

L'assetto zoogeografico dell'Appennino centro-settentrionale

FABIO STOCH

*Segreteria Tecnica per le Aree Naturali Protette, Direzione per la Protezione della Natura
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare,
via Capitan Bavastro 174 00154 Roma (Italy)**

**Indirizzo attuale dell'autore: via dello Sboccatore 3/27, 00069 Trevignano Romano,
Roma (Italy); e-mail: fstoch@faunaitalia.it*

Key words: Apennines, historical biogeography, fauna, species richness, endemism

SUMMARY

During the XVII Congress of the Italian Society of Biogeography in 1971, dedicated to the Central Apennines, Ruffo remarked the low degree of faunistic knowledge of the area. After thirty-five years, biogeographers have at disposition a national database including more than 538,000 distributional records of 10,000 terrestrial and inland water species, mainly invertebrates and lower vertebrates. The records stored in the database were assembled from bibliographical sources, museum collections, as well as unpublished data delivered by taxonomists. The large amount of taxonomic and faunistic information stored in the inventory is analysed herein to describe the biogeographical features of the Apennines. After discussing the Linnean and the Wallacean shortfall which influence data reliability, the historic species accumulation curve was used to estimate the total number of species present in the area (approximately 30,000, excluding protozoans). Biogeographic patterns were synthesized following the chorotypes proposed by Stoch and Vigna Taglianti (2005); most species are widely distributed in the Palearctic (37%), European (26%), and Mediterranean (13%) regions; 23% of the species are endemic. Statistically significant ($p < 0.05$) endemism *hospots* in the Apennines are defined using local indicators of spatial association; they are located on the main mountain massifs along the Italian Peninsula. *Coldspots* include the Padanian plain, part of Tuscany as well as most of southern Apennines.

A correspondence analysis of the chorotypes x grid cells (UTM grid, datum ED50) matrix allowed to identify a major latitudinal gradient; the first two CA axes explained approximately 50% of total variation. Mapping a combination of the two axes using GIS and geostatistical analysis allowed to divide the Italian peninsula into biogeographical provinces; the Apennines are clearly divided in a Northern part (including Northern and Central Apennines) and in a Southern part where Mediterranean species penetrate up to the inner areas of the massifs. The historical and environmental factors correlated with the biogeographical patterns were analysed using canonical correspondence analysis as well as multiple linear regression analysis applying a spatial error model accounting for autocorrelation. The main gradient displayed by the first CCA axis is strongly correlated to latitude and the influence of Mediterranean climate, as well as to elevation and the spatial extent of karstified areas, which host a large amount of endemics; the factors explaining this pattern are mainly historical. The second axis is correlated with environmental heterogeneity and anthropization; this is an ecological gradient superimposed on the historical pattern. Maps illustrating the present-day distributional pattern of palaeoendemic species (mainly of Thyrrhenian origin), northern species (which colonized the Italian peninsula as far as Sicily during Pliocene and the Quaternary age), as well as Mediterranean species (which expanded their area of distribution northernwards after the retirement of the Quaternary glaciers) are presented to summarize the historical factors which explain the biogeography of the Apennines.

Finally, an approach to conservation issues is recommended following the Conservation Biogeography theory, stressing the importance of preserving areas and species assemblages which are the relics of ancient palaeogeographical and palaeoclimatic events which shaped the distribution of Apenninic fauna.

INTRODUZIONE

Nell'espone alcune considerazioni sul popolamento dell'Appennino centrale a margine del XVII Congresso della Società Italiana di Biogeografia, Ruffo (1971) lamentava la carenza di conoscenze faunistiche per quest'area: "Una prima lacuna risulta chiarissima, la più vistosa di tutte: nel 1971, infatti, siamo ancora costretti a riconoscere quanto poco sia nota la composizione faunistica di uno dei più interessanti distretti appenninici... occorreranno ancora parecchi anni di ricerche ... prima di possedere elementi sufficientemente validi per giudicare la composizione di tale fauna, nonché i modi in cui essa poté costituirsi nel tempo". È ancora: "È questo un programma di lavoro che da vari anni [...] io vado sostenendo e al quale ci sembra giusto debbano essere assegnati i ricercatori e i mezzi, del resto non vistosi, che sono necessari al compimento di una doverosa e seria iniziativa scientifica: quella di conoscere la fauna del nostro paese, base indispensabile anche per quegli studi ecologici oggi, almeno a parole, tanto di attualità."

