

MARCO RICCUCCI\*, BENEDETTO LANZA\*\*

## Importanza dei Chiroterri per l'agricoltura e la selvicoltura

Lettura tenuta il 20 novembre 2014

### INTRODUZIONE

Nel passato la protezione degli ecosistemi e la loro conservazione è stata considerata prevalentemente sotto l'aspetto di dovere etico e impegno morale dell'umanità e solo in tempi recenti si è iniziato a studiarne i risvolti economici per capire quanto i processi naturali siano importanti per la vita e la sopravvivenza dell'uomo. Negli anni '90 sono stati chiamati *nature's services* quei benefici misurabili in termini economici (Daily, 1997; Daily et al., 2000). Da qui si è arrivati al concetto di "servizi ecosistemici", meglio noti con la locuzione inglese *ecosystem services* (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). La salute degli ecosistemi terrestri viene analizzata anche in un'ottica che ne considera la reale importanza per il benessere umano attribuendo alla perdita di biodiversità delle conseguenze concrete e drammatiche per la vita sulla terra (Hassan et al., 2005; Marino & Piotto, 2010). Per l'Italia uno studio pubblicato su «Ecological Indicators» ha stimato che ogni anno gli ecosistemi italiani erogano benefici (beni e servizi) pari a un valore di 71,3 miliardi di euro (Scolozzi et al., 2012). La perdita di biodiversità e dei servizi ecosistemici costituisce un fattore di rischio per la trasmissione di malattie batteriche, virali e parassitarie per l'uomo, il bestiame, le colture e le specie selvatiche di animali e vegetali (ISPRA, 2014).

Il ruolo fondamentale dei Chiroterri nel mantenimento degli ecosistemi e la loro utilità specifica nei confronti della qualità della vita degli esseri umani

\* Gruppo Italiano Ricerca Chiroterri (GIRC), Pisa

\*\* Museo di Storia Naturale (Sezione Zoologica «La Specola»); Dipartimento di Biologia Animale e Genetica, Università di Firenze

è stata sicuramente sottovalutata fino a pochi anni fa. I pipistrelli costituiscono, con oltre 1300 specie, il secondo ordine più numeroso dei Mammiferi (dopo i Roditori) e hanno colonizzato tutti gli ambienti naturali in tutti i continenti, esclusa l'Antartide (Simmons, 2005; Altringham, 2011; Fenton & Simmons, 2014). Attualmente, tenendo conto delle citazioni storiche certe (*Rhinolophus blasii*, *Myotis dasycneme*), sono note per l'Italia almeno 37 specie di Chiroteri (Lanza, 2012).

La classificazione dei Chiroteri è ancora controversa. Le ricerche più recenti hanno modificato la classica divisione dell'ordine Chiroptera nei due sottordini Megachiroptera e Microchiroptera. Secondo Teeling et al. (2005), a seguito di ricerche filogenetiche molecolari, la nuova classificazione riconosce due sottordini: Yinpterochiroptera (famiglie Pteropodidae, Rhinolophidae, Hipposideridae, Rhinopomatidae, Craseonycteridae, Megadermatidae) e Yangochiroptera (famiglie Cistugidae, Emballonuridae, Nycteridae, Natalidae, Molossidae, Miniopteridae, Vespertilionidae, Myzopodidae, Mystacinidae, Thyropteridae, Furipteridae, Noctilionidae, Mormoopidae, Phyllostomidae). Tuttavia i "vecchi" sottordini Megachiroptera e Microchiroptera sono stati recentemente "riscoperti" e supportati da un nuovo studio (O'Leary et al., 2013) che combina i dati morfologici con le sequenze nucleotidiche. Nel testo continueremo a usare le due denominazioni tradizionali, Megachiroptera (e megachiroteri) e Microchiroptera (e microchiroteri).

Negli ultimi anni particolare attenzione è stata rivolta al valore economico dei Chiroteri in agricoltura e selvicoltura, oggetto anche di alcune revisioni sistematiche (Boyles et al., 2011; Kunz et al., 2011; Ghanem & Voigt, 2012; Boyles et al., 2013; Kasso & Balakrishnan, 2013) che evidenziano l'ancora scarsa conoscenza dei servizi ecosistemici dei pipistrelli insettivori in Europa e Africa.

Qui vengono esaminate in particolare tre importanti funzioni ecologiche: 1) l'azione dei Chiroteri nel controllo delle popolazioni di insetti, con particolare attenzione a quelli nocivi alle specie vegetali; 2) i Chiroteri come dispersori di semi; 3) i Chiroteri come agenti impollinatori di piante, comprese alcune di grande rilevanza economica.

#### CONTROLLO DELLE POPOLAZIONI DI INSETTI

Oltre il 70% delle attuali specie di Chiroteri sono insettivore (Neuweiler, 2000; Kunz et al., 2011), come lo erano i primi pipistrelli dell'Eocene (Habelsetzer et al., 1992; Simmons et al., 2008), che si nutrivano in particolare

di Ditteri e Lepidotteri (Richter, 1993). Gli insetti fitofagi costituiscono un problema rilevante nel campo agroforestale; sono particolarmente dannosi quelli che attaccano le specie vegetali da cui l'uomo trae utilità diretta o indiretta (Hill, 1983 e 1987; Pollini, 2013).

Gli Artropodi distruggono tra il 18% e il 26% della produzione annuale delle colture in tutto il mondo, per un valore di oltre 470 miliardi di dollari. La popolazione umana della terra dovrebbe raggiungere, e forse superare, i 10 miliardi entro la fine di questo secolo (Gerland et al., 2014) e quindi la produttività agricola attraverso la prevenzione di perdite di raccolto dovute ai fitofagi ha assunto una notevole urgenza. Molti dei problemi nell'agricoltura moderna sono sorti per un eccessivo affidamento sulle sostanze chimiche di sintesi per il controllo degli insetti nocivi. Pratiche di controllo degli infestanti più rispettose dell'ambiente sono non solo più sostenibili, ma possono fornire anche maggiori vantaggi economici. Infatti il ritorno per ogni dollaro investito nel controllo biologico ecologico dei parassiti può variare da US\$ 30 a US\$ 300, significativamente superiore al 4 dollari stimati per il controllo basato sui pesticidi sintetici (Culliney, 2014).

Nel passato l'attenzione si era concentrata quasi esclusivamente sulla predazione da parte degli uccelli arrivando a sovrastimarne gli effetti, che non tenevano conto dell'attività insettivora notturna dei Chiroterri. Studi recenti hanno dimostrato che i pipistrelli sono egualmente importanti rispetto agli uccelli nel controllare le popolazioni di insetti fitofagi (Williams-Guillen et al., 2008; Böhm et al., 2011) o hanno addirittura un impatto maggiore (Kalika et al., 2008).

D'altra parte è dimostrato che i pesticidi provocano diversi problemi, al di là dei costi economici connessi al loro impiego. Quasi 600 specie di insetti hanno ormai sviluppato una resistenza agli insetticidi, e si tratta di numeri in rapida crescita (Arthropod Pesticide Resistance Database, <http://www.pesticideresistance.org>). I pipistrelli insettivori contribuiscono a ridurre l'uso dei pesticidi chimici negli ecosistemi agroforestali (Cleveland et al., 2006) e si nutrono di un'ampia varietà di prede: *Coleoptera*, *Diptera*, *Hemiptera*, *Hymenoptera*, *Isoptera*, *Lepidoptera*, *Neuroptera*, *Orthoptera*, *Psocoptera*, *Trichoptera* (Lee and McCracken, 2005; Leelapaibul et al., 2005; Lacki et al., 2007a; Lacki et al., 2007b; Riccucci & Lanza, in press).

La maggior parte dei lavori che prendono in considerazione i Chiroterri come pesticidi biologici riguarda il Nord America. Whitaker (1995) ha studiato l'alimentazione di una colonia riproduttiva di 150 pipistrelli (*Eptesicus fuscus*) attraverso l'esame del loro guano. Da qui ne ha desunto un consumo annuale di ben 600.000 esemplari di *Diabrotica* sp. e *Acalymma* sp. (Cole-

optera), 194.000 di *Phyllophaga* sp. (Coleoptera), 158.000 cicaline, specialmente dei generi *Paraphlepsius* e *Draeculacephala*, e 335.000 Pentatomidae, specialmente *Acrosternum hilare*. Tutti questi insetti sono importanti specie infestanti.

Cleveland et al. (2006) hanno stimato il valore dei pipistrelli nel controllo dei parassiti del cotone in otto contee del Texas. I loro calcoli mostrano un risparmio di US\$ 741.000 all'anno (con un range di US\$ 121.000 – US\$ 1.725.000) a fronte di un raccolto di cotone che può variare da US\$ 4,6 a 6,4 milioni dollari all'anno. Quindi i pipistrelli svolgono effettivamente un ruolo fondamentale nel proteggere questa coltura dai danni dei fitofagi, anche riducendo i costi dell'uso dei pesticidi per gli agricoltori e la società.

La predazione sui parassiti da parte dei pipistrelli insettivori può aumentare il valore economico dei sistemi agricoli tradizionali e transgenici riducendo la frequenza di irrorazione chimica richiesta e ritardare così la necessità di nuovi pesticidi. Di conseguenza la produzione di cotone è più redditizia quando sono presenti pipistrelli insettivori in gran numero, come è stato dimostrato nella regione Winter Garden, in Texas (Federico et al., 2008).

Moony et al. (2010) hanno compiuto una meta-analisi di 113 studi che documentano gli effetti di vertebrati insettivori (uccelli, pipistrelli, lucertole) su artropodi predatori, artropodi erbivori e piante. Ne è risultato che gli insettivori vertebrati limitano fortemente gli artropodi predatori (38%) e anche gli erbivori (39%), riducendo indirettamente i danni alle piante (40%) e incrementando la biomassa vegetale (14%).

In Papua New Guinea *Scapanes australis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) ha un forte impatto economico sulle palme da cocco, con gravi danni alla pianta fino a provocarne la morte (Bedford, 1980); per studiarne i movimenti si è impiegata anche la radiotelemetria installando trasmettitori in miniatura sul protorace (Beaudoin-Ollivier et al., 2003). Un predatore naturale di questo scarabeo rinoceronte è il pipistrello *Hipposideros diadema* (Chasen, 1931; Smith & Hood, 1981). Il continuo diboscamento intorno alle grotte dove vivono questi e altri pipistrelli insettivori rischia seriamente di ridurre le relative popolazioni limitando il loro impatto naturale sui coleotteri rinoceronte e sugli altri insetti potenzialmente dannosi, come le zanzare della malaria (Hill & Smith, 1984).

Secondo Boyles et al. (2011) negli Stati Uniti il valore dell'attività insettivora dei pipistrelli rispetto al settore agricolo è di circa 22,9 miliardi dollari all'anno, con un range variabile da 3,7 a 53 miliardi di dollari per anno. Queste stime comprendono la riduzione dei costi delle applicazioni di pesticidi che vengono così risparmiati essendo non più necessari per sopprimere

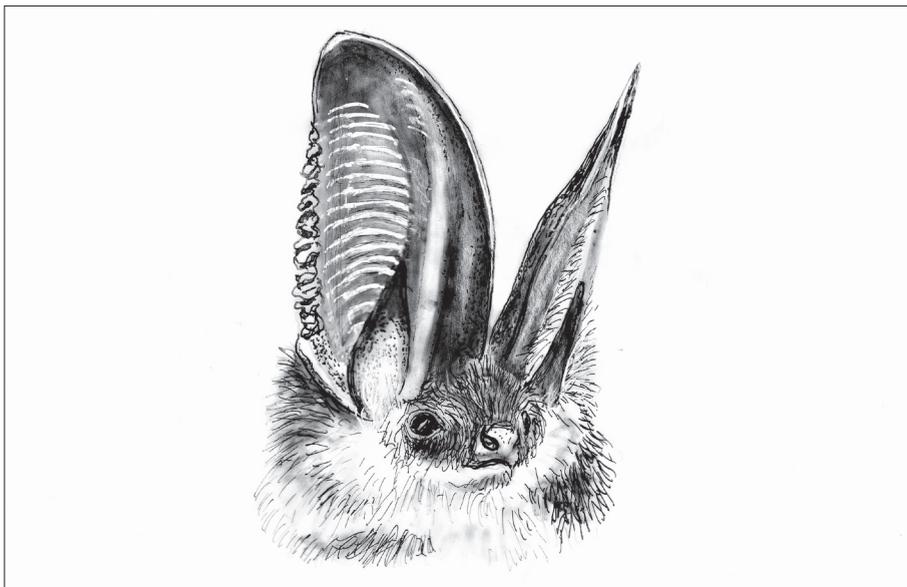


Fig. 1

gli insetti consumati dai pipistrelli; non includono altre azioni secondarie, pure assai rilevanti, come la riduzione degli effetti di resistenza che gli insetti sviluppano nei confronti dei pesticidi.

C'è quindi un interesse crescente da parte degli agricoltori americani verso i Chiropteri e su come poterli attirare nei propri terreni, anche installando rifugi artificiali come le bat box (California Agriculture, 1998; Kiser & Kiser, 2002).

Dal 2006 la White-Nose Syndrome (WNS), causata dal fungo patogeno *Pseudogymnoascus destructans* (ex *Geomyces destructans*), ha provocato una mortalità di massa catastrofica nelle popolazioni dei pipistrelli americani a partire dalle aree nord-orientali degli Stati Uniti verso quelle sud orientali. La classificazione di questo fungo psicrofilo è ancora controversa e un corretto inquadramento tassonomico richiede ulteriori studi (Minnis & Lindner, 2013). Almeno 5.7 milioni di individui sono stati sterminati fino al 2012. La diminuzione del consumo annuale di insetti è stata stimata in oltre 2.079 tonnellate con gravi ripercussioni sugli ecosistemi naturali e anche sull'ambiente agroforestale e ulteriori possibili effetti sulle malattie emergenti e riemergenti causate da insetti vettori; questo dato tiene conto dell'effettivo periodo di attività delle specie interessate, da Aprile a Ottobre (Jachowski et al., 2014).

