Parco dell'Etna. Apoidea, 4: 163-168.

Melic A., 1997. Bol. S.E.A., 20 Avda. Radio Juventud, 6, Zaragoza.

Melo G.A.R., 1999. Phylogenetic relationships and classification of the major lineages of Apoidea (Hymenoptera), with emphasis on the crabronid wasps. University of Kansas Museum of Natural History Scientific Papers, 14: 1–55.

Melo G.A.R. & Gonçalves R.B., 2005. Higher-level bee classifications (Hymenoptera, Apoidea, Apidae sensu lato). Revista Brasileira de Zoologia, 22 (1): 153–159.

Michener C.D., 1954. Observation on the pupae of bees. Pan-Pacific Entomologist, 30: 63-70.

Michener C.D., 1955. Some biological observation on *Hoplitis pilosifrons* and Stelis lateralis. Journal of the Kansas Entomologocal Society, 28: 81-87.

Michener C.D., 1961. Observation on the nest and behavior of *Trigona* in Australia and New Guinea. American Museum Novitates, 2026: 1-46.

Michener C.D., 1964. Evolution of the nest of bees. American Zoologist, 4: 227-239.

Michener C.D., 1971. Biologies of African allodapine bees. Bulletin of the American Museum of Natural History 145: 219- 302.

Michener C.D., 1974. The Social Behavior of the bees. Harvard University Press Cambridge: 404 pp.

Michener C.D., 1990. Castes in xylocopine bees. *In*: Engels W. ed., Social Insect, an Evolutionary Approach to Castes and Reproduction. Springer Verlag, Berlin: 123-146.

Michener C.D., 2000. The Bees of the Word.. Johns Hopkins University press, Baltimore: 913 pp.

Michener C.D., 2001. A high Andean subgenus and species of Hylaeus. Journal of the Kansas Entomological Society, 73 (2000): 1-5.

Michener C.D., 2007. The bees of the world. The John Hopkins University Press. Baltimore: XVI + 953 pp.

Michener C.D. & Brooks R.W., 2003. Dispersal of brood cells in a Mesoamerican hylaeine bee: a possible risk-spreading behavior. *In*: Melo G.A.R. and Alves-dos-Santos (2003): 151–152

Michener C.D. & Fraser A., 1978. A caparative anatomical study of mandibular structure in bees. University of Kansas Science Bulletin, 51: 463-482.

Müller A., 1996. Collection of extrafloral trichome secretions for nest wool impregnation in the solitary bee *Anthidium manicatum*. Naturuwissenschaften, 83: 230-232.

Nabhan G.P. & Buchmann S., 1997. The Fraying Web of Life (UNDP, UNEP_WB, WR). In World resources 2000-2001: 136-138.

Nobile V., 1987. Contributo alla conoscenza degli Apoidei (Insecta, Hymenoptera) di Sicilia. I. I generi *Habropoda* Smith, *Tetralonia* Spinola (gruppo *ruficornis* F.), *Melecta* Latreille, *Eupavlovskia* Popov e *Thyreus* Panzer. Animalia, Catania, 14 (1987): 73-89.

Nobile V., 1988. Contributo alla conoscenza degli Apoidei (Insecta, Hymenoptera) di Sicilia. II. Il genere *Osmia* Panzer 1806. Animalia, Catania, 15 (1988): 159-173.

Nobile V., 1989. Il genere *Anthidium* Fabricius 1804 e affini (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae) in Sicilia, con descrizione di *Pseudoanthidium alpinum gregoriense* subsp. n. Animalia, Catania, 16 (1989): 131-145.

Nobile V., 1990. Contributo alla conoscenza delle Api parassite (Insecta Hymenoptera) di Sicilia. II. Il genere *Nomada* Scopoli

1770, con descrizione di una nuova specie. Animalia, Catania, 17 (1990): 219-243.

Nobile V., 1991. Contributo alla conoscenza delle Api solitarie (Insecta, Hymenoptera) di Sicilia. IV. La tribù Anthophorini Dahlbom 1835. Animalia, Catania, 18 (1991): 237-259.

Nobile V., 1993a. La piccola Ape di Vendicari. Grifone, Ente Fauna Sicil., Noto, 2: 2.