Trascorsi 35 anni, nell'ambito del XXXVI Congresso della Società Italiana di Biogeografia, è lecito chiedersi cosa sia cambiato nello stato delle conoscenze sull'assetto faunistico e zoogeografico dell'Appennino e se alle parole di Sandro Ruffo abbiano fatto seguito ricerche e iniziative concrete. Scopo di questo contributo introduttivo è, in primo luogo, valutare la completezza dei dati faunistici oggi disponibili per l'area in esame (Ruffo e Stoch, 2005) e tentare una prima ricostruzione dei *pattern* di distribuzione della ricchezza di specie, soprattutto endemiche, nell'area appenninica. Nella seconda parte del contributo, questi *pattern* vengono modellizzati per suddividere la cosiddetta "Provincia appenninica" (Minelli et al., 2005) in settori zoogeografici omogenei e statisticamente significativi e per cercare di individuare i fattori storici ed ecologici che possono spiegare questa suddivisione. Infine, viene discussa l'importanza dello studio zoogeografico dell'Appennino per sviluppare efficaci strategie di conservazione della sua fauna.

Il presente contributo rappresenta una sintesi di molti anni di lavoro dedicati a queste problematiche non solo da parte di chi scrive, ma anche delle decine di tassonomi e faunisti che hanno fornito i loro dati, spesso inediti, per costruire un primo repertorio della fauna italiana. Vorrei pertanto dedicare con affetto e gratitudine la presente sintesi a tutte quelle persone che hanno contribuito alla realizzazione di quest'opera e che sono ricordate nei Ringraziamenti del volume edito da Ruffo e Stoch (2005). Ma vorrei soprattutto dedicare questo lavoro al mio amico e maestro, Sandro Ruffo, che mi ha insegnato a lottare per questa "doverosa e seria iniziativa scientifica".

MATERIALI E METODI

Il presente contributo è basato sulla banca dati *CKmap* (Ruffo e Stoch, 2005), acronimo derivante da *Checklist mapping*. Questo database, in formato Microsoft®

Access 2000, assembla i dati di distribuzione (raccolti da fonti bibliografiche, collezioni museali o da singoli ricercatori) di circa 10.000 specie terrestri e d'acqua dolce della fauna "minore" italiana (invertebrati e vertebrati inferiori, esclusi cioè gli uccelli e i grandi mammiferi). Per ogni specie (Stoch, 2004b) sono state schedate tutte le località di raccolta note sino al 2004, per un totale di oltre 548.000 *record*, utilizzando come unità di base per la georeferenziazione le celle della griglia UTM (sistema di riferimento ED50) con 10 km di lato. Per ognuna delle specie inserite nella banca dati sono state inoltre schedate informazioni sulla corologia, sull'ecologia e sulle preferenze di habitat. Per una dettagliata descrizione della struttura del database si veda il volume edito da Ruffo e Stoch (2005).

Le elaborazioni geostatistiche e la realizzazione delle cartografie di sintesi sono state realizzate in ambiente ESRI® ArcGis™ 9.1. L'elaborazione statistica dei dati ha fatto uso dei seguenti software in ambiente operativo Microsoft® Windows XP:

- creazioni di matrici, query e creazioni di grafici: Microsoft® Access e Excel 2002
- interpolazioni di curve non lineari: KyPlot® 2.0
- autoregressioni spaziali (*Spatial Error models*) e indicatori locali di associazione spaziale (*LISA models*): GeoDA™ 0.9.5
- analisi delle corrispondenze (CA) e analisi canonica delle Corrispondenze (CCA): Canoco™ for Windows 4.5.

Le elaborazioni non specificate ai punti precedenti sono state realizzate con software scritto dall'Autore in ambiente operativo Microsoft® Visual Basic for Applications 6.3 in Excel.