Pur in mancanza di dati così precisi non c'è ragione di dubitare che anche

in Europa i pipistrelli abbiano un impatto positivo sulle produzioni agricole e la silvicoltura. A questo proposito è di notevole interesse lo studio compiuto a Malta (Borg & Sammut, 2002) sull'alimentazione di *Plecotus kolombatovici* (fig. 1) indicato nell'articolo come *P. austriacus* (Spitzenberger et al., 2006). Mentre *P. austriacus* è presente ovunque in Italia, *P. kolombatovici* (peraltro piuttosto simile) si trova, oltre che a Malta, in Grecia (Creta e Rodi inclusi), nella fascia costiera della Croazia (dove forse raggiunge il territorio italiano prossimo all'Istria), dell'Albania e della Turchia occidentale e meridionale (Cipro incluso) e forse sull'Isola di Pantelleria (Lanza, 2012). I Chiroterteri mangiano le parti molli delle loro prede mentre le ali e le parti dure di solito sono scartate. L'esame delle prede ha riguardato un pipistrello presente in una piccola stanza del Museo di Storia Naturale di Mdina (Medina, l'antica capitale di Malta) dove consumava anche gli insetti catturati. Le parti scartate sono state raccolte e le specie degli insetti identificate, tra cui diversi lepidotteri nocivi: *Galleria mellonella* – un lepidottero infestante degli alveari di *Apis mellifera*; *Autographa gamma* – le larve si nutrono di una grande quantità di piante tra cui il pisello (*Pisum sativum*), la barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris*), il cavolo (*Brassica oleracea*); *Chrysodeixis chalcites* – predilige pomodoro, patata e leguminose, divora rapidamente le foglie ma anche germogli e frutti; *Heliothis peltigera* – preferisce Solanaceae, Asteraceae e Fabaceae; *Spodoptera exigua* – nottua piccola ma vorace su diverse colture, come barbabietola da zucchero, mais, pomodoro, fagiolino, tabacco, erba medica, vite; *Spodoptera littoralis* – tra le piante ospiti vi sono il cotone, le colture ortive (Solanacee), il mais; *Noctua pronuba* – provoca danni fatali a molte piante: carota, fragola, lattuga, pomodoro, patata, spinaci; *Agrotis ipsilon* – piante infestate: bietola, mais, colture ortive; *A. puta*, *A. segetum* – infestanti di varie piante selvatiche e coltivate.

Viene quindi dimostrato che anche i pipistrelli insettivori europei sono estremamente importanti per gli ecosistemi nel ruolo di controllo delle popolazioni di insetti, e ulteriori ricerche potranno meglio determinarne la portata e le caratteristiche specifiche. Per una disamina dettagliata degli insetti infestanti italiani si veda il fondamentale trattato di Pollini (2013) che comprende quasi 2.000 specie di insetti dannosi relativi al mondo agrario, forestale e ornamentale.

Attraverso l'esame dei danni foliari per tutto il periodo vegetativo della farnia (*Quercus robur*) si è potuto accertare che l'esclusione di uccelli e di pipistrelli causa un aumento netto di artropodi fitofagi, con danni alle foglie superiori del 59% nel sud della Germania, dove la ricchezza di specie di predatori vertebrati era inferiore rispetto all'altro sito di studio nella Germania

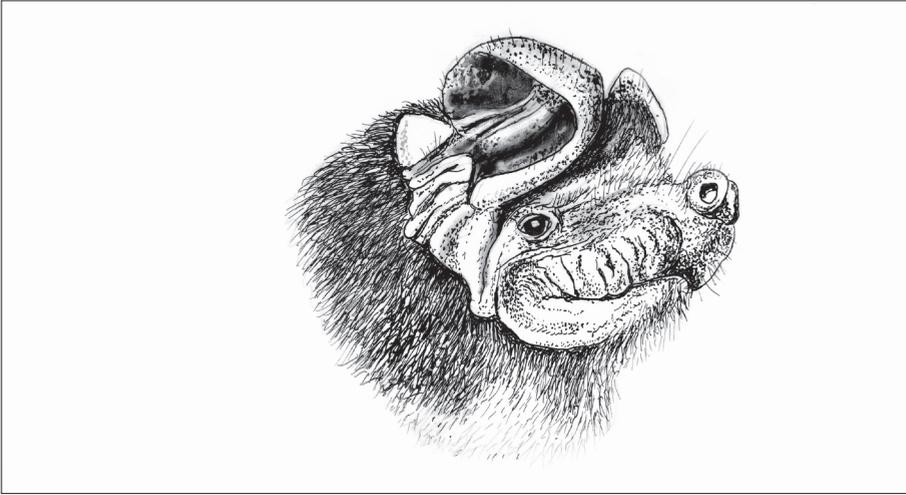


Fig. 2

centrale. Numerosi studi hanno dimostrato che la qualità delle foglie dipende dalla distribuzione e dall'abbondanza degli artropodi erbivori che possono drasticamente ridurre la superficie fogliare attraverso le loro attività di alimentazione e quindi influenzare la biomassa e la salute degli alberi (Böhm et al., 2011). Secondo Morrison & Lindell (2012) in Costa Rica sia gli uccelli sia i pipistrelli svolgono un ruolo importante come predatori, riducendo i fitofagi e i loro danni agli alberi piantati al fine di ripristinare la foresta tropicale.

### *Il controllo dei parassiti del riso*

Il riso ha un peso rilevante nell'alimentazione umana; questa Graminacea di origine asiatica costituisce il cibo principale per circa la metà della popolazione mondiale (Kiple & Ornelas, 2000; Timmer, 2010) e viene coltivata in quasi tutti i paesi del globo (FAO, 2014). L'Italia è il principale produttore europeo di riso (Gnanamanickam, 2009; Sharma, 2010). Dall'importanza alimentare di questa graminacea deriva la grande attenzione ai danni provocati dagli insetti infestanti (Heinrichs & Miller, 1991; Heinrichs, 1994). Nel mondo le colture del riso vengono attaccate da più di 100 specie di insetti e almeno 20 possono causare seri danni economici. In Asia, dove viene prodotto più del 90% del riso mondiale, la perdita media di rendimento a causa degli insetti nocivi si aggira intorno al 20% (Pathak & Khan, 1994).



Fig. 3

In Thailandia il pipistrello *Chaerephon plicatus* (fig. 2) agisce come efficiente controllo biologico del genere *Sogatella* spp. (Leelapaibul et al., 2005). La grotta Khao Chong Pran ospita una colonia di 2.5 milioni di individui della specie *C. plicatus* (Chiroptera: Molossidae), che consumano ogni notte almeno 17.5 tonnellate di insetti, con una elevata percentuale di Emittenti, la maggior parte dei quali costituita proprio da cicaline dal dorso bianco (*Sogatella* spp.). *Sogatella furcifera* può provocare perdite alla produzione fino al 60% (Wanger et al., 2014). I Molossidi non vanno in ibernazione nei paesi tropicali e questo Chiroterro consuma in tutta la Thailandia una quantità di insetti pari a circa 20.000 tonnellate l'anno. Epidemie di parassiti del riso, come *Sogatella* spp. e *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae), si verificano in Asia con una frequenza di 8-10 anni. La causa è stata attribuita all'uso regolare di insetticidi chimici (Heinrichs & Mochida, 1984; Ooi, 2010), quindi il controllo biologico da parte dei Chiroterri assume un rilievo particolarmente significativo per queste coltivazioni di grande importanza alimentare.

Secondo un recente studio (Wanger et al., 2014) in Thailandia l'interazione tra questo Chiroterro (*C. plicatus*) e *Sogatella furcifera* può prevenire la perdita di circa 2.900 tonnellate di riso all'anno, che corrispondono a un valore economico pari a oltre 1,2 milioni di dollari. Questa specie di pipistrello riesce quindi a garantire ogni anno il cibo a quasi 26.200 persone, dimostrand-

do non solo l'importanza dei servizi ecologici dei Chiroterri nel controllo dei parassiti sotto il profilo economico ma anche la loro rilevanza sociale nel garantire l'alimentazione a queste popolazioni. La diminuzione dei Chiroterri nel Sud-Est asiatico avrebbe quindi un impatto negativo sulla sopravvivenza di questi popoli, già soggetti a carenze alimentari, se non si interviene concretamente per la loro protezione.

Anche in Europa i Chiroterri svolgono azioni specifiche sulle popolazioni di insetti parassiti del riso. Nel delta dell'Ebro (Spagna), dove esistono alcune delle più vaste risaie europee, *Pipistrellus pygmaeus* (fig. 3) agisce come efficiente controllore biologico di uno dei parassiti più devastanti, la piralide del riso, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae). In questa area sono state installate numerose bat box che ospitano fino a 4500 pipistrelli i quali hanno molto ridotto l'impatto deleterio di questo infestante sulle colture di riso, minimizzando l'uso di insetticidi fino ad azzerarlo (Flaquer et al., 2011).

*Chilo suppressalis* non sembra essere ancora arrivata in Italia ma la sua stabile diffusione in Francia, Spagna e Portogallo ne attesta la capacità di espandersi anche a lunga distanza. *P. pygmaeus* è diffuso in buona parte del nostro paese.

### *Oliveti e pipistrelli*

Gli oliveti costituiscono aree di foraggiamento preferenziali per varie specie di pipistrelli, che hanno nella loro dieta molti Ditteri, anche diurni, predati sulle piante o sul terreno (Beck, 1995; Vaughan, 1997). Diversi studi hanno preso in esame le coltivazioni di olivo in alcune regioni mediterranee dell'Europa meridionale: la penisola iberica (Rainho, 2007; Flaquer et al., 2008; Goiti et al., 2011), l'isola greca di Zante [o Zacinto] (Davy et al., 2007), l'Italia meridionale (Russo et al., 2002; Russo & Jones, 2003). Gli oliveti costituiscono un habitat importante per un pipistrello raro, *Rhinolophus euryale* (Russo et al., 2002), ma anche per almeno due specie piuttosto comuni, *Eptesicus serotinus* e *Pipistrellus pygmaeus*, e per una, *Pipistrellus kuhlii*, ampiamente diffusa in tutta l'ecozone paleartica (Rainho, 2007). In Spagna anche *Rhinolophus mehelyi* si ritrova a foraggiare negli oliveti (Russo et al., 2005). Le aree studiate comprendevano piante gestite in modo tradizionale e soggette a un uso limitato di biocidi. Si tratta di habitat che ospitano ricche comunità biologiche, fornendo ai pipistrelli importanti opportunità di foraggiamento (Ruano et al., 2004). Questa attività di caccia è confermata da indagini acustiche effettuate in oliveti dell'Italia meridionale, dove sono state rilevate ben 11

specie diverse di chiroteri: *Rhinolophus ferrumequinum*, *Myotis emarginatus*, *Myotis myotis*, *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus*, *Pipistrellus kuhlii*, *Pipistrellus pipistrellus*, *Hypsugo savii*, *Barbastella barbastellus*, *Miniopterus schreibersii*, *Tadarida teniotis* (Russo e Jones, 2003). Quasi la metà di queste specie sono considerate a rischio o in pericolo di estinzione in Italia, mentre le altre sono ampiamente diffuse sul territorio nazionale (Rondinini et al., 2013). Una situazione abbastanza simile si ritrova in Spagna (Palomo et al., 2007).

Foraggiare negli oliveti implica la possibilità per i pipistrelli di influire (riducendole) sulle popolazioni di Ditteri fitofagi, come la mosca delle olive, *Bactrocera oleae* (Tephritidae), in buona parte responsabile, insieme ai cambiamenti climatici, del crollo della produzione 2014 dell'olio di oliva in Spagna e in Italia. Si è visto che i pipistrelli non frequentavano gli oliveti sottoposti a uso intensivo di pesticidi che avrebbero avuto su di loro un effetto dannoso, dovuto ai Ditteri avvelenati dai trattamenti chimici (Goiti et al., 2011). Una singola applicazione all'anno di prodotti chimici insetticidi non ha invece influenzato l'attività negli oliveti tradizionali (Davy et al., 2007). L'installazione di bat box negli oliveti potrebbe essere utile a contrastare lo sviluppo di fitofagi dannosi come *Bactrocera oleae*. In questo modo si attirano in maggior numero i pipistrelli che già cacciano in questi habitat, ed è ragionevole aspettarsi i risultati positivi raggiunti nella lotta a *Chilo suppressalis* nelle risaie spagnole del delta dell'Ebro (Flaquer et al., 2011). Recentemente i risultati preliminari di alcune ricerche effettuate dal Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (Balandran) negli oliveti e nei frutteti della Francia meridionale sono stati oggetto di una comunicazione al 2nd European Bat House Meeting, 18-19 October 2014: "Bat houses as a research tool for studies on moth predation by bats in orchard" di M. Jay. Resti di due specie di Lepidotteri fitofagi, *Cydia pomonella* e *Grapholita molesta*, sono stati individuati nelle feci di *Pipistrellus kuhlii* e *Pipistrellus pygmaeus* attraverso tecniche di diagnostica molecolare (PCR). Le stesse tecniche, applicate negli oliveti sulle feci di *Pipistrellus kuhlii*, hanno rivelato la presenza di *Bactrocera oleae* nel 33% dei casi esaminati. Ulteriori indagini potranno approfondire e chiarire meglio questi aspetti, anche attraverso altre sperimentazioni dedicate.

#### CHIROTTERI COME DISPERSORI DI SEMI

La dispersione è il movimento o il trasporto dei semi lontano dalla pianta madre (Fenner, 2000; Bewley et al., 2013; Baskin & Baskin, 2014). Le piante hanno bisogno di disperdere i semi a distanza da loro per evitare la concen-

trazione eccessiva degli organismi e per creare nuove colonie. La dispersione animale può avvenire in diversi modi. I frutti carnosì vengono mangiati e digeriti, i semi passano attraverso il tratto digerente e vengono rilasciati con le feci in altri siti. L'ecologia della dispersione dei semi è stata oggetto di vari studi tra cui Howe & Smallwood (1982) e Willson & Traveset (2000). La dispersione animale dei semi è chiamata *zoocoria*; quella effettuata dai pipistrelli è detta *chiroterocoria* (Pijl, 1982). Per una rassegna generale sui rapporti ecologici ed evolutivi tra piante e animali si può consultare utilmente il volume di Howe & Westley (1996).

Le angiosperme avrebbero conquistato una posizione dominante sulle gimnosperme per due ragioni: in primo luogo sono più adatte per l'impollinazione zoogama, inoltre i loro meccanismi di dispersione dei semi sono più flessibili (Marshall, 1983).