Nobile V., 1993b. Endemismi di Sicilia. *Tetralonia alticincta bindai*, nuova sottospecie di Imenottero Apoideo. Atti e Memorie, suppl. Grifone, Ente Fauna Sicil., Noto, 1: 95-98.

Nobile V., 1994. Contributo alla conoscenza di alcune Api solitarie (Hymenoptera, Halictidae Duforeinae) di Sicilia. V. Il genere *Rophitoides* Schenck 1859, con descrizione di un nuovo taxon. Animalia, Catania, 20 (1993): 59-63.

Nobile V., 1995a. The apidological situation in Sicily, with remarks on the phenomenon of endemism. Changes in Fauna of Wild Bees in Europe, Jòsef Banaszak (ed.), Pedagogical Univ. Bydgoszcz, Poland: 127-146.

Nobile V., 1995b. Ricordo di Teodosio De Stefani-Perez a 100 anni dalla pubblicazione del suo “Catalogo degli Imenotteri di Sicilia”, con dedica di una nuova specie di Imenottero Apoideo. Grifone, Ente Fauna Sicil., Noto, 4 (3): 4-5; 4 (4): 2.

Nobile V., 1996. Api (Insecta Hymenoptera) nuove o poco note di Sicilia e di Sardegna. Boll. Acc. Gioenia Sci. nat. Catania, 28 (349) (1995): 147-159.

Nobile V., 2001. Le Andrene W-paleartiche con due celle cubitali (Hymenoptera, Apoidea, Andrenidae) con descrizione di *Parandrena iohannescaroli* sp. n. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, 33 (358) (2000): 35-42.

Nobile V. & Campadelli G., 1998. Il genere *Sphecodes* Latreille 1804 in Italia (Hymenoptera, Apoidea, Halictidae). Boll. Ist. Ent. "G. Grandi" Univ. Bologna, 52: 85-103.

Nobile V. & Tomarchio S., 1998a.Contributo alla conoscenza degli Apoidei di Sicilia. XIV. La famiglia Melittidae (Insecta, Hymenoptera). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, 30 (353) (1997): 285-290.

Nobile V. & Tomarchio S., 1998b. Contributo alla conoscenza degli Apoidei di Sicilia. XV. Il genere *Spatulariella* Popov 1939 (Hymenoptera, Colletidae, Hylaeinae) con descrizione di una nuova specie. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, 30 (353) (1997): 291-298.

Nobile V. & Tomarchio S., 2001. Apoidei nuovi o poco noti di alcune regioni d'Italia (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, 33 (358) (2000): 43-54.

Nobile V. & Turrisi G.F., 1997. Contributo alla conoscenza degli Apoidei di Sicilia. I. Le tribù Lithurgini, Dioxyni e Stelidini (Insecta, Hymenoptera, Megachilidae). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, 29 (351) (1996): 15-26.

Nobile V. & Turrisi G.F., 1999. Contributo alla conoscenza degli Apoidei cleptoparassiti di Sicilia. IV. La tribù Coelioxyni (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania, 32 (356): 161-170.

Nobile V. & Turrisi G.F., 2004. Contribution to the knowledge of Italian cleptoparasitic Bees. X. The genus *Sphecodes* Latreille, "*pinguiculus* Pérez"group. With description of new species (Hymenoptera, Apoidea, Halictidae). Entomofauna, Zeitschrift für Entomologie, 25: 117-132.

O'Toole C., 1993. Diversity of native bees and agroecosystems. *In*: Lasalle J. e Gould D. Hymenoptera and Biodiversity. Wallingford, U. K Cab Internazional: 169-196.

Pagliano G., 1988. Prospetto sistematico degli Apoidea italiani. Ann. Fac. Sc. agr. Univ. Torino, 15: 97-128.

Pagliano G., 1995. Hymenoptera: Apoidea. In: Minelli A., Ruffo S., La Posta F. (editori). Check-list delle specie della fauna italiana, 106. Calderini, Bologna: 25 pp.

Pagliano G. & Nobile V., 1993. Il genere *Xylocopa* Latreille 1802 in Italia (Hymenoptera: Apoidea). Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat., Catania, 26 (342): 133-144.