LE ATTUALI CONOSCENZE SULLA FAUNA APPENNINICA

Checklist e distribuzione della fauna italiana

L'attuale diffusione capillare del World Wide Web e l'aumentata facilità di accesso ai dati, sia per gli istituti di ricerca sia per semplici appassionati, ha consentito negli ultimi decenni un incremento esponenziale dei prodotti utilizzabili per diffondere le informazioni tassonomiche e faunistiche (Godfray, 2002). Questi strumenti hanno consentito in Italia di assemblare una base di dati che non ha eguali nel panorama europeo (Ruffo e Stoch 2005). Il nostro Paese, con il progetto *Checklist delle Specie della Fauna Italiana* (Minelli et al., 1993-95), è stato infatti il primo a dotarsi di un completo database delle specie della sua fauna, esempio seguito poi dal resto d'Europa con il progetto *Fauna Europaea*. Alla *Checklist* ha fatto seguito (Ruffo e Stoch, 2005) il progetto *CKmap* che ha consentito di schedare i dati ecologici e di distribuzione di oltre 10.000 specie e delle relative sottospecie. A distanza di 35 anni dal precedente convegno disponiamo pertanto oggi, anche per l'Appennino, di una cospicua banca dati informatizzata della fauna: i taxa presi in considerazione sono elencati in Tab. I. Tuttavia, tutte le banche dati possono soffrire di due gravi carenze: l'incompletezza

dei dati tassonomici e faunistici (*Linnean shortfall*: Brown e Lomolino, 1998) e quella dei dati di distribuzione (*Wallacean shortfall*: Lomolino, 2004) che impediscono di fatto al biogeografo di rispondere in modo esaustivo a due basilari domande: quante specie vivono in una determinata area e quali sono i loro areali di distribuzione? Se vogliamo studiare l'assetto faunistico dell'Appennino, dobbiamo ovviamente in primo luogo tentare di fornire una risposta a queste due domande.

Linnean shortfall e ricchezza di specie dell'Appennino

La tassonomia e la faunistica hanno due responsabilità fondamentali verso la comunità scientifica (Wheeler, 2004): raccogliere, analizzare e sintetizzare i dati necessari per descrivere la diversità della vita sulla terra e assicurare agli altri ricercatori (nel nostro caso, ai biogeografi) l'accesso a questi dati. Nonostante la sua importanza, la tassonomia, trascorsi 250 anni da quando Linneo (1758) introdusse il sistema di nomenclatura ancor oggi adottato dagli zoologi, sta soffrendo una delle più drammatiche crisi di visibilità (Hopkins e Freckleton, 2002). Gli insegnamenti di tassonomia nelle università, la divulgazione tassonomica a opera dei musei e i fondi disponibili per la ricerca sono diminuiti drasticamente e di conseguenza è diminuito il numero di tassonomi, sia professionisti che dilettanti (Stoch, 2005a). Le cause vanno ricercate, oltre che nel mancato sostegno economico, nella complessità del mondo vivente che supera le capacità dei tassonomi di descrivere, o anche solo censire, tutte le specie presenti in un'area e nella difficoltà a divulgare i dati. Con l'avvento dell'informatica e la diffusione di internet abbiamo visto che il secondo di questi problemi è stato affrontato con buoni risultati. Sebbene stilare *Checklist* non sia fare tassonomia (Minelli, 2004), sicuramente avere una lista di tutte le specie presenti in un'area è il primo requisito per superare il *Linnean shortfall*. Tuttavia, è sorprendente constatare quanto poco questo problema sia stato preso in considerazione dai biogeografi, che hanno spesso studiato solo uno o pochi gruppi tassonomici.

L'ingente mole di dati assemblati nel database *Ckmap* e accuratamente revisionati da tassonomi, accanto ad alcune tecniche statistiche di recente acquisizione, ci permettono in parte di supplire a questo problema. Siamo oggi in grado di stimare, almeno approssimativamente, la ricchezza di specie della regione appenninica, intesa nella sua accezione geografica più classica come l'area compresa tra il Colle di Cadibona, in Liguria, e lo stretto di Messina.