Rumphius [pseudonimo di Georg Eberhard Rumph (1627-1702)] scriveva nel suo *Herbarium Amboinense* (1741-1755) che i frutti di *Nauclea elegans* (Rubiaceae) [sinonimo di *Neolamarckia macrophylla*] venivano mangiati da uccelli e pipistrelli e i semi diffusi nei giardini di Amboina (isola delle Molucche) davano origine a grandi alberi.

I semi di *Brosimum alicastrum*, una moracea coltivata dai Maya per i quali costituiva un alimento importante, sono dispersi dai Chiroterteri. Nel Messico orientale la popolazione locale ancora oggi li raccoglie nelle grotte dove i pipistrelli li hanno lasciati cadere con il guano e li considera doni degli dèi (Benson, 1991).

Già nel 1957 Leendert van der Pijl (Pijl, 1957) riportava una lunga lista di casi di chiroterocoria, citando circa 180 piante i cui semi risultavano dispersi da pipistrelli. Gardner (1977) elenca 103 specie di 89 generi appartenenti a 43 famiglie di piante con semi dispersi da pipistrelli Fillostomatidi; per la stessa famiglia di Chiroterteri Lobova et al. (2009) ne indicano 549 specie in 191 generi di 62 famiglie, riportate in due estese Appendici (II. *Plants Dispersed by Bats in the Neotropics*, e III. *Bats and Plants they disperse in the Neotropics*). Per il Nuovo Mondo è molto utile il database curato da Geiselman et al. (2002). Secondo Huber (1910) i pipistrelli frugivori sono i più importanti agenti dispersori di semi della foresta amazzonica. In Bredt et al. (2012) troviamo un elenco dettagliato di oltre 100 pagine con le specie vegetali correlate con i pipistrelli del Brasile e di alcuni paesi dell'America Latina. Barnard (2011) riporta alcune utili appendici con estesi elenchi di specie: *Plants visited by New World fruit bats*; *Plants visited by Old World fruit bats*; *Diets of selected free-ranging, plant-visiting Phyllostomids*; *Plants visited by Old World fruit bats*.

Le circa 190 specie di Pteropodidae che vivono in Africa, Asia, Australia e

nelle isole dell'Oceano Indiano e del Pacifico disperdono i semi di almeno 145 generi di piante (Marshall, 1985). Probabilmente il ruolo e l'impatto quantitativo dei megachiroterteri africani è stato sottostimato anche a causa di una scarsità di ricerche in questo campo (Selter et al., 2013). Molti Pteropodi consumano i frutti da fermi e depositano la percentuale maggiore dei semi che ingeriscono sotto le canopie degli alberi da frutto. In Australia *Pteropus conspicillatus* ha mostrato un comportamento molto particolare: questa specie forma gruppi (*residents*) che difendono attivamente i territori di alimentazione dalle incursioni di altri esemplari della stessa specie (*raiders*); in molte occasioni i raiders riescono a impossessarsi di grossi frutti con grossi semi, che non riescono a trasportare a grandi distanze ma comunque sempre abbastanza lontani dalla pianta madre, consentendo quindi la rigenerazione degli alberi della foresta pluviale attraverso una migliore dispersione dei semi e delle specie vegetali. In Australia gli pteropi (chiamati anche *volpi volanti* per la forma appuntita del muso e il colore spesso rossiccio del pelo) e i pipistrelli della frutta dalle narici a tubo (entrambi appartenenti alla famiglia degli Pteropodidae) sono probabilmente gli unici dispersori di semi per molti alberi della foresta pluviale e quindi giocano un ruolo fondamentale nella sopravvivenza a lungo termine di alcuni taxa (Richards, 1990; Hall & Richards, 2000). Una lista delle piante utilizzate come alimento dalle volpi volanti australiane si trova in Hall & Richards (2000).

Pipistrelli e uccelli sono importanti dispersori nei pascoli perché disperdono i semi di specie pioniere (alberi, arbusti, erbe e epifite), collegando frammenti di foresta e mantenendo la diversità vegetale. Di conseguenza possono contribuire al ripristino della vegetazione legnosa nelle zone alterate delle foreste tropicali (Galindo-González et al., 2000).

Dato che disperdono i semi e talvolta impollinano gli strati superiori delle foreste, gli Pteropodi hanno un notevole impatto sul valore economico delle foreste tropicali del Vecchio Mondo; i Fillostomidi sembrano apportare un contributo diretto più modesto al valore economico delle foreste tropicali del Nuovo Mondo. Tuttavia influenzano la rigenerazione delle comunità vegetali e quindi danno un importante contributo indiretto al valore economico di queste foreste. Nel complesso i Chiroterteri frugivori svolgono un ruolo rilevante nella rigenerazione delle foreste tropicali, per cui la loro conservazione è particolarmente importante (Hodgkison et al., 2003; Muscarella & Fleming, 2007).

Theodor Fleming nel suo libro sulla *Carollia perspicillata* (probabilmente lo studio più vasto su una singola specie di pipistrello e sulle interazioni Pianta-Animale) ha valutato gli effetti della dispersione dei semi di questo Chirotertero nei confronti del successo riproduttivo di varie specie di piante.

Tra gli effetti positivi: riduzione dell'esposizione dei semi a patogeni fungini e/o predatori vicino alla pianta madre; incremento della germinabilità dei semi, anche in relazione alla loro deposizione in un microhabitat idoneo. Tra quelli negativi: distruzione dei semi nella bocca o nell'apparato digerente (raro); aumentato rischio di esposizione dei semi a predatori lontano dalla pianta madre; deposito dei semi in luoghi inappropriati per la loro germinazione (Fleming, 1988).

Un caso interessante è rappresentato da *Azadirachta indica*, conosciuto anche come *neem*, un albero della famiglia delle Meliacee originario dell'India e della Birmania. Nelle zone d'origine i frutti vengono consumati e dispersi da uccelli e pipistrelli (*Pteropus giganteus*, secondo Ezhil Vendan & Kaleeswaran, 2011). È dotato di numerose proprietà medicamentose, di una efficace azione repellente contro gli insetti, e viene utilizzato nella medicina tradizionale ayurvedica (Khare, 2004). La pianta è stata introdotta e naturalizzata in Africa all'inizio del '900 e anche qui si moltiplica grazie a uccelli e pipistrelli (in particolare *Epomophorus gambianus* e *Eidolon elvum*, secondo Ayensu, 1974) che si nutrono di frutti e ne sputano i semi (National Research Council, 1992; Puri, 2006; Csurhes, 2008). La dispersione dei frutti e semi di neem da parte di *E. gambianus* e *E. helvum* è un classico caso di mutualismo tra due organismi: il pipistrello ottiene il suo nutrimento dai frutti maturi di neem, garantendo nel contempo la continua propagazione di questa pianta.

#### *Caratteristiche dei frutti consumati dai Chiroterteri*

*Colore* – Il “bat-fruit” tipico non è particolarmente evidente, di colore opaco, verdastro o brunastro; in effetti la visione dei colori è piuttosto scarsa nei microchiroterteri per cui la loro assenza nei frutti non costituisce un handicap, mentre può esserlo per gli uccelli. Gli pteropi del Vecchio Mondo hanno invece una vista particolarmente acuta e quindi, a differenza dei Fillostomidi del Nuovo Mondo, si indirizzano anche verso frutti dai colori brillanti.

*Odore* – Questi pipistrelli possiedono un olfatto ben sviluppato anche in virtù della particolare struttura della loro cavità nasale (Neuweiler, 2000); la presenza di un odore spiccato costituisce quindi una caratteristica specifica dei frutti chiroterrocori che li distingue da quelli ornitocori.

*Dimensione dei frutti* – In molti casi i frutti tropicali sono grandi, succulenti e hanno grandi semi e le dimensioni sono tali da impedirne il trasporto da parte degli uccelli mentre i pipistrelli normalmente trasportano i frutti per consumarli in un posto tranquillo dopo averli staccati dalla pianta.

*Dimensione dei semi* – Anche i semi dei frutti chirotterocori hanno di solito dimensioni significative.

*Consistenza delle parti eduli* – Spesso i frutti mangiati dai pipistrelli hanno la polpa dura ma talvolta è succosa, profumata e morbida. In ogni caso questi animali sono importanti perché mangiano molti frutti che sono disprezzati dalla maggior parte degli uccelli. I pipistrelli frugivori hanno un modo insolito di mangiare la frutta, normalmente ben matura, che viene schiacciata tra il palato e la lingua per estrarre e ingerirne il succo. Quindi la polpa non viene inghiottita subito ma le fibre sono espulse dopo la masticazione e la spremitura dei succhi del frutto; i semi vengono sputati o ingeriti e poi espulsi con le feci (Morrison, 1980).

*Posizione dei frutti sull'albero* – I frutti mangiati dai pipistrelli sono quelli maturi, ancora attaccati all'albero e non quelli caduti sul terreno. Per consentirne un facile distacco questi frutti occupano posizioni peculiari tali da facilitarne l'accesso e la presa. Si riscontrano varie localizzazioni: sulla superficie della corona fogliare, alle estremità dei rami; sui rami penduli, in questo caso i frutti penzolano in spazi aperti o sotto la corona; sui vecchi rami di una corona aperta o sul tronco; su alberi a forma di pagoda (Pijl, 1957; Pijl, 1982).

La chirotterocoria è particolarmente diffusa nella vegetazione costiera marina e spiegherebbe la presenza di molte specie di *Pteropus* vicino alle coste del Pacifico. In Malesia molte colonie sono situate vicino al mare e quando invece si trovano nell'entroterra i pipistrelli si spostano ogni notte verso la costa a meno di non avere in vicinanza prodotti più appetibili. Diverse piante disperdono i loro semi in mare e questo è collegato in parte con la loro presenza lungo le coste. Dipendendo da una doppia modalità di dispersione (diplocoria) utilizzano le correnti marine per lunghe distanze in mare, mentre i pipistrelli consentono la colonizzazione delle aree terrestri più prossime. Le considerazioni precedenti sono confermate dalla situazione delle Hawaii, isole tropicali dal punto di vista vegetale ma prive di Chirotteri frugivori e dove non esistono grossi frutti autoctoni commestibili (Pijl, 1957). L'unico pipistrello presente è l'insettivoro *Lasiurus cinereus semotus*, il solo mammifero terrestre endemico di queste isole, considerato a elevato rischio di estinzione.

È di particolare interesse esaminare le modalità del ripopolamento dell'isola Anak Krakatau (Figlio del Krakatoa), nata dall'esplosione del vulcano Krakatoa (o Krakatau), avvenuta nel 1883. Oggi, la nuova Krakatau supporta una grande varietà di vertebrati e invertebrati, tra cui 11 specie di microchirotteri e 8 di pteropi. Non sorprende che oltre l'80% delle specie di vertebrati siano volatori, pipistrelli e uccelli, dato che l'isola è separata dalle altre terre (Giava e Sumatra) da circa 40 km di mare. Gli pteropi e gli uccelli frugivori

furono gli unici agenti non umani della prima colonizzazione zoocora di Krakatau. È ben nota l'abitudine dei pipistrelli di defecare in spazi aperti durante il volo e anche appollaiati sugli alberi. In questo modo le piante disperse dai Chirotteri possono raggiungere una distribuzione più uniforme rispetto a una dispersione ornitocora. Si ritiene che la prima ondata di colonizzazione sia stata determinata dagli pteropi entro circa dieci anni dall'eruzione. La conservazione dei semi vitali nell'intestino degli pteropi per periodi superiori a 12 ore fornisce un ottimo meccanismo per il trasporto di semi a livello oceanico, che ha consentito la ricostituzione di un ecosistema forestale tropicale superando il tratto di mare tra Krakatoa e le isole di Giava e Sumatra (Shilton et al., 1999; Shilton & Whittaker, 2010).

#### CHIROTTERI COME AGENTI IMPOLLINATORI DI PIANTE

La prima osservazione documentata sulla associazione tra megachiroteri e piante risale all'ottobre 1772, quando J.D. de La Nux scrisse dall'isola di Reunion, nell'Oceano Indiano, a Georges-Louis Leclerc conte di Buffon in Francia riguardo alle visite ai fiori da parte di *Pteropus niger* (Buffon, 1776). *P. niger* è un pipistrello appartenente alla famiglia degli Pteropodidi, endemico dell'isola di Mauritius, nell'Oceano Indiano. L'isola di Reunion, dove *P. niger* si era estinto intorno al 1800, è stata ricolonizzata nel 2001 e nel 2007 da individui provenienti da Mauritius attraverso 164 chilometri di mare aperto (Roué & Probst, 2010).

L'idea che i pipistrelli potessero agire come agenti impollinatori per la fioritura delle piante venne a Moseley (1879), che osservò dei pipistrelli frugivori (probabilmente della specie *Pteropus keraudreni*, sinonimo di *P. loochoensis*) che mangiavano in pieno sole i fiori rossi di un albero, forse una Papilionacea. Queste osservazioni furono fatte nelle isole Tonga, nell'Oceano Pacifico, durante la crociera di H.M.S. Challenger.

*Rousettus leschenaultii* è un pipistrello frugivoro comune nella parte occidentale dell'Indonesia (Sumatra, Giava, Bali e le isole Mentawai). Questa specie si trova anche in Sri Lanka, Pakistan, Vietnam, Cina meridionale e nella Malesia peninsulare. Una grande colonia di migliaia di individui di *R. leschenaultii* occupa la Ngerong Cave, East Java. La grotta è considerata sacra dalle popolazioni locali favorendo così la conservazione di questi pipistrelli e mantenendo i loro importanti servizi ecologici. Questo chiroterro frugivoro ha un impatto significativo sulla impollinazione di alcune colture di pregio, come il durian (*Durio zibethinus*), molto apprezzato dalla maggior parte del

popolo indonesiano che lo chiama “re dei frutti”. Inoltre svolge un’azione rilevante nella dispersione dei semi che influisce molto sulla rigenerazione della foresta (Sigit Wiantoro, *in litteris*).

I Chirotteri svolgono un ruolo cruciale nell’impollinazione di molte piante economicamente (ad es. mango, banane, agave) ed ecologicamente assai importanti come i cactus colonnari, elementi dominanti della vegetazione delle zone aride e semiaride del Nuovo Mondo (Dobat & Peikert-Holle, 1985; Kunz et al., 2011).