Paxton R.j. & Tengo T., 1996. Intranidal mating, emergence, and sex ratio in a communal bee *Andrena jacobi* Perkins 1921. Journal of Insect Linnean Society, 69: 483-502.

Pielou E.C., 1984. The interpretation of ecological data. A primer on classification and ordination. John Wiley & Sons, New York: 263 pp.

Pizauti M., 2000. Api e impollinazione. Ed. Regione Toscana: 307 pp.

Porrini C., Radeghieri P., Romagnoli F., Versari S., 1998. I pronubi selvatici come indicatori della biocomplessità ambientale. Atti XVII Congr. Naz. it. Ent., Maratea 21-26 giugno 1998.

Prince P.W., 1997. Insect Ecology. John Wiley & Sons, Inc.: 874 pp.

Quaranta M., Medrzycki P., Porrini C., Romagnoli F., Celli G., Maini S., Longo S., Mazzeo M., Ricciardelli D'Albore G., Palmieri N., Comba L., Piatti C., Pinzauti M., Felicioli A., Ambroselli S., Nardi E., Niccolini L., Piazza M.G., Intoppa F., Carini A., Floris I., Satta A., Marletto F., Manino A., Patetta A., Comoli R., Porporato M., Zandigiacomo P., Cogoi P., Barro P., 2002. Il censimento dei pronubi selvatici in Italia, con particolare riferimento agli Imenotteri Apoidei (nota preliminare). *Atti del Convegno "Il ruolo della ricerca in apicoltura"*, Bologna, marzo 2002: 333-344.

Quaranta M., Ambroselli S., Barro P., Bella S., Carini A., Celli G., Cogoi P., Comba L., Comoli R., Felicioli A., Floris I., Intoppa F.,

Longo S., Maini S., Manino A., Mazzeo G., Medrzycki P., Nardi E., Niccolini L., Palmieri N., Patetta A., Piatti C., Piazza M. G., Pinzauti M., Porporato M., Porrini C., Ricciardelli D'Albore G., Romagnoli F., Ruiu L., Satta A., Zandigiacomo P., 2004. Wild bees in agroecosystems and semi-natural landscapes. Bulletin of Insectology, 57 (1): 11-61.

Radchenko V.G., 1995. Evolution of nest building in bees. Entomologischeskoe Obzrenie, 74: 342-354 (in russo; traduzione in inglese: Entomological Review, 75: 20-32, 1996).

Radchenko V.G. & Pesenko Y.A., 1994a. Biology of Bees. 350 pp. St. Petersburg: Russian Academy of Sciences (in russo; riassunto in inglese: 314-331).

Radchenko V.G. & Pesenko Y.A., 1994b. Protobee and its nests: A new hypothesis concerning the early evolution of Apoidea. Entomologischeskoe Obzrenie, 73: 913-933 (in russo; traduzione in inglese: Entomological Review, 75: 140-162, 1996).

Richards K.W., 1984. Alfalfa leafcutter bee management in Western Canada, Agriculture Canada Publication 1495/E, Ottawa, Canada.

Richards K.W., 1993. Non *Apis* bees as crop pollinators. Revue Suisse de Zoologie, 100: 807-822.

Ricketts T.H., 2001. The matrix matters: Effective isolation in fragmented landscapes. American Naturalist,158: 87-99.

Roig-Alsina A., 1993. The evolution of the apoid endophallus, its phylogenetic implications, and fuctional significance of the genital capsule (Hymenoptera, Apoidea). Bollettino di Zoologia, 60: 169-183.

Rosenzweig M.L., 1995. Species diversity in space and time. Cambridge University Press, Cambridge.

Rozen J.G., 1991. Nesting biology and mature larva of the bee Idiomelissodes duplocincta. American Museum Novitates, 3012: 1-11.

Schuberth J. & Schönitzer K., 1993. Vergleichende Morphologie der Favea facialis und der Stirnseitendrüse bei Apoidea und Specidae. Linzer Biologische Beiträge, 25: 205-277.

Seminara A., Bella S., Mazzeo G., Longo S., 2009. Risultati di un triennio di studi sugli insetti antofili in un biotopo del vulcano Etna. Apoidea, 6: 27-35.