Il primo passo è costruire delle curve cumulative (Cabrero-Sañudo e Lobo, 2003; Baselga e Novoa, 2006), dette talora *trend curves* (Steyskal, 1965) o curve di Steyskal (Stoch, 2000) in base alle quali valutare l'incremento delle conoscenze (numero cumulativo di specie segnalate) in funzione dell'anno della prima segnalazione (Fig. 1a). Possiamo in tal modo tentare di rispondere al primo dei quesiti che ci siamo posti nell'introduzione: dal convegno del 1971 al

2001 (anno dell'ultimo aggiornamento disponibile di questo dato), per i gruppi riportati in Tab. I il numero di specie note per l'Appennino è aumentato di circa 790 unità, con una media di circa 26 specie segnalate ogni anno, su un totale di circa 5.600 specie sinora censite nell'area.

Tab. I - Taxa inclusi nel database *CKmap* (Ruffo e Stoch, 2005) e utilizzati per caratterizzare l'assetto biogeografico della fauna appenninica

Gastropoda (esclusi Pulmonata) (d'acqua dolce)	Coleoptera (continua)
Bivalvia	<i>Nitidulidae</i>
Oligochaeta (esclusi Enchytraeidae)	<i>Cucujidae</i>
Hirudinea	<i>Cryptophagidae</i>
Arachnida	<i>Cerambycidae</i>
Araneida <i>Salticidae</i>	<i>Chrysomelidae</i> <i>Cryptocephalina</i> , <i>Alticinae</i>
Pseudoscorpionida	<i>Nemonychidae</i> , <i>Attelabidae</i> , <i>Brenthidae</i> , <i>Curculionidae</i> (partim)
Acari (d'acqua dolce)	<i>Tenebrionidae</i> (partim)
Crustacea	<i>Lucanidae</i>
Branchiopoda	<i>Aphodiidae</i> , <i>Scarabaeidae</i>
Copepoda: Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida	Megaloptera, Raphidioptera, Planipennia, Mecoptera
Malacostraca: Bathynellacea, Thermosbaenacea, Mysidacea	Diptera
Malacostraca: Isopoda (d'acqua dolce), Amphipoda, Decapoda	<i>Simuliidae</i> , <i>Sciomyzidae</i>
Chilopoda	<i>Sirationomyidae</i>
Hexapoda	<i>Tipulidae</i>
Ephemeroptera	<i>Syrphidae</i>
Odonata	<i>Conopidae</i>
Blattaria, Mantodea, Orthoptera	Trichoptera
Dermaptera	Lepidoptera
Plecoptera	<i>Zygaenidae</i>
Heteroptera: Gerromorpha, Nepomorpha	<i>Rhopalocera</i>
Heteroptera: <i>Beritydae</i> , <i>Miridae</i> , <i>Tingidae</i> , <i>Nabidae</i>	<i>Noctuidae</i> , <i>Hepialidae</i> (partim)
Homoptera: <i>Cicadellida</i> , <i>Typhlocibini</i>	Hymenoptera
Coleoptera	<i>Dryinidae</i> , <i>Embolemida</i> , <i>Sclerogibbidae</i>
<i>Carabidae</i> (partim)	<i>Apoidea</i>
<i>Hydroaephaga</i>	<i>Scolioidea</i>
<i>Hydrophiloida</i>	<i>Chrysididae</i>
<i>Histeridae</i>	Vertebrata
<i>Cholevidae</i> , <i>Platysyllidae</i>	Cyclostomata, Osteichthyes
<i>Staphylinidae</i> (partim, incl. <i>Pselaphinae</i>)	Amphibia, Reptilia
<i>Dryopoidea</i> , <i>Georissidae</i>	Chiroptera
<i>Elateridae</i>	Insectivora
<i>Buprestidae</i>	Rodentia