Negli anni recenti è stata data sempre maggiore importanza alle specie selvatiche di piante coltivate, da utilizzare come fonte di materiale genetico per incrementare la produttività, la resistenza alle malattie, la sopravvivenza alla siccità, ecc. Per molte piante tropicali c’è la necessità di una maggiore diversità genetica e questo è particolarmente significativo per il mango, per renderlo ancor più adatto a regioni aride e semi-aride. Il mango è diventato sempre più importante come prodotto da esportare e l’industria commerciale ha dovuto fare affidamento su relativamente pochi cultivar conformi alla domanda del mercato. Il risultato è stato una riduzione della diversità genetica, una preoccupazione crescente per la perdita di parenti selvatici delle piante coltivate e la minaccia di devastanti malattie o parassiti. La conservazione è quindi essenziale perché molte specie stanno scomparendo e molte altre sono minacciate e in via di estinzione (Prescott-Allen R. & Prescott-Allen C., 1988; Kole, 2011).

L’impollinazione di fiori a opera di Chirotteri (*chiroterofilia*) avviene specialmente ai tropici e sulle Ande si riscontra fino a 3400 metri sul livello del mare, dove le gelate sono frequenti di notte (Proctor et al., 1996). Fleming et al. (2009) riportano due importanti elenchi, molto utili per valutare l’impatto diretto dei Chirotteri sulle specie vegetali: 1) *Summary of families of angiosperms known to produce flowers visited by New World (NW) and Old World (OW) bats*; 2) *New World bat-pollinated species listed by plant family*.

L’impollinazione da parte degli animali si basa su una strategia “pubblicità e premio”, in cui i “clienti” (insetti, pipistrelli, uccelli e altri impollinatori) sono attratti dai fiori o visivamente o tramite l’olfatto, e vengono poi ricompensati per la loro visita con nettare e/o polline.

La maggior parte dei colibrì e alcune specie di pipistrelli nettariatori si librano in volo stazionario mentre si nutrono del nettare dei fiori e hanno evoluto dei particolari processi metabolici che consentono loro di alimentare il movimento sia con i grassi sia con i carboidrati. Il grasso è utilizzato durante i voli lunghi, come ad esempio durante le migrazioni. Tuttavia, mentre si librano di fiore in fiore per nutrirsi di nettare colibrì e pipistrelli si impegnano in qualcosa di analogo al rifornimento degli aeromobili a mezz’aria. Questo processo è parti-

colarmente efficiente; piuttosto che immagazzinare carboidrati in eccesso sotto forma di grasso e quindi bruciare grasso per fornire energia, i carboidrati contenuti nel nettare possono essere utilizzati direttamente dai muscoli in attività. La scoperta che i mammiferi volatori hanno evoluto la capacità di alimentare i loro muscoli a mezz'aria come avviene nei colibrì fornisce un nuovo esempio di evoluzione convergente, dove specie non imparentate hanno evoluto in modo indipendente adattamenti simili secondo lo stesso stile di vita o le condizioni ambientali (Suarez et al., 2011; Welch & Chen, 2014). L'accesso al fiore da parte dell'impollinatore è fondamentale per un'impollinazione efficace; corolle ampie guidano meglio i musci del pipistrello mentre corolle strette hanno una conformazione più adatta ai colibrì (Fleming et al., 2005).

Le specie di pipistrelli morfologicamente specializzate per l'alimentazione nettariovora appartengono a 2 delle 18 famiglie dei Chiroteri: gli *Pteropodidae* (Vecchio Mondo), che abitano nelle regioni tropicali e subtropicali dell'Africa (compreso il Madagascar e le Mascarene), in Asia, tra cui Indonesia, Australia e Papua Nuova Guinea, e nelle isole del Pacifico; i *Phyllostomidae* (Nuovo Mondo), che vivono nelle regioni tropicali e subtropicali delle Americhe. Queste due famiglie sono tassonomicamente inquadrare in due diversi subordini di Chiroteri (*Pteropodidae* in Yinpterochiroptera e *Phyllostomidae* in Yangochiroptera) e sono distanti anche filogeneticamente. La biologia floreale delle angiosperme è dominata dall'impollinazione biotica, soprattutto ai tropici dove l'impollinazione animale arriva fino al 99% e gli insetti sono i principali impollinatori. Un gruppo piccolo (ma ecologicamente ed economicamente importante) di angiosperme, circa 528 specie classificate in 28 ordini e 67 famiglie, è impollinato da pipistrelli nettariovori. (Fleming & Kunz, 1982; Fleming et al., 2009). Per l'Europa e le altre zone temperate la cifra per tutte le colture che dipendono dalla impollinazione animale (insetti) è vicina all'84% (Willmer, 2011). I Chiroteri sono presenti negli habitat più disparati ma le specie che visitano i fiori si trovano principalmente ai tropici, nella fascia tra 30°N e 30°S. Oltre alle zone umide (prevalenti) i pipistrelli impollinano anche i cactus delle aree desertiche degli Stati Uniti e della parte settentrionale del Messico.

Pipistrelli con strategie di foraggiamento nettariovoro e frugivoro si sono probabilmente evoluti da antenati insettivori che inizialmente raccoglievano insetti sulle superfici delle piante e successivamente erano passati a diete a base vegetale (Gillette, 1975). Nelle zone temperate i Chiroteri nettariovori sono assenti, probabilmente perché i nettariovori obbligati richiedono disponibilità di fiori per tutto l'anno. Anche se gli artropodi costituiscono la parte prevalente della sua dieta, *Antrozous pallidus* (Vespertilionidae) è anche



Fig. 4

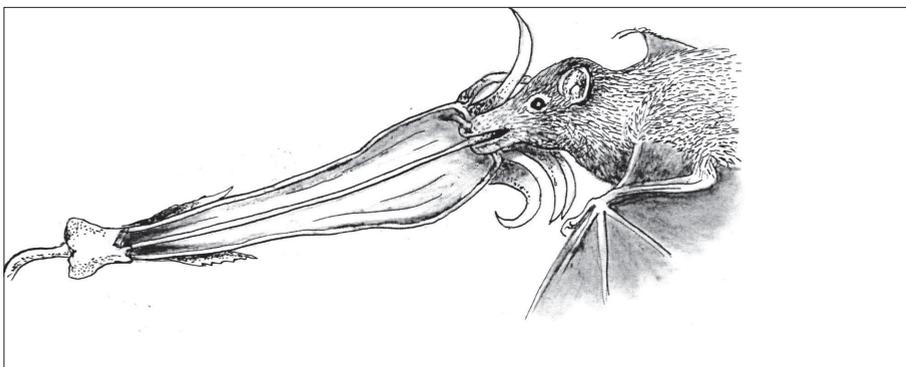


Fig. 5

un nettarivoro opportunisto pur mancando di adattamenti morfologici per l'estrazione del nettare. Nonostante ciò fornisce in modo significativo più polline per ogni visita di uno specialista nettarivoro altamente adattato come *Leptonycteris yerbabuenae* (Phyllostomidae) ed è un impollinatore efficace, supportando questa fonte di cibo nell'ambito di una evoluzione duplice e flessibile delle strategie alimentari. Le due specie sono state studiate nel deserto di Sonora, in una zona della parte messicana dove costituiscono i due soli pipistrelli presenti regolarmente (Frick et al., 2009; Frick et al., 2013).

Si ipotizza che possano verificarsi azioni di impollinazione anche da parte di pipistrelli esclusivamente insettivori. Vengono chiamati *contatti indiretti* quelli che avvengono quando l'animale visita i fiori non per i loro prodotti

(polline, nettare, petali) ma per catturare insetti che si trovino all'interno. In questo modo un'impollinazione può comunque realizzarsi, e se l'insetto è nocivo per la pianta questa ne trarrebbe un duplice beneficio. Un'attenta ricerca potrebbe dare risultati interessanti anche nelle zone temperate. Un modo piuttosto semplice per verificare questa possibilità è quello di controllare se i pipistrelli hanno del polline sul pelo della testa, del collo, del dorso e del ventre (Ratanaworabhan & Felten, 1986).

### *Adattamenti morfo-fisiologici*

I Chirotteri impollinatori hanno generalmente muso pronunciato e lingua lunga e sottile. Alcuni megachiroterteri, ad esempio *Sycocotis australis*, pur mantenendo queste caratteristiche fisiche, non hanno frutti nella loro dieta e dipendono totalmente dai fiori in cui affondano il muso e la lingua. I microchiroterteri e i megachiroterteri nectarivori condividono molte caratteristiche che differiscono dai microchiroterteri frugivori e animalivori ma non dai megachiroterteri frugivori; tra di esse palato lungo e stretto e dentatura più sottile. I microchiroterteri nettariivori non solo hanno palati lunghi e stretti ma anche teste lunghe e strette. Invece i megachiroterteri hanno zigomi sostanzialmente più grandi e una maggiore muscolatura della mascella, indicazioni di diete più generalizzate. I megachiroterteri frugivori differiscono dai megachiroterteri nettariivori per avere aree dentali totali più ampie, soprattutto i premolari anteriori. Anche i microchiroterteri frugivori hanno premolari grandi, condizione che potrebbe indicare che l'alimentazione frugivora richiede denti più grandi nella parte anteriore della mascella (Freeman, 1995). Trattazioni dettagliate sul cranio dei Chirotteri si trovano in Giannini et al. (2006) per il genere *Pteropus* e in Van Cakenberghe et al. (2002) per i rapporti filogenetici tra forma cranica e dieta.

I megachiroterteri hanno una lingua sottile e alcune specie che si alimentano abbondantemente di fiori hanno lingue che sono lunghe il 60%-70% della lunghezza del loro corpo. Nei microchiroterteri la lingua è generalmente corta ma nei Glossophaginae è sensibilmente più lunga, spesso fino al 50%-95% della lunghezza del corpo. Un caso eccezionale è rappresentato da *Anoura fistulata* (fig. 4), un pipistrello delle Ande equadoregne che ha una lingua (fig. 5) lunga fino a 85 mm (il 150% della lunghezza del corpo, un record nell'ambito dei mammiferi). Negli altri pipistrelli nettariivori, la base della lingua coincide con la base della cavità orale (la condizione tipica per i mammiferi), ma in *A. fistulata* la lingua discende attraverso il collo fin dentro la cavità toracica. Questa porzione è circondata da un manicotto di tessuto, o tubo glottico, che segue la

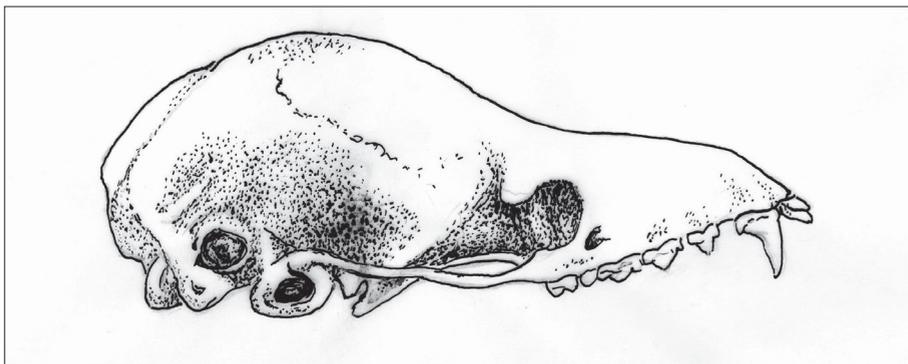


Fig. 6



Fig. 7

superficie ventrale della trachea e posiziona la base della lingua tra il cuore e lo sterno; una pianta, *Centropogon nigricans*, con la sua corolla lunga da 8 a 9 cm, è impollinata esclusivamente da questo pipistrello (Muchhala, 2006). Le lingue dei pipistrelli nettariatori hanno caratteristiche comuni tra le varie famiglie, presentando l'apice dotato di una spazzola di setole sottili, spesso rivolte leggermente all'indietro, che consentono un assorbimento del nettare per capillarità. In *Glossophaga soricina* (figg. 6 e 7) la punta della lingua è coperta da lunghe papille filamentose e assomiglia a un pennello o uno spazzolone. Durante l'alimentazione di nettare, i vasi sanguigni all'interno della punta della lingua si gonfiano di sangue e le papille diventano erette. La tumescenza e l'erezione della papilla persistono per tutta la durata della retrazione della lingua, e il nettare,

intrappolato tra le file di papille inturgidite, è trasportato nella bocca (Harper et al., 2013). La morfologia della lingua, combinata con osservazioni sul campo, suggerisce che molti megachiroterteri sono in grado di consumare diversi tipi di cibo quando quello preferito non è disponibile. Inoltre la struttura della lingua e delle sue papille supportano il ruolo dei megachiroterteri sia come impollinatori sia come dispersori dei semi (Birt et al., 1997).

### *Sistemi sensoriali*

I megachiroterteri hanno una buona vista e un olfatto eccellente, ma scarse capacità di navigazione al buio perché sono privi di qualsiasi sistema di ecolocalizzazione (a eccezione del genere *Rousettus*) mentre i microchiroterteri hanno vista relativamente scarsa ma eccellente olfatto e l'ecolocalizzazione consente loro di muoversi anche nella totale oscurità.

*Olfatto e Vista.* L'olfatto è la modalità sensoriale comune a tutti i pipistrelli per localizzare la posizione dei fiori, quasi sempre molto profumati. Essi hanno spesso odori piuttosto particolari, intensi e spesso sgradevoli per gli esseri umani, con presenza di terpeni (Hodgkison et al., 2013). I Chiroterteri sono considerati privi della visione dei colori anche se sono state rilevate alcune eccezioni (Eklöf et al., 2014). Potremmo dire che i microchiroterteri insettivori “vedono” con l'udito mentre i mega- e i microchiroterteri frugivori “vedono” con l'odorato, ma questi ultimi sono talvolta aiutati anche dall'ecolocalizzazione. Una pianta rampicante che vive nella foresta pluviale cubana, *Marcgravia evenia*, impollinata dal pipistrello *Monophyllus remani*, ha sviluppato una foglia particolare che ricorda un riflettore piatto. Analizzando le proprietà di riflessione acustica della foglia, si è scoperto che essa agisce come un ecofaro ideale, che rimanda echi forti, multidirezionali con una firma acustica facilmente riconoscibile, che rende perfettamente individuabile il fiore ai pipistrelli (Simon et al., 2011).