Sharkey M.G., 2007. Phylogeny and classification of Hymenoptera. *In*: Zhang Z.-Q. & Shear W.A. (Eds) *Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy*. Zootaxa, 1668: 1-766.

Shaw F.R., 1946. Some observations on the effect of a 5 percent DDT dust on bees. The Canadian Entomologist, 58: 110.

Soulé M.E. & Orians G.H., 2001. Conservation biology research: Its challenges and contexts. *In*: Soulé M.E. & Orians G.H. (eds.). *Conservation Biology. Research priorities for the next decade*. Society for Conservation Biology, Island press: 271-285.

Steffan-Dewenter I., 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. Conservation Biology, 17 (4): 1036-1044.

Steffan-Dewenter I., Klein A.-M., Gaebele V., Alfert T., Tscharntke T., 2006. Bee diversity and plant-pollinator interactions in fragmented landscapes. *In*: Waser N.M. & Ollerton J., *Plant-pollinator interactions, from specialization to generalization*. The University of Chicago Press, Chicago and London: 387-407.

Steffan-Dewenter I., Munzernberg U., Burger C., Thies C., Tscharntke T., 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. Ecology, 83: 1421-1432.

Steffan-Dewenter I. & Tscharntke T., 1999. Effects of habtat isolation on pollinator communities and seed set. Oecologia, 121: 432-440.

Steffan-Dewenter I. & Tscharntke T., 2002. Insect communities and biotic interactions on fragmented calcareous grasslands-a mini review. Biological Conservation, 104: 275-284.

Steiner K.E. & Whitehead V.B., 1990. Pollinator adaptation to oil-secreting flowers *Redivina* and *Diascia*. Evolution, 44: 1701-1707.

Steiner K.E. & Whitehead V.B., 1991. Oil flowers and oil bees: further evidence for pollinator adaptation. Evolution, 45: 1493-1501.

Stephen W.P., Bohart G.E., Torchio P.F., 1996. The Biology and External Morphology of Bees. 140 pp. Corvallis: Agricultural Experiment Station, Oregon State University.

Taséi J.-N., 2002. Impact of agrochemicals on non-*Apis* bees. *In*: Devillers J., Pham-Delègue M.-H. (eds.) *Honey bees: estimating the environmental impact of chemicals*, Taylor & Francis, London, UK, pp. 101-131.

Terayama M. & Murata K., 1990. Effects of area fragmentation of forests for nature conservation: analysis by ant communities. Bulletin of Biogeographical Society of Japan, 45 (1-22): 11-17.

Torchio P.F., 1991. Bees as crop pollinators and the role of solitary species in changing environment. Acta Horticulturae, 288: 49-61.

Tremblay E., 1999. Entomologia applicata. Volume I. Generalità e mezzi di controllo. Liguori editore: pp 269.

Tscharntke T.I., Steffan-Dewenter A., Kruess C., Thies, 2002. Characteristics of insect populations on habitat fragments: A mini review. Ecological Research, 17: 229-239.

Turrisi G.F., 1999. La famiglia Sapygidae in Sicilia (Hymenoptera Scolioidea). Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Catania, 31 (354) (1998): 335-338.

Turrisi G.F. & Turrisi R.E., 2007. Biodiversità degli Imenotteri (Insecta, Hymenoptera) del Giardino Botanico “Nuova Gussonea” e delle aree limitrofe (Sicilia, Etna): un contributo preliminare. In:

Atti del Convegno “Conservazione della biodiversità negli Orti Botanici e nei Giardini Alpini e di montagna”, Nicolosi (Catania), Monastero dei Benedettini, Parco dell’Etna, 1-2 giugno 2005. Bollettino dell’Accademia Gioenia di Scienze Naturali, Catania, 40 (368): 103-140.

Van Nieuwstadt M.G.L. & Ruano Iraheta C.E., 1996. Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae, Meliponinae). Apidologie, 27: 219-228.

Vicens N., Bosch J., Blas M., 1994. Biology and population structure of *Osmia tricornis* Latreille (Hym., Megachilidae). Journal of Applied Entomology, 117 (1-5): 300-306.

Vilhelmsen L., 1997. The phylogeny of lower Hymenoptera (Insecta), with a summary of the early evolutionary history of the order. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, 35: 49-70.