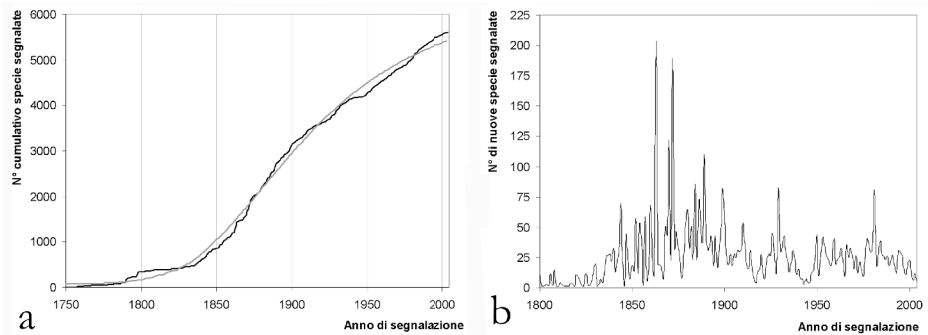


Fig. 1 - a) Andamento del numero cumulativo di specie segnalate per la fauna appenninica (la linea continua rappresenta la curva logistica che meglio approssima la curva cumulativa). b) Andamento del numero di nuove specie segnalate ogni anno per la fauna appenninica a partire dal 1800

Riportando in ascissa il numero di nuove specie segnalate per l'Appennino ogni anno dal 1758 ai giorni nostri (Fig. 1b), risulta evidente come tale numero non sia costante nel corso del tempo, ma presenti oscillazioni e picchi, in funzione di vari fattori, soprattutto il livello delle conoscenze e gli apporti da parte di nuovi tassonomi. Sicuramente non dobbiamo aspettarci in futuro i picchi di fine '800; tuttavia nel corso del '900, accanto a due minimi principali (che vanno posti in relazione con le due Guerre Mondiali), una serie di picchi si ripete con una certa regolarità, presentando una lieve flessione negli ultimi anni. Questo andamento depone a favore del fatto che il valore di 5.600 costituisca una notevole sottostima del numero reale di specie presenti sull'Appennino tra le 10.000 sinora considerate.

La curva cumulativa di Fig. 1a può venir interpolata in vario modo con curve sigmoidei (Cabrero-Sañudo e Lobo, 2003); nel nostro caso, una regressione logistica a 4 parametri (realizzata con un'ottimizzazione non-lineare, il metodo Quasi-Newton per una regressione con i minimi quadrati) si adatta molto bene ai dati, a differenza di altri modelli proposti (*Clunch curve*: Cabrero-Sañudo e Lobo, 2003), che forniscono spesso risultati poco realistici (Bebber et al., 2007). La correlazione così ottenuta ($r=0.997$; tutti i parametri significativi a un livello di probabilità $p<0.001$) fornisce un probabile asintoto di 6.572 specie (limiti di confidenza 95%: 6.356-6.790 specie); la sigmoide è sovrapposta a scopo esemplificativo alla curva cumulativa di Fig. 1a. L'ottima correlazione evidenziata suggerisce che almeno 6.500 specie nell'ambito dei gruppi tassonomici considerati nella banca dati *Ckmap* dovrebbero essere censite sull'Appennino con il progredire delle ricerche. Rapportando questo dato all'intera fauna terrestre e dulciacquicola italiana, protozoi esclusi (oltre 47.000 specie: Stoch e Minelli, 2004), è presumibile che in Appennino possano essere presenti oltre 30.000 specie animali.

Lo stato attuale delle conoscenze (5.600 specie) comunque risulta buono: abbiamo sinora censito approssimativamente l'85% (per l'esattezza tra l'82,5 e l'88%) della fauna dei gruppi considerati. In base a quanto ci suggerisce la curva

interpolata, se volessimo continuare il censimento con il solo scopo di segnalare nuove specie, dovremmo lavorare per circa altri 1250 anni con il medesimo sforzo medio di raccolta dati per riuscire a censire il 95% della fauna: e questo limitatamente al *set* di taxa considerati. Sebbene tali estrapolazioni debbano essere considerate con le dovute cautele, il *Linnean shortfall* potrebbe configurarsi come un male incurabile della ricerca faunistica.