*Peli.* I peli (Lanza, 2012) dei microchiroterteri e dei megachiroterteri impollinatori mostrano una disposizione delle scaglie spiccatamente divergente o divaricata, probabilmente importante per raccogliere una grande quantità di polline dalle piante chiroterterofile. Al contrario, quei pipistrelli non associati con i fiori hanno peli con le scaglie ermeticamente accorpate. I peli di frugivori occasionali che mangiano nettare e polline di tanto in tanto mostrano una situazione intermedia (Howell & Hodgkin, 1976).

Approfondire la conoscenza dell'impollinazione da parte dei pipistrelli può aiutare anche a risolvere alcuni problemi sulle origini delle piante. *Musa*

*fehi* (una banana selvatica) alle Hawaii è probabilmente una specie introdotta, dal momento che ha fiori chiroterofili (impollinati in Asia da pipistrelli del genere *Macroglossum*) ma nelle isole hawaiane non vi sono Chiroterofili impollinatori ma solo una specie insettivora, *Lasiurus cinereus semotus* (Faegri & Pijl, 1979). Le banane coltivate commestibili sono partenocarpiche, il che significa che sviluppano polpa commestibile senza impollinazione.

Riassumendo, le caratteristiche della *chiroterofilia* sono le seguenti: i fiori si aprono e il polline e il nettare si rendono disponibili di notte oppure l'apertura dei fiori (*antesi*) avviene nell'ultima parte del giorno; colore dei fiori: biancastro, crema, giallo-ocra, verdastro o violaceo; i fiori durano normalmente solo una notte; odore notturno, forte, diverso da quello dei fiori impollinati da insetti, spesso fruttato, acido, di muffa, di cavolo o che suggerisce la fermentazione; fiori robusti; fiori spesso a forma di grande campana o di cesto; grande quantità di nettare diluito (talvolta mucillaginoso); grande quantità di polline; i fiori sono in posizioni accessibili ai pipistrelli (Faegri & Pijl, 1979; Proctor et al., 1996; Buchmann & Nabhan, 1996).

#### LA CRISI GLOBALE DELL'IMPOLLINAZIONE

Gli impollinatori sono una componente chiave della biodiversità a livello mondiale, fornendo servizi ecosistemici vitali per le piante coltivate e per quelle selvatiche. La percentuale di specie impollinate da animali aumenta da una media del 78% nelle zone temperate fino al 94% nelle comunità tropicali. Il numero complessivo di angiosperme a impollinazione animale si può stimare in 308.006, quantità che corrisponde all'87,5% di tutte le angiosperme (Paton et al., 2008; Ollerton et al., 2011). Negli ultimi anni vi sono prove evidenti della diminuzione degli impollinatori selvatici e di quelli domestici e declini paralleli nelle piante che da loro dipendono. A una scala globale, la riduzione delle popolazioni di impollinatori e più in generale la diversità delle specie ha sollevato forti preoccupazioni in merito ai potenziali rischi per la sicurezza alimentare mondiale e lo sviluppo economico, in particolare nei paesi in cui l'agricoltura costituisce una porzione importante dell'economia. In una prospettiva ecologica il declino degli impollinatori presenta ulteriori rischi per la stabilità degli ecosistemi e la perdita di biodiversità, non solo delle specie impollinatrici stesse, ma anche delle piante che vengono impollinate (Gallai et al., 2009; Bauer & Wing, 2010; Potts et al., 2010).

La crisi degli impollinatori dipende da vari fattori: a) il degrado e la distruzione degli habitat; b) la frammentazione degli habitat; c) le pratiche di agri-

coltura intensiva (monocolture, uso intensivo di erbicidi e insetticidi, sfruttamento eccessivo dei pascoli, taglio selettivo); d) aumento della frequenza o dell'intensità dei fuochi gestiti; e) introduzione di specie animali alloctone; f) specie vegetali invasive e modificazioni della flora; g) malattie e altre minacce naturali nei confronti di pollinatori essenziali; h) cambiamenti climatici (Willmer, 2011). Praticamente tutti questi elementi influiscono anche sui rapporti pipistrelli/impollinazione.

I Chirotteri sono tra gli animali meno considerati ma in realtà costituiscono un ordine dei mammiferi di grande rilevanza, e non solo in Nord America, dove sono stati oggetto di numerosi studi sul loro impatto economico. La loro conservazione è importante per l'integrità degli ecosistemi e nell'interesse delle economie di vaste aree del globo.

APPENDICE I: ESEMPI DI PIANTE ECONOMICAMENTE ED ECOLOGICAMENTE IMPORTANTI IMPOLLINATE (I) O DISPERSE (D) DAI CHIROTTERI (MODIFICATA DA KUNZ ET AL., 2011).

Famiglia e Sottofamiglia Taxon Servizio Osservazioni

Piante importanti economicamente

ANACARDIACEAE	<i>Anacardium occidentale</i>	D	Anacardio, produce tre principali prodotti locali e planetari di rilievo economico: anacardio (seme), mela di acagiù (ipocarpo) e l'olio di guscio di anacardio (resina naturale – mesocarpo)
	<i>Mangifera indica</i>	I, D	Mango, coltura commerciale planetaria e locale
	<i>Spondias</i>	D	I frutti di <i>S. cytherea</i> , <i>S. mombin</i> , e <i>S. purpurea</i> sono localmente importanti nell'America tropicale, consumati freschi o conservati
ANNONACEAE	<i>Annona</i>	D	<i>A. muricata</i> , <i>A. reticulata</i> , <i>A. squamosa</i> con sincarpi commestibili sono localmente importanti nell'America tropicale
ARACEAE	<i>Anthurium</i> , <i>Philodendron</i>	D	Comunemente coltivate come piante ornamentali
ARALIACEAE	<i>Dendropanax arboreus</i>	D	Coltivata come pianta ornamentale e per il legname nell'America tropicale
ARECACEAE	<i>Acrocomia</i> , <i>Astrocaryum</i> , <i>Bactris</i> , <i>Euterpe</i> , <i>Prestoea</i> , <i>Roystonea</i> , <i>Sabal</i> , <i>Socratea</i>	D	Utilizzate come fonti di “palmiti” o “cuori di palma”, soprattutto <i>Euterpe edulis</i> e <i>E. oleracea</i>
	<i>Euterpe edulis</i>	D	Produce i popolari frutti di açaí
	<i>Phoenix dactylifera</i>	D	Palma da datteri, i cui frutti costituiscono un alimento di base per l'Arabia e Nord Africa; foglie per fabbricare stuoie e tetti di paglia
	<i>Roystonea regia</i>	D	Palma reale, coltivata diffusamente
	<i>Sabal palmetto</i>	D	Le foglie sono una fonte commercialmente importante per fabbricare stuoie e tetti di paglia; i fusti sono utilizzati per mobili e pali da ormeggio
	<i>Socratea exorrhiza</i>	D	Legno utilizzato per costruzioni

AGAVACEAE	<i>Agave</i> , sottogenere <i>Agave</i>	I	Le agavi con infiorescenze a pannocchia, come <i>A. tequilana</i> , sono utilizzate per produrre distillati di elevato valore economico come la tequila, il mezcal, la bacanora, ecc.; la fibra tessile ricavata dalle sue foglie, detta <i>sisal</i> , è utilizzata per fabbricare corde, spago, cesti, cappelli, tappeti e altri manufatti artigianali.
BORAGINACEAE	<i>Cordia dodecandra</i>	D	Coltivata nell'America tropicale per i frutti commestibili e il legno nobile
CACTACEAE	Molti generi nella tribù <i>Pachycereeae</i> , sottofamiglia <i>Cactoideae</i>	I, D	Le popolazioni native nel sud-ovest degli Stati Uniti e dell'America Latina raccolgono i frutti di alcune specie di cactus impollinati dai pipistrelli e appartenenti ai generi <i>Carnegiea</i> , <i>Pachycereus</i> e <i>Stenocereus</i> . Alcune specie di <i>Stenocereus</i> sono coltivate commercialmente per i loro frutti
CARICACEAE	<i>Carica papaya</i>	D	Papaya, largamente coltivata ai tropici per la frutta e come fonte di papaina utilizzata in prodotti culinari e medicinali
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar</i>	I, D	Molte specie hanno semi che sono fonte di olio nell'America tropicale; la corteccia interna di <i>C. glabrum</i> è utilizzata per lavare
CECROPIACEAE	<i>Cecropia peltata</i>	D	Legno utilizzato per la pasta di legno, viene coltivata anche come pianta ornamentale nell'America tropicale
CHRYSO BALANACEAE	<i>Chrysobalanus icaco</i>	D	Coltivato per i frutti commestibili; olio di semi usato per le candele in Africa occidentale
CLUSIACEAE	<i>Clusia</i> , <i>Symphonia</i> , <i>Vismia</i>	D	Le resine sono localmente usate come medicinali in Sud America
COMBRETACEAE	<i>Terminalia catappa</i>	D	Mandorla tropicale, fonte di legname prezioso, semi commestibili, tannini per la tintura, estratto di corteccia per medicinali in Indomalesia
CYCLANTHACEAE	<i>Carludovica palmata</i>	D	Palma del cappello di Panama, coltivata per la produzione di cappelli, importante pianta da esportazione per l'Ecuador, usata anche per stuoie e cesti nell'America tropicale
EBENACEAE	<i>Diospyros digyna</i> , <i>D. kaki</i>	D	Coltivata per i frutti commestibili (sapote nero, cachi giapponese), in America centrale, Asia, Europa meridionale
FABACEAE FABOIDEAE	<i>Dipteryx odorata</i>	D	Semi odorosi utilizzati per profumare il tabacco e il tabacco da fiuto
	<i>Andira inermis</i>	D	Legname pregiato, la corteccia è utilizzata per la medicina, alle Antille viene piantata come frangivento

FABACEAE, MIMOSOIDEAE	<i>Inga vera</i>	D	La guaba, largamente coltivata in Sud America per la polpa di frutta commestibile, per il legname, come pianta da ombra, come medicinale, e per ottenere una bevanda alcolica, il cachiri
	<i>Parkia speciosa</i>	I	Specie da frutto commercialmente importante nel Sud-Est asiatico
LECYTHIDACEAE	<i>Lecythis pisonis</i>	D	Noci coltivate in Sud America per i semi commestibili
MALPIGHIACEAE	<i>Malpighia glabra</i>	D	Ciliegia delle Barbados, frutti commestibili ad alto contenuto di vitamina C, usata anche come pianta ornamentale nell'America tropicale
MALVACEAE, BOMBACOIDEAE	<i>Ceiba</i>	I	Fibre dai frutti di <i>C. pentandra</i> e altre specie sono usate per produrre il capoc
MALVACEAE	<i>Ochroma</i>	I	Balsa, il legname commerciale più leggero del mondo
MALVACEAE, HELICTEROIDEAE	<i>Durio</i>	I	<i>D. zibethinus</i> (durian) e molte altre specie di <i>Durio</i> sono diffusamente coltivate per i frutti commestibili e i semi nel Sud-Est asiatico e in altre zone dei tropici
MORACEAE	<i>Artocarpus</i>	D	<i>A. altilis</i> (albero del pane) e altre specie sono coltivate e vendute in tutta l'Asia tropicale e Australasia per le loro infruttescenze ricche di amido
	<i>Brosimum alicastrum</i>	D	Noce del pane, i semi sono commestibili e fonte preziosa di fibre, vitamine e microelementi; le foglie sono utilizzate come foraggio; sono usati anche il lattice e il legno
	<i>Ficus</i>	D	Numerose specie di fico utilizzati per gomma ( <i>Ficus elastica</i> ), fibre, carta, legname, medicinali e come piante ornamentali in tutte le zone tropicali
MUNTINGIACEAE	<i>Muntingia calabura</i>	D	Usata come legna da ardere nell'America tropicale
MUSACEAE	<i>Musa</i>	I, D	Banane, i pipistrelli pteropodi impollinano i fiori e disperdono i semi delle banane selvatiche. Le banane coltivate hanno un valore economico molto elevato
MYRTACEAE	<i>Ananomis umbellulifera</i>	D	Frutti commestibili nelle Antille
	<i>Psidium guajava</i>	D	La guava, coltivata per i frutti commestibili di importanza commerciale nell'America tropicale
	<i>Syzygium cumini</i> , <i>S. jambos</i> , <i>S. malaccensis</i>	D	Mela rosa, coltivata per i frutti commestibili nei tropici del Vecchio Mondo
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora edulis</i>	D	Frutto della passione, importante frutto tropicale commestibile
PIPERACEAE	<i>Piper aduncum</i>	D	Frutti commestibili a Portorico
POLYGONACEAE	<i>Coccoloba uvifera</i>	D	Uva marina, coltivata per i frutti commestibili nell'America tropicale

RHAMNACEAE	<i>Hovenia dulcis</i>	D	Albero dell'uva passa giapponese, i piccioli ingrossati e succulenti sono dolci e commestibili; utilizzato in Asia anche come medicinale e per il legno
ROSACEAE	<i>Eriobotrya japonica</i>	D	Nespola, originaria dell'Asia, ma diffusamente coltivata ai tropici in tutto il mondo per i frutti commestibili
RUBIACEAE	<i>Coffea arabica</i>	D	Caffè, originario del Vecchio Mondo ma ora coltivato per i semi in gran parte del globo
RUTACEAE	<i>Casimiroa edulis</i>	D	Sapote bianco, coltivato per i frutti commestibili in America Centrale
SALICACEAE	<i>Flacourtia indica</i>	D	Frutti commestibili e medicinali dei tropici del Vecchio Mondo
SAPINDACEAE	<i>Melicoccus bijugatus</i>	D	Mamoncillo o limoncillo, frutto commestibile dell'America tropicale
	<i>Sapindus saponaria</i>	D	Sapindo, frutto utilizzato come sostituto del sapone nell'America tropicale
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum cainito</i>	D	Mela stella, coltivata per i frutti commestibili nell'America tropicale
	<i>Manilkara</i>	D	Le specie di <i>Manilkara</i> , tra cui <i>M. zapota</i> (sapodilla), producono frutti di buon valore commerciale
	<i>Mimusops elengi</i>	D	Coltivato in tutti i tropici per i fiori profumati
	<i>Pouteria</i>	D	<i>P. sapota</i> (sapote) è un importante frutto caraibico; anche <i>P. campechiana</i> costituisce una fonte di frutti commestibili in America Centrale
STERCULIACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i>	D	Legname leggero per barche, botti e usato come legna da ardere nell'America tropicale
ULMACEAE	<i>Trema micrantha</i>	D	In epoca pre-ispanica utilizzato nell'America tropicale e in Polinesia per produrre tessuto di corteccia per l'abbigliamento; legno morbido per fiammiferi e casse; utilizzato anche nelle piantagioni di caffè ombreggiate
	<i>Vitis vinifera</i>	D	Vite da uva, fonte di frutti commestibili e bevande alcoliche, originaria probabilmente dell'Asia, largamente coltivata in tutto il mondo