Waser N.M., Chittka L., Price M.L., Williams N.M., Ollerton, 1996. Generalization in pollination systems and why it matters. Ecology, 77: 1043-1060.

Westrich P., 1990. Die wildbienen baden. Wuertembergs. Ulmer Verlag, Stuttgart, 1, 2: 972 pp.

Wilcove D.S., McLellan C.H., Dobson A.P., 1986. Habitat fragmentation in the temperate zones. *In*: Soulé M.E. (ed.). *Conservation Biology*. Sinauer Associates Inc. Sunderland, Massachussets: 237-256.

Wille A. & Michener C.D., 1973. The nest architecture of singles bees with special reference to those of Costa Rica. Revista de Biologia Tropical, suppl. 1, 21: 1-278.

Winfree R., Aguilar R., Vazquez D.P., Le Buhn G., Aizen M., 2009. A meta-analysis of bees’ responses to anthropogenic disturbance. Ecology, 90 (8): 2068-2076.

Indice

PARTE GENERALE

Summary pag. 2

1. Introduzione pag.4

2. Finalità della presente ricerca pag.6

3. Aspetti generali della problematica pag.10

4. Caratteri generali degli Imenotteri, con particolare riguardo agli Apoidei pag.13

4.1. Generalità pag 13.

4.2. Morfologia dell'adulto pag.15

4.2.1. Capo pag.15

4.2.2. Mesosoma pag.19

4.2.3. Metasoma pag.22

4.2.4. Sviluppo e riproduzione pag.24

4.2.5. Nidificazione pag.30

4.2.6. Classificazione degli Apoidea pag.34

4.3. Il ruolo degli Apoidei negli ecosistemi e negli agro ecosistemi pag.43

4.4. Relazioni tra Apoidei e Angiosperme pag.46

PARTE SPERIMENTALE

5. Materiali e metodi pag.51

5.1. L'area di studio pag.51

5.2. Le stazioni oggetto d'indagine pag.52

5.3. Protocollo di raccolta e identificazione del materiale pag.62

5.4. Analisi dei dati pag.65

5.4.1. Analisi multivariate: MDS, cluster analysis, PCA, AC pag.67

5.4.2. Analisi cartografica e criteri per la definizione della biopermeabilità della matrice ambientale e dei corridoi ecologici pag.71

6. Risultati pag.75

6.1. Composizione e ricchezza dei popolamenti apidici pag.75

6.2. Comparazione dei popolamenti apidici pag.87

6.2.1. Affinità faunistica pag.87

6.2.2. Struttura dei popolamenti apidici pag.94

6.2.3. Analisi dei popolamenti mediante analisi multivariata (MDS e PCA) pag.107

6.2.4. Indici di diversità dei popolamenti pag.115

6.2.5. Analisi delle corrispondenze specie/stazioni pag.121

6.2.6. Fenologia dei popolamenti apidici pag.130

6.2.7. Modalità di nidificazione e comportamento pag.134

6.2.8. Nesting trap pag.138

6.3. Frammentazione ambientale e connettività ecologica pag.141

6.3.1. Biopermeabilità e corridoi ecologici pag.141

6.3.2. Valutazione della frammentazione ambientale mediante il modello biogeografico delle isole pag.146

7. Discussione pag.147

7.1. Composizione e ricchezza dei popolamenti apidici pag.147

7.2. Comparazione dei popolamenti apidici pag.148

7.2.1. Affinità faunistica pag.148

7.2.2. Struttura dei popolamenti apidici pag.149

7.2.3. Analisi dei popolamenti mediante analisi multivariata (MDS e PCA) pag.150

7.2.4. Indici di diversità dei popolamenti pag.153

7.2.5. Analisi delle corrispondenze specie/stazioni pag.155

7.2.6. Fenologia dei popolamenti apidici pag.157

7.2.7. Modalità di nidificazione e comportamento pag.157

7.2.8. Nesting trap pag.159

7.3. Frammentazione ambientale e connettività ecologica pag.159
7.3.1. Biopermeabilità e corridoi ecologici pag.159

7.3.2. Valutazione della frammentazione ambientale mediante il modello biogeografico delle isole pag.171

8. Conclusioni pag.172

Bibliografia pag.175