Wallacean shortfall e pattern di distribuzione della ricchezza di specie

L'inadeguatezza e la disomogeneità dello sforzo di campionamento sul territorio creano un serio problema per ricostruire gli areali di distribuzione delle specie (Williams et al., 2002). È questo il secondo problema che bisogna affrontare negli studi biogeografici e il database *CKmap*, basato su una raccolta di tutti i dati disponibili e non su studi di campagna pianificati in modo omogeneo sul territorio, non è esente dal *Wallacean shortfall* (nome coniato da Lomolino, 2004, in onore del grande biogeografo Alfred Russel Wallace). Un semplice esame della correlazione tra dati raccolti per area geografica (in questo caso le celle della griglia UTM con 10 km di lato) e il numero di specie censite nell'area stessa ci consente di stabilire una netta correlazione tra questi due parametri (Fig. 2: $r = 0.93$), indicandoci che le aree più ricche di specie sono ovviamente quelle più studiate (Stoch, 2005b). Se ne può dedurre che non solo la ricchezza di specie negli Appennini è sicuramente sottostimata, ma anche che gli areali di distribuzione delle specie appenniniche sono piuttosto imprecisi. Anche in questo caso sappiamo che le conoscenze variano tra i diversi gruppi sistematici, raggiungendo valori minimi ad esempio per i ditteri e valori massimi per i vertebrati o, tra gli invertebrati, per i coleotteri carabidi e i lepidotteri ropaloceri (Minelli, 1996).

L'effetto dovuto alla disomogeneità del campionamento (*Wallacean shortfall*) emerge chiaramente dalla mappa grezza della distribuzione della ricchezza di specie (Fig. 3a), che non rivela veri *hotspot* di biodiversità, ma aree ben studiate di indubbia ricchezza specifica. Questo problema può venir ridimensionato considerando superfici geograficamente omogenee di più ampie dimensioni o gruppi di celle; eventualmente il dato di ricchezza specifica può venir normalizzato in funzione dell'area considerata e/o del numero di campioni studiati in quell'area, oppure possono venir utilizzati solamente i residui della regressione tra numero di specie e numero di campioni (o area campionata) depurata o meno dell'autocorrelazione. Per questo motivo nella rappresentazione qui fornita (Fig. 3b), dalle aree di base utilizzate in *CKmap* (celle della griglia UTM con 10 km di lato) per rappresentare il pattern della ricchezza specifica sono stati utilizzati i residui della regressione, normalizzati per le aree geograficamente omogenee nelle quali sono stati fusi gruppi di celle adiacenti (unità di paesaggio: Ciancio, 2004). Applicando questa tecnica, è stato possibile individuare i principali *hotspot* di

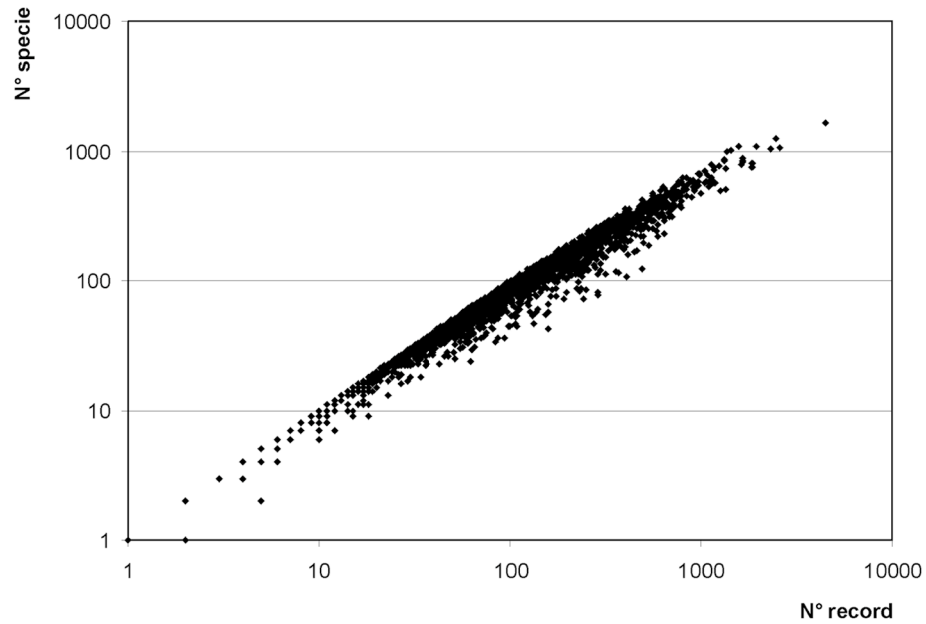


Fig. 2 - Correlazione tra il numero di record pervenuti per ogni cella della griglia UTM e il numero di specie presenti nelle celle (scala logaritmica)