Famiglia e Sottofamiglia Taxon Servizio Osservazioni  
 Piante importanti ecologicamente

AGAVACEAE	<i>Agave</i>	I	Molte specie di agavi panicolate sono presenti e ben visibili negli altopiani aridi dei Neotropici
ARECACEAE	Molti generi del Nuovo e del Vecchio Mondo	D	Le palme sono elementi comuni di molte foreste tropicali soprattutto ai Neotropici
CACTACEAE, CACTOIDEAE	Molti cactus colonnari in diverse tribù di questa sottofamiglia	I, D	I cactus colonnari sono specie chiave in molti habitat aridi dei Neotropici
CECROPIACEAE	<i>Cecropia</i>	D	Le specie di <i>Cecropia</i> sono importanti alberi pionieri in tutti i Neotropici
CLUSIACEAE	<i>Vismia</i>	D	Gli arbusti di <i>Vismia</i> sono importanti specie pioniere dei Neotropici
MALVACEAE, BOMBACOIDEAE	<i>Adansonia, Bombax, Ceiba, Pachira, Pseudobombax, ecc.</i>	I	Gli alberi di questa sottofamiglia sono spesso membri dominanti nelle foreste tropicali di tutto il mondo
MORACEAE	<i>Ficus</i>	D	Gli alberi di fico sono spesso membri chiave delle foreste tropicali di tutto il mondo
PIPERACEAE	<i>Piper</i>	D	Gli arbusti del genere <i>Piper</i> sono piante pioniere e membri comuni del sottobosco delle foreste neotropicali
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	D	Gli arbusti del genere <i>Solanum</i> sono piante pioniere e membri comuni del sottobosco delle foreste neotropicali, in particolare a medie altezze
ULMACEAE	<i>Trema micrantha</i>	D	Albero pioniere a rapida crescita

APPENDICE 2: ELENCO DELLE SPECIE DI CHIROTTERI IMPOLLINATORI  
 [MODIFICATO DA DOBAT & PEIKERT-HOLLE (1985)]

La tassonomia segue Simmons (2005) tranne quando specificato. L'attuale numero di specie di pipistrelli impollinatori nel Vecchio e nel Nuovo Mondo non differisce molto dalla compilazione di Dobat e Peikert-Holle, anche confrontando il *Database of Neotropical Bat/Plant Interactions*, costantemente aggiornato da Geiselman et al. (2002-onward).

- Eidolon helvum* (Kerr, 1792)  
*Rousettus aegyptiacus* (E. Geoffroy, 1810)  
*Rousettus aegyptiacus leachi* (A. Smith, 1829)  
*Lissonycteris angolensis* (Bocage, 1898) ex *Rousettus angolensis* (Bocage, 1889)  
*Rousettus leschenaulti* (Desmarest, 1820)  
*Pteropus mariannus* Desmarest, 1822  
*Pteropus tonganus* Quoy & Gaimard, 1830  
*Pteropus rufus* E. Geoffroy, 1803  
*Pteropus rodricensis* Dobson, 1878  
*Pteropus aldabrensis* True, 1893 ex *Pteropus seychellensis aldabrensis* True, 1893  
*Pteropus seychellensis comorensis* Nicoll, 1908  
*Pteropus seychellensis seychellensis* Milne-Edwards, 1877  
*Pteropus niger* (Kerr, 1792)  
*Pteropus giganteus* (Brunnich, 1782)  
*Pteropus giganteus giganteus* (Brunnich, 1782)  
*Pteropus vampyrus* (Linnaeus, 1758)  
*Pteropus vampyrus* E. Geoffroy, 1810  
*Pteropus alecto* Temminck, 1837  
*Pteropus alecto gouldi* Peters, 1867  
*Pteropus conspicillatus* Gould, 1850  
*Pteropus poliocephalus* Temminck, 1825  
*Pteropus scapulatus* Peters, 1862  
*Pteropus woodfordi* Thomas, 1888  
*Pteropus woodfordi* Thomas, 1888 ex *Pteropus austini* Lawrence, 1945  
*Pteropus mahaganus* Sanborn, 1931  
*Pteropus gilliardorum* Van Deusen, 1969 ex *Pteropus gilliardi* Van Deusen, 1969  
*Dobsonia moluccensis magna* Thomas 1905 (\*)  
*Epomops buettikoferi* (Matschie, 1899)  
*Epomophorus wahlbergi* (Sundevall, 1846)  
*Epomophorus labiatus* (Temminck, 1837)  
*Epomophorus gambianus* (Ogilby, 1835)  
*Micropteropus pusillus* (Peters, 1868)  
*Nanonycteris veldkampii* (Gentink, 1888)  
*Myonycteris torquata* (Dobson, 1878)  
*Cynopterus sphinx* (Vahl, 1797)  
*Cynopterus brachyotis* (Muller, 1838)  
*Cynopterus brachyotis javanicus* Andersen, 1910

- Eonycteris spelaea* (Dobson, 1871)  
*Eonycteris major* Andersen, 1910  
*Megaloglossus woermanni* Pagenstecher, 1885  
*Macroglossus minimus* (E. Geoffroy, 1810)  
*Macroglossus minimus minimus* (E. Geoffroy, 1810)  
*Macroglossus sobrinus* Andersen, 1911  
*Macroglossus minimus lagochilus* Matschie, 1899 ex *Macroglossus lagochilus* Matschie, 1899  
*Syconycteris australis* (Peters, 1867)  
*Notopteris neocaledonica* Trouessart, 1908 ex *Notopteris macdonaldi neocaledonica* Trouessart, 1908  
*Notopteris macdonaldi* Gray, 1859 ex *Notopteris macdonaldi neocaledonica* Trouessart, 1908  
*Noctilio leporinus leporinus* (Linnaeus, 1758) ex *Noctilio labialis* (Kerr, 1792)  
*Lampronnycteris brachyotis* (Dobson, 1879) ex *Micronnycteris brachyotis* (Dobson, 1879) (\*\*)  
*Phyllostomus hastatus* (Pallas, 1767)  
*Phyllostomus hastatus hastatus* (Pallas, 1767)  
*Phyllostomus discolor* Wagner, 1843  
*Phyllostomus discolor discolor* Wagner, 1843  
*Vampyrum spectrum* (Linnaeus, 1758)  
*Glossophaga soricina* (Pallas, 1766)  
*Glossophaga soricina antillarum* Rehn, 1902  
*Glossophaga leachi* Gray, 1844 ex *Glossophaga soricina leachii* (Gray, 1844)  
*Glossophaga soricina soricina* (Pallas, 1766)  
*Glossophaga longirostris* Miller, 1898  
*Glossophaga commissarisi* Gardner, 1962  
*Lonchophylla thomasi* J.A. Allen, 1904  
*Lonchophylla robusta* Miller, 1912  
*Lonchophylla bokermanni* Sazima, Vizotto & Taddei, 1978  
*Monophyllus redmani* Leach, 1821  
*Monophyllus redmani clinedaphus* Miller, 1900  
*Monophyllus redmani portoricensis* Miller, 1900  
*Monophyllus redmani redmani* Leach, 1821  
*Lionycteris spurrelli* Thomas, 1913  
*Anoura cultrata* Handley, 1960  
*Anoura cultrata* Handley, 1960 ex *Anoura werckleae* Starrett, 1969  
*Anoura geoffroyi* Gray, 1838  
*Anoura geoffroyi geoffroyi* Gray, 1838  
*Anoura geoffroyi peruana* (Tschudi, 1844) (\*\*)  
*Anoura caudifer* (E. Geoffroy, 1818)  
*Choeronycteris mexicana* Tschudi, 1844  
*Musonycteris harrisoni* Schaldach & McLaughlin, 1960 ex *Choeronycteris harrisoni* (Schaldach & McLaughlin, 1960)  
*Choeroniscus minor* (Peters, 1868) ex *Choeroniscus intermedius* (J.A. Allen & Chapman, 1893)  
*Hylonycteris underwoodi* Thomas, 1903  
*Leptonycteris nivalis* (Saussure, 1860)  
*Leptonycteris yerbabuena* Martinez & Villa-R, 1940  
*Leptonycteris curasoae* Miller, 1900  
*Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758)

*Carollia perspicillata perspicillata* (Linnaeus, 1758) (\*\*)  
*Sturnira lilium* (E. Geoffroy, 1810)  
*Uroderma bilobatum* Peters, 1866  
*Platyrrhinus lineatus* (E. Geoffroy, 1810)  
*Artibeus jamaicensis* Leach, 1821  
*Artibeus jamaicensis jamaicensis* Leach, 1821  
*Artibeus jamaicensis trinitatis* Andersen, 1906  
*Artibeus jamaicensis triomylyus* Handley, 1966  
*Artibeus jamaicensis planirostris* (Spix, 1823)  
*Artibeus lituratus* (Olfers, 1811)  
*Artibeus lituratus palmarum* J.A. Allen & Chapman, 1897  
*Artibeus phaeotis* (Miller, 1902)  
*Brachyphylla cavernarum* Gray, 1834  
*Brachyphylla nana* Miller, 1902  
*Erophylla bombifrons bombifrons* (Miller, 1899)  
*Erophylla bombifrons santacristobalensis* (Elliot, 1905)  
*Erophylla sezekomi sezekomi* (Gundlach, 1861)  
*Erophylla sezekomi syops* G. M. Allen, 1917  
*Phyllonycteris poeyi* Gundlach, 1861  
*Phyllonycteris aphylla* (Miller, 1898)  
*Mystacina tuberculata* Gray, 1843

(\*) Bonaccorso, F. J. 1998. *Bats of Papua New Guinea*. Conservation International Tropical Field Guide Series, Conservation International, Washington, D.C., 489 pp.

(\*\*) Gardner A.L. (ed.). 2007. *Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats*. University of Chicago Press. xx + 669 pp.

Nelle appendici non sono dati ulteriori dettagli delle specie già menzionate nel testo.

#### RINGRAZIAMENTI

Un ringraziamento particolare all'amico Ugo Funaioli, esperto conoscitore dei mammiferi africani, che ha realizzato con grande perizia e accuratezza i disegni che arricchiscono il testo dell'articolo. Desideriamo esprimere la nostra riconoscenza a Rosanna Bertozzi, bibliotecaria della Facoltà di Agraria dell'Università di Pisa, e al Centre de Coordination Ouest pour l'Étude et la Protection des Chauves-Souris, Suisse/Swiss Bat Center (Muséum d'Histoire Naturelle de la ville de Genève).

#### RIASSUNTO

L'ordine dei Chiroterti è il secondo gruppo di mammiferi più numeroso dopo i Roditori, con una grande diversità fisiologica ed ecologica. I pipistrelli svolgono importanti ruoli ecologici

nel controllo biologico dei parassiti, nell'impollinazione e nella dispersione dei semi delle piante. Vengono descritti gli adattamenti morfologici e comportamentali di questo particolare gruppo di pipistrelli. Le loro principali azioni in relazione al settore agricolo e forestale sono esaminate anche attraverso gli studi più importanti condotti in diverse parti del mondo. Viene descritto il controllo dei fitofagi da parte dei pipistrelli nelle risaie in Asia e in Europa. Le due appendici forniscono un elenco di specie vegetali coinvolte nella impollinazione e/o dispersione dei semi da parte dei Chiroteri e un vasto inventario di specie di pipistrelli impollinatori nel Vecchio e nel Nuovo Mondo. I pipistrelli sono tra gli animali più trascurati nonostante la loro importanza economica ed ecologica, ma la loro conservazione è fondamentale.

ABSTRACT

Order Chiroptera is the second most diverse and abundant order of mammals (after Rodents) with great physiological and ecological diversity. Bats play important ecological roles in biological pest control, plant pollination, seed dispersal. The morphological, physiological and behavioural adaptations of this peculiar group of bats are described. Their main actions in connection to agriculture and forestry are examined also through the most important studies carried out in different parts of the world. We mention the pest control of bats in rice paddies in Asia and in Europe. The two appendices provide a list of plant species involved in pollination and/or seed dispersal by bats and an extensive inventory of bat-pollinated species in the Old and New World. Bats are among the most overlooked animals in spite of their economic and ecological importance, but their conservation is mandatory.

BIBLIOGRAFIA

- ALTRINGHAM J.D. (2011): *Bats. From Evolution to Conservation*, Oxford University Press, Oxford, 2nd. ed., 352 pp.
- AYENSU E.S. (1974): *Plant and bat interactions in West Africa*, «Annals of the Missouri Botanical Garden», 61, pp. 702-727.
- BARNARD S. (ed.). (2011): *Bats in Captivity. Volume 3: Diet and Feeding – Environment and Housing*, Logos Press, Washington, DC., 420 pp.
- BASKIN C.C. & BASKIN J.M. (2014): *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*, Academic Press, San Diego, 2nd.ed., 1586 pp.
- BAUER D.M., WING I.S. (2010): *Economic consequences of pollinator declines: A synthesis*, «Agricultural and Resources Economic Review», 39 (3), pp. 368-383.
- BEAUDOIN-OLLIVIER L., BONACCORSO F., ALOYSIUS M., KASIKI M. (2003): *Flight movement of *Scapanes australis australis* in Papua New Guinea. A radiotelemetry study*, «Australian Journal of Entomology», 42 (4), pp. 367-372.
- BECK A. (1995): *Fecal analysis of European bat species*, «Myotis», 32-33, pp. 109-119.
- BEDFORD G.O. (1980): *Biology, ecology and control of palm rhinoceros beetles*, «Annual Review of Entomology», 25, pp. 309-339.
- BENSON E.P. (1991): *Bats in South American Folklore and Ancient Art*, «BATS Magazine», 9 (1), pp. 7-10.
- BEWLEY J.D., BRADFORD K.J., HILHORST H.W.M., NONOGAKI H. (2013): *Seeds. Physiology of Development, Germination and Dormancy*, Springer, New York, 392 pp.

- BIRT P., HALL L.S., SMITH G.C. (1997): *Ecomorphology of the tongues of Australian megachiroptera*, «Australian Journal of Zoology», 45 (4), pp. 369-384.
- BÖHM S.M., WELLS K., KALKO E.K.V. (2011): *Top-Down Control of Herbivory by Birds and Bats in the Canopy of Temperate Broad-Leaved Oaks (Quercus robur)*, «PLoS ONE», 6 (4), e17857. doi:10.1371/journal.pone.0017857
- BORG J.J. & SAMMUT P.M. (2002): *Notes on the diet of a Grey Long-eared Bat Plecotus austriacus (Fischer, 1829) from Mdina, Malta (Chiroptera, Vespertilionidae)*, «The Central Mediterranean Naturalist», 3 (4), pp. 171-172.
- BOYLES J.G., CRYAN P.M., MCCrackEN G.F. & KUNZ T.H. (2011): *Economic importance of bats in agriculture*, «Science», 332 (6025), pp. 41-42.
- BOYLES J.G., SOLE C.L., CRYAN P.M. & MCCrackEN G.F. (2013): *On Estimating the Economic Value of Insectivorous Bats: Prospects and Priorities for Biologists*, in Adams R.A. & Pedersen S.C. (eds.), *Bat Evolution, Ecology, and Conservation*, Springer, New York, 547 pp.: pp. 501-515.
- BREDT A., UIEDA W., PEDRO W.A. (2012): *Plantas e Morcegos, na recuperação de áreas degradadas e na paisagem urbana*, Brasília, Rede de Sementes do Cerrado, Brasília, 275 pp.
- BUCHMANN S.L. & NABHAN G.P. (1996): *The Forgotten Pollinators*. Island Press, Washington, D.C. 292 pp.
- BUFFON G.-L. LECLERC, COMTE (1776): *Histoire naturelle, générale et particulière. Servant de suite à l'histoire des animaux quadrupèdes*, Supplement, t. 3, Imprimerie Royale, Paris, pp. 253-262.
- CALIFORNIA AGRICULTURE (1998): *Bats can pack a punch in pest control*, «California Agriculture», 52, pp. 6-7.
- CHASEN F.N. (1931): *On bats from the limestone caves of North Borneo*, «Bulletin of the Raffles Museum», 5, pp. 107-114.
- CLEVELAND C.J., FRANK J.D., FEDERICO P., GOMEZ I., HALLAM T.G., HORN J., LOPEZ J., MCCrackEN G.F., MEDELLIN R.A., MORENO-VALDEZ A., SANSONE C., WESTBROOK J.K., KUNZ T.H. (2006): *Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas*, «Frontiers in Ecology and the Environment», 4, pp. 238-243.
- CSURHES S. (2008): *Neem tree. Azadirachta indica*, Queensland Government, Brisbane, 12 pp.
- CULLINEY T.W. (2014): *Crop Losses to Arthropods*, pp. 201-226, in Pimentel D. & Peshin R. (eds.), «Integrated Pest Management. Pesticide Problems», vol. 3, 2014, XXI+474 pp.
- DAILY G. C. (ed.). (1997): *Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Washington, DC. 392 pp.
- DAILY G.C., SÖDERQVIST T., ANIYAR S., ARROW K., DASGUPTA P., EHRLICH P.R., FOLKE C., JANSSON A., JANSSON B., KAUTSKY N., LEVIN S., LUBCHENCO J., MÄLER K.G., SIMPSON D., STARRETT D., TILMAN D. & WALKER B. (2000): *The Value of Nature and the Nature of Value*, «Science», 289 (5478), pp. 395-396.
- DAVY C.M., RUSSO D., FENTON M.B. (2007): *Use of native woodlands and traditional olive groves by foraging bats on a Mediterranean island: consequences for conservation*, «Journal of Zoology», London, 273, pp. 397-405.
- DOBAT K. & PEIKERT-HOLLE Th. (1985): *Blüten und Fledermäuse. Bestäubung durch Fledermäuse und Flughunde (Chiropterophilie)*, Waldemar Kramer, Frankfurt am Main, 370 pp.

- EKLÖF J., ŠUBA J., PETERSONS G., RYDELL J. (2014): *Visual acuity and eye size in five European bat species in relation to foraging and migration strategies*, «Environmental and Experimental Biology», 12, pp. 1-6.
- EZHIL VENDAN S. & KALEESWARAN B. (2011): *Plant dispersal by Indian flying fox Pteropus giganteus in Madurai region, India*, «Elixir Bio-Diversity», 30, pp. 1810-1813.
- FÆGRI K. & PIJL L. van der. (1979): *The principles of pollination ecology*, Pergamon Press, Oxford, 3rd.ed., 244 pp.
- FAO (Food and Agriculture Organization) (2014): *FAOSTAT 2012*, <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- FEDERICO P., HALLAM T.G., MCCracken G.F., PURUCKER S.T., GRANT W.E., CORREA SANDOVAL A.N., WESTBROOK, J.K., MEDELLIN R.A., CLEVELAND C.J., SANSONE C.G., LOPEZ J.D. JR, BETKE M., MORENO-VALDEZ A., KUNZ T.H. (2008): *Brazilian free-tailed bats (Tadarida brasiliensis) as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops*, «Ecological Applications», 18, pp. 826-837.
- FENNER M. (ed.). (2000): *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, CABI Publishing, Wallingford, 2nd.ed., 410 pp.
- FENTON M.B. & SIMMONS N.B. (2014): *Bats. A World of Science and Mystery*, University of Chicago Press, Chicago, 240 pp.
- FLAQUER C., GUERRIERI E., MONTI M., RAFOLS R, FERRER X., GISBERT D., TORRE I., PUIG-MONTSERRAT I. & ARRIZABALAGA A. (2011): *Bats and pest control in rice paddy landscapes of Southern Europe*, in *XII European Bat Research Symposium. Programme. Abstracts. List of Participants*, Vilnius, 100 pp.: pp. 24-25.
- FLAQUER C., MONTSERRAT X.P., BURGAS A. & RUSSO D. (2008): *Habitat selection by Geoffroy's bats (Myotis emarginatus) in a rural Mediterranean landscape: implications for conservation*, «Acta Chiropterologica», 10, pp. 61-67.
- FLEMING T. H. (1988): *The Short-tailed Fruit Bat: a Study in Plant-Animal Interactions*, University of Chicago Press, Chicago, 365 pp.
- FLEMING T.H. & KUNZ T.H. (1982): *Foraging strategies of plant visiting bats*, pp. 287-325, in Kunz T.H., *Ecology of bats*, Plenum press, New York, 1982, 425 pp.
- FLEMING T.H., MUCHHALA N., ORNELAS J.F. (2005): *New World nectar-feeding vertebrates: community patterns and processes*, pp. 161-185, in Sánchez-Cordero V., Medellín R.A. (eds.), *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa*, Instituto de Biología a Instituto de Ecología, UNAM, Mexico City, 2005, 680 pp.
- FLEMING T.H., GEISELMAN C., KRESS W.J. (2009): *The evolution of bat pollination: A phylogenetic perspective*, «Annals of Botany», 104, pp. 1017-1043.
- FREEMAN P.W. (1995): *Nectarivorous feeding mechanisms in bats*, «Biological Journal of the Linnean Society», 56, pp. 439-463.
- FRICK W., HEADY P., HAYES J. (2009): *Facultative nectar-feeding behavior in a gleaning insectivorous bat (Antrozous pallidus)*, «Journal of Mammalogy», 90, pp. 1157-1164.
- FRICK W.F., PRICE R.D., HEADY P.A., KAY K.M. (2013): *Insectivorous bat pollinates columnar cactus more effectively per visit than specialized nectar bat*, «The American Naturalist», 181 (1), pp. 137-144.
- GALINDO-GONZÁLEZ J., GUEVARA S., SOSA V. J. (2000): *Bat- and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical forest*, «Conservation Biology», 14 (6), pp. 1693-1703.
- GALLAI N., SALLES J., SETTELE J., VAISSIÈRE B.E. (2009): *Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline*, «Ecological Economics», 68, pp. 810-21.

- GARDNER A.L. (1977): *Feeding habits*, pp. 293-350, in Baker R.J., Jones J.K. Jr., Carter D.C. (eds.), *Biology of bats of the New World family Phyllostomatidae*, Part II. Special Publications, The Museum, Texas Tech Univ. Press, Lubbock, 1977, 364 pp.
- GERLAND P., RAFTERY A., ŠEVČÍKOVÁ H., LI N., GU D., SPOORENBERG T., ALKEMA L., FOSDICK B.K., CHUNN J., LALIC N., BAY G., BUETTNER T., HEILIG G.K., WILMOTH J. (2014): *World population stabilization unlikely this century*, «Science», DOI: 10.1126/science.1257469.
- GHANEM S.J. & VOIGT C.C. (2012): *Increasing awareness of ecosystem services provided by bats*, «Advances in the Study of Behavior», 44, pp. 279-302.
- GEISELMAN C.K., MORI S.A. & BLANCHARD F. (2002): *Database of Neotropical Bat/Plant Interactions*, [http://www.nybg.org/botany/tlobova/mori/batsplants/database/dbase\\_frameset.htm](http://www.nybg.org/botany/tlobova/mori/batsplants/database/dbase_frameset.htm)
- GIANNINI N.P., WIBLE J.R., SIMMONS N.B. (2006): *On the cranial osteology of Chiroptera, I. Pteropus (Megachiroptera: Pteropodidae)*, «Bulletin of the American Museum of Natural History», 295, pp. 1-134.
- GILLETTE D.D. (1975): *Evolution of feeding strategies in bats*, «Tebiwa», 18, pp. 39-48.
- GNANAMANICKAM S.S. (2009): *Biological Control of Rice Diseases*, Springer, New York, 108 pp.
- GOITI U., AIHARTZA J., GUIU M., SALSAMENDI E., ALMENAR D., NAPAL M. & GARIN I. (2011): *Geoffroy's bat, Myotis emarginatus, preys preferentially on spiders in multistratified dense habitats: a study of foraging bats in the Mediterranean*, «Folia Zoologica», 60, pp. 17-24.
- HABERSETZER J., RICHTER G., STORCH G. (1992): *Bats: already highly specialized insect predators*, pp. 179-191, in Schaal S. & Ziegler W. (eds.), *Messel. An insight into the history of life and of the earth*. Clarendon Press, Oxford, 1992, 340 pp.
- HALL L. & RICHARDS G. (2000): *Flying Foxes: Fruit and Blossom of Australia*, University of New South Wales Press, Sydney, 135 pp.
- HARPER C.J., SWARTZ S.M., BRAINERD E.L. (2013): *Specialized bat tongue is a hemodynamic nectar mop*, «Proceedings of the National Academy of Sciences», 110 (22), pp. 8852-8857.
- HASSAN R., SCHOLES R., ASH N. (2005): *Ecosystems and human well-being: Current State and Trends*, Volume 1, Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, 948 pp.
- HEINRICH E.A. (ed.) (1994): *Biology and management of rice insects*, Wiley Eastern Ltd., New Delhi, 779 pp.
- HEINRICH E.A. & MOCHIDA O. (1984): *From secondary to major pest status: the case of insecticide induced rice brown planthopper, Nilaparvata lugens, resurgence*, «Protection Ecology», 7, pp. 201-218.
- HEINRICH E.A. & MILLER T.A. (eds.) (1991): *Rice Insects: Management Strategies*, Springer-Verlag, New York, 347 pp.
- HILL D.S. (1983): *Agricultural Insect Pests of the Tropics and Their Control*, Cambridge University Press, Cambridge, 2nd ed., 746 pp.
- HILL D.S. (1987): *Agricultural Insect Pests of Temperate Regions and their Control*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 659.
- HILL J.E. & SMITH J.D. (1986): *Bats: a natural history*, British Museum of Natural History, London, 243 pp.
- HODGKISON R., BALDING S.T., ZUBALD A., KUNZ T.H. (2003): *Fruit bats (Chiroptera: Pteropodidae) as seed dispersers and pollinators in a lowland Malaysian rain forest*, «Biotropica», 35, pp. 491-502.

- HODGKISON R., AYASSE M., HÄBERLEIN C.M., SCHULZ S., ZUBAID A., MUSTAPHA W.A.W., KUNZ T.H., KALCO E.K.V. (2013): *Fruit bats and bat fruits: the evolution of fruit scent in relation to the foraging behaviour of bats in the New and Old World tropics*, «Functional Ecology», 27, pp. 1075-1084.
- HOWE H.F. & SMALLWOOD J. (1982): *Ecology of seed dispersal*, «Annual Reviews of Ecology and Systematics», 13, pp. 201-228.
- HOWE H.F. & WESTLEY L.C. (1996): *Piante e animali: rapporti ecologici ed evolutivi*, Franco Muzzio Editore, Padova, 287 pp.
- HOWELL D. J. & HODGKIN N. (1976): *Feeding adaptations in the hairs and tongues of nectar-feeding bats*, «Journal of Morphology», 148, pp. 329-36.
- HUBER J. (1910): *Mattas e madeiros amazonicas*, «Boletim Museu Paraense Emilio Goeldi», 6, pp. 91-225.
- ISPRA (2014): *Annuario dei dati ambientali – edizione 2013*, 47/2014, <http://annuario.isprambiente.it/edizione-2013-pdf>
- JACHOWSKI D.S., JACHOWSKI C.M.B., FORD W.M. (2014): *Is White Nose Syndrome Causing Insectivory Release and Altering Ecosystem Function in Eastern North America?*, «Bat Research News», 55 (2); pp. 21-24.
- KALKA M.B., SMITH A.R., KALCO E.K.V. (2008): *Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest*, «Science», 320, p. 71.
- KASSO M. & BALAKRISHNAN M. (2013): *Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera)*, «ISRN Biodiversity», Hindawi Publishing Corporation, 2013, ID 187415, pp. 1-9.
- KHARE C.P. (ed.). (2004): *Indian Herbal Remedies: Rational Western Therapy, Ayurvedic and Other Traditional Usage, Botany*, Springer, Berlin, 524 pp.
- KIPLE K.F. & ORNELAS K.C. (eds.). (2000): *The Cambridge World History of Food*, Cambridge University Press, Cambridge, 2 voll, 2153 pp.
- KISER M. & KISER S. (2002): *Bat Houses for Integrated Pest Management Benefits for Bats and Organic Farmers: Phase I. Final Report*, Bat Conservation International Austin, Tx., Submitted To: Organic Farming Research Foundation, Santa Cruz, Ca., 12 pp. <http://cascadiaresearch.org/bats/tesc/bathouses.integrated-pest.bci.pdf>
- KOLE C. (ed.). (2011): *Wild crop relatives: genomic and breeding resources. Tropical and subtropical fruits*, Springer, Berlin, 256 pp.
- KUNZ T.H., BRAUN DE TORREZ E., BAUER D., LOBOVA T., FLEMING T.H. (2011): *Ecosystem services provided by bats*, «Annals of the New York Academy of Sciences», 1223, pp. 1-38.
- LACKI M.J., AMELON S.K., AND BAKER M.D. (2007a): *Foraging ecology of bats in forests*, pp. 83-127, in Lacki M.J., Hayes J.P., and Kurta A. (eds.), *Bats in forests: conservation and management*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2007, 329 pp.
- LACKI M.J., JOHNSON J.S., DODD L.E., BAKER M.D. (2007b): *Prey consumption of insectivorous bats in coniferous forests of north-central Idaho*, «Northwest Science», 81 (3), pp. 199-205.
- LANZA B. (2012): *Mammalia V, Chiroptera*, Fauna d'Italia, Vol. 46, Edizioni Calderini de «Il Sole 24 ORE», Milano, XIII + 786 pp.
- LEE Y.F., MCCRACKEN G.F. (2005): *Dietary variation of Brazilian free-tailed bats links to migratory populations of pest insects*, «Journal of Mammalogy», 86, pp. 67-76.
- LEELAPAIBUL W., BUMRUNGSI S., PATTANAWIBOON A. (2005): *Diet of wrinkle-lipped free-tailed bat (Tadarida plicata Buchannan, 1800) in central Thailand: insectivorous bats potentially act as biological pest control agents*, «Acta Chiropterologica», 7 (1), pp. 111-119.

- LOBOVA T.A., GEISELMAN C.K., MORI S.A. (2009): *Seed dispersal by bats in the Neotropics*, The New York Botanical Garden Press, New York, 471 pp.
- MARINO D. & PIOTTO B. (a cura di) (2010): *Il valore economico della biodiversità e degli ecosistemi. Economia della conservazione ex situ*, Manuali e linee guida ISPRA 64/2010, 108 pp.
- MARSHALL A.G. (1983): *Bats, flowers and fruit: evolutionary relationships in the Old World*, «Biological Journal of the Linnean Society», 20, pp. 115-135.
- MARSHALL A. (1985): *Old World phytophagous bats (Megachiroptera) and their food plants: a survey*, «Zoological Journal of the Linnean Society», London, 83, pp. 351-369.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005): *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, 155 pp.
- MINNIS A.M. & LINDNER D.L. (2013): *Phylogenetic evaluation of Geomyces and allies reveals no close relatives of Pseudogymnoascus destructans, comb. nov., in bat hibernacula of eastern North America*, «Fungal Biology», 117, pp. 638-649.
- MORRISON D.W. (1980): *Efficiency of food utilization by fruit bats*, «Oecologia», 45, pp. 270-273.
- MORRISON E.B. & LINDELL C.A. (2012): *Birds and bats reduce insect biomass and leaf damage in tropical forest restoration sites*, «Ecological Applications», 22 (5), pp. 1526-1534.
- MOSELEY H.N. (1879): *Notes by a Naturalist on the "Challenger", being an account of various observations made during the Voyage of H.M.S. "Challenger round the world, in the years 1872-1876 ...*, Macmillan and Co., London, 620 pp.
- MUCHHALA N. (2006): *Nectar bat stows huge tongue in its rib cage*, «Nature», 444, pp. 701-702.
- MUSCARELLA R. & FLEMING T.H. (2007): *The role of frugivorous bats in tropical forest succession*, «Biological Review», 82, pp. 573-590.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1992): *Neem: A Tree for Solving Global Problems*, National Academy Press, Washington, 152 pp.
- NEUWEILER G. (2000): *The biology of bats*, Oxford University Press, New York, 310 pp.
- O'LEARY M.A., BLOCH J.I., FLYNN J.J., GAUDIN T.J., GIALLOMBARDO A., GIANNINI N.P., GOLDBERG S.L., KRAATZ B.P., LUO Z.X., MENG J., NI X., NOVACEK M.J., PERINI F.A., RANDALL Z.S., ROUGIER G.W., SARGIS E.J., SILCOX M.T., SIMMONS N.B., SPAULDING M., VELAZCO P.M., WEKSLER M., WIBLE J.R., CIRRANELLO A.L. (2013): *The placental mammal ancestor and the post-KPg radiation of placentals*, «Science», 339, pp. 662-667.
- OLLERTON J., TARRANT S., WINFREE R. (2011): *How many flowering plants are pollinated by animals?*, «Oikos», 120, pp. 321-326.
- OOI P.A.C. (2010): *Rice Plant Hopper Outbreaks: A man-made plague?*, PANAP Rice Sheets, 12 pp.
- PALOMO L. J., GISBERT J., BLANCO J. C. (2007): *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*, Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid, 588 pp.
- PATHAK M.D. & KHAN Z.R. (1994): *Insect pest of rice*, International Rice Research Institute, International Centre of Insect Physiology and Ecology, Manila, 89 pp.
- PATON A.J., BRUMMITT N., GOVAERTS R., HARMAN K., HINCHCLIFFE S., ALLKIN B., LUGHADHA E.N. (2008): *Towards target 1 of the global strategy for plant conservation: a working list of all known plant species – progress and prospects*, «Taxon», 57, pp. 602-611.

- PIJL L. VAN DER. (1957): *The Dispersal of Plants by Bats (Chiropterochory)*, «Acta Botanica Neerlandica», 6, pp. 291-315.
- PIJL L. VAN DER. (1982): *Principles of Dispersal in Higher Plants*, Springer-Verlag, Berlin, 3rd.ed., 214 pp.
- POLLINI A. (2013): *Entomologia applicata*, Il Sole 24 Ore Edagricole, Bologna, 1863 pp.
- POTTS S. G., BIESMEIJER J. C., KREMEN C., NEUMANN P., SCHWEIGER O., KUNIN W. E. (2010): *Global pollinator declines: trends, impacts and drivers*, «Trends in Ecology & Evolution», 25 (6), pp. 345-353.
- PRESCOTT-ALLEN R. & PRESCOTT-ALLEN C. (1988): *Genes from the wild. Using wild genetic resources for food and raw materials*, Earthscan Publications Ltd. London, 111 pp.
- PROCTOR M., YEO P., LACK A. (1996): *The natural history of pollination*, Timber Press, Portland, 479 pp.
- PURI H.S. (2006): *NEEM. The Divine Tree Azadirachta indica*, Taylor & Francis e-Library, 166 pp.
- RAINHO A. (2007): *Summer foraging habitats of bats in a Mediterranean region of the Iberian Peninsula*, «Acta Chiropterologica», 9 (1), pp. 171-181.
- RATANAWORABHAN N. & FELTEN H. (1986): *Short remarks on bats in their environments in Thailand*, pp. 47-54, in Felten H. (ed.), *Contributions to the knowledge of the bats of Thailand*, «Courier Forschungsinstitut Senckenberg», 87, 1986, pp. 1-112.
- RICCUCCI M. & LANZA B. (2014): *Bats and Agriculture: the farmer's best friends*, «Vespertilio», 17-18 (in press).
- RICHARDS G.C. (1990): *The spectacled flying-fox, Pteropus conspicillatus (Chiroptera: Pteropodidae), in north Queensland, 2, Diet, seed dispersal and feeding ecology*, «Australian Mammalogy», 13, pp. 25-31.
- RICHTER G. (1993): *Proof of feeding specialism in Messel bats?*, «Kaupia», 3, pp. 107-112.
- RONDININI C., BATTISTONI A., PERONACE V., TEOFILI C. (compilers). (2013): *Lista Rossa IUCN dei Vertebrati Italiani*, Comitato Italiano IUCN e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma, 54 pp.
- ROUÉ S.G. & PROBST J.-M. (2010): *Nouvelles observations de Roussette noire (Pteropus niger) sur l'île de La Réunion*, in *Société française d'études et de protection des mammifères. Rencontres nationales "chauves-souris" (12, 2008, Bourges)*, Actes des douzièmes rencontres nationales "chauves-souris" de la Société française pour l'étude et la protection des mammifères, Bourges, mars 2008, «Symbioses», n.s., 25, pp. 41-43.
- RUANO F., LOZANO C., GARCIA P., PENNA A., TINAUT A., PASCUAL F., CAMPOS M. (2004): *Use of arthropods for the evaluation of the olive-orchard management regimes*, «Agricultural and Forest Entomology», 6, pp. 111-120.
- RUSSO D., ALMENAR D., AIHARTZA J., GOITI U., SALSAMENDI E., GARIN I. (2005): *Habitat selection in sympatric Rhinolophus mehelyi and R. euryale (Chiroptera: Rhinolophidae)*, «Journal of Zoology», London, 266, pp. 327-332.
- RUSSO D., JONES G., MIGLIOZZI A. (2002): *Habitat selection by the Mediterranean horse-shoe bat, Rhinolophus euryale (Chiroptera: Rhinolophidae) in a rural area of southern Italy and implications for conservation*, «Biological Conservation», 107, pp. 71-81.
- RUSSO D. & JONES G. (2003): *Use of foraging habitats by bats (Mammalia: Chiroptera) in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications*, «Ecography», 26, pp. 197-209.
- SCOLOZZI R., MORRI E., SANTOLINI R.. (2012): *Delphi-based change assessment in ecosystem service values to support strategic spatial planning in Italian landscapes*, «Ecological Indicators», 21, pp. 134-144.

- SELTZER C.E., NDANGALASI H.J., CORDEIRO N.J. (2013): *Seed Dispersal in the Dark: Shedding Light on the Role of Fruit Bats in Africa*, «Biotropica», 45, pp. 450-456.
- SHARMA S.D. (ed.). (2010): *Rice. Origin, Antiquity and History*, CRC Press, Boca Raton, 580 pp.
- SHILTON L.A., ALTRINGHAM J.D., COMPTON S.G., WHITTAKER R.J. (1999): *Old world fruit bats can be long-distance seed dispersers through extended retention of viable seeds in the gut*, «Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences», 266, pp. 219-223.
- SHILTON L.A. & WHITTAKER R.J. (2010): *The role of pteropodid bats (Megachiroptera) in re-establishing tropical forests on Krakatau*, pp. 176-215, in Fleming T.H. & Racey P.A. (eds.), *Island Bats: Ecology, Evolution, and Conservation*. University of Chicago Press, Chicago, 2010, 549 pp.
- SIMMONS N.B. (2005): *Order Chiroptera*, pp. 312-529, in Wilson D.E. & Reeder D.A.M. (eds.), *Mammal species of the world, a taxonomic and geographic reference*, 3rd edition, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2010, Vol. 1: i-xxxviii + 1-744, Vol. 2: i-xx + 745-2142.
- SIMMONS N.B., SEYMOUR K.L., HABERSETZER J., GUNNELL G.F. (2008): *Primitive early Eocene bat from Wyoming and the evolution of flight and echolocation*, «Nature», 451, pp. 818-821.
- SIMON R., HOLDERIED M.W., KOCH C.U., VON HELVERSEN O. (2011): *Floral Acoustics: Conspicuous Echoes of a Dish-Shaped Leaf Attract Bat Pollinators*, «Science», 333, pp. 631-633.
- SMITH J.D. & HOOD C.S. (1981): *Preliminary notes on bats from the Bismarck Archipelago (Mammalia: Chiroptera)*, «Science in New Guinea», 8, pp. 81-121.
- SPIZENBERGER F., STRELKOV P. P., WINKLER H., HARING E. (2006): *A preliminary revision of the genus Plecotus (Chiroptera, Vespertilionidae) based on genetic and morphological results*, «Zoologica Scripta», 35 (3), pp. 187-230.
- SUAREZ R.K., HERRERA M., L. G., WELCH JR., K. C. (2011): *The sugar oxidation cascade: Aerial refueling in hummingbirds and nectar bats*, «Journal of Experimental Biology», 214 (2), pp. 172-178.
- TEELING E.C., SPRINGER M.S., MADSEN O., BATES P., O'BRIEN S.J., MURPHY W.J. (2005): *A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record*, «Science», 307 (5709), pp. 580-584.
- TIMMER C.P. (2010): *The Changing Role of Rice in Asia's Food Security*, ADB Sustainable Development Working Paper Series, 19 pp.
- VAN CAKENBERGHE V., HERREL A., AGUIRRE L.F. (2002): *Evolutionary relationships between cranial shape and diet in bats (Mammalia: Chiroptera)*, pp. 205-236, in *Topics in Functional and Ecological Vertebrate Morphology* (Aerts P., D'aout K., Herrel A. and Van Damme R., Eds.), Shaker Publishing, Maastricht, 372 pp.
- VAUGHAN N. (1997): *The diets of British bats (Chiroptera)*, «Mammal Review», 27, pp. 77-94.
- WANGER T.C., DARRAS K., BUMRUNGSI S., TSCHARNTKE T., KLEIN A.M. (2014): *Bat pest control contributes to food security in Thailand*, «Biological Conservation», 171, pp. 220-223.
- WELCH JR. K.C. & CHEN C.C.W. (2014): *Sugar flux through the flight muscles of hovering vertebrate nectarivores: a review*, «Journal of Comparative Physiology», B. 2014, Jul 17. Epub ahead of print.
- WHITTAKER JR. J.O. (1995): *Food of the big brown bat Eptesicus fuscus from maternity*

- colonies in Indiana and Illinois*, «American Midland Naturalist», 134 (2), pp. 346-360.
- WILLIAMS-GUILLEN K., PERFECTO I., VANDERMEER J. (2008): *Bats Limit Insects in a Neotropical Agroforestry System*, «Science», 320, p. 70.
- WILLMER P. (2011): *Pollination and Floral Ecology*, Princeton University Press, Princeton. 778 pp.
- WILLSON M.F. & TRAVESET A. (2000): *The ecology of seed dispersal*, pp. 85-110, in Fenner M. (ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*, CABI Publishing, Wallingford, 2000, 2nd.ed., 410 pp.