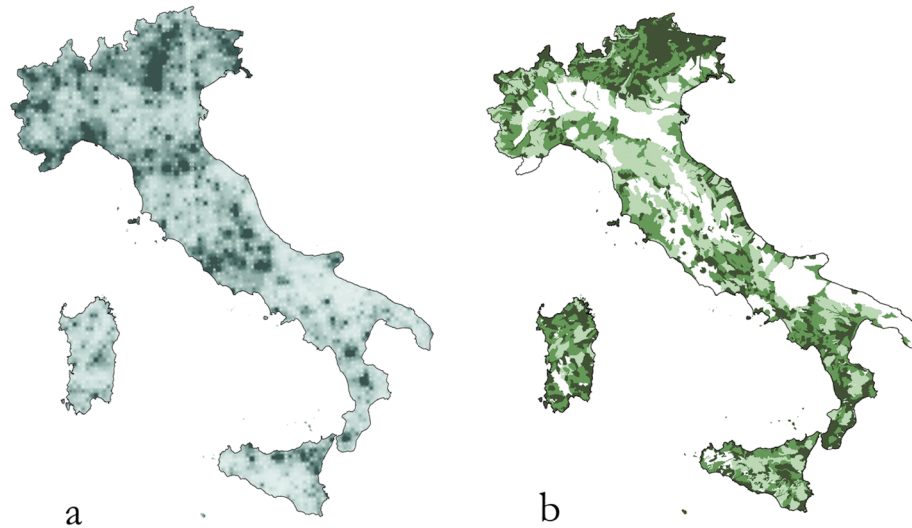


Fig. 3 - a) Pattern della ricchezza di specie in Italia, mappato utilizzando i dati grezzi delle celle del reticolo UTM (intensità di colorazione proporzionale al numero di specie per cella, da 0 a 1626 specie). b) Lo stesso, evidenziato utilizzando i residui della regressione tra il numero di specie e il numero di record pervenuti, depurando pertanto il dato dall'effetto dello sforzo di campionamento (residui normalizzati tra 0 e 1).

biodiversità in Italia, che sono stati pertanto definiti come aree omogenee che, in base allo stato attuale delle conoscenze, presentano una densità di specie elevata. Tra questi si possono evidenziare porzioni dell'Appennino Ligure, Abruzzese e Laziale, nonché buona parte dell'Appennino meridionale.

L'ATTUALE ASSETTO ZOOGEOGRAFICO DELL'APPENNINO

Spettro corologico della fauna appenninica

Per descrivere e interpretare l'attuale assetto zoogeografico dell'Appennino, le specie censite nella banca dati *CKmap* sono state attribuite alle categorie corologiche come riportate in Stoch e Vigna Taglianti (2005). La matrice ottenuta moltiplicando le matrici (di presenza assenza) corotipi x specie per specie x celle UTM, contiene come valori per ogni cella il numero di specie che appartiene a un determinato corotipo. Per ovviare al possibile disomogeneo campionamento delle specie appartenenti allo stesso corotipo, sono stati anche utilizzati nelle elaborazioni le percentuali dei diversi corotipi nelle celle, ma il risultato ottenuto è stato identico.

Nell'accezione di Stoch e Vigna Taglianti (2005), i corotipi sono categorie derivanti da una classificazione basata sui modelli di distribuzione dedotti dall'analisi comparativa degli areali delle specie: si tratta pertanto di modelli ricorrenti di distribuzione geografica, come proposto da Vigna Taglianti et al. (1993, 1999). La somiglianza tra gli areali delle specie può essere messa in relazione con vicissitudini diverse, sia in chiave paleogeografica sia ecologica, quali fenomeni di vicarianza o di dispersione. Poiché l'areale di distribuzione delle specie è l'unità di base della biogeografia, una classificazione basata su una terminologia esplicita e univoca è un punto di riferimento importante per ogni ulteriore studio comparativo.

Lo spettro corologico della fauna appenninica, basato sulle 5.600 specie appenniniche incluse nella banca dati *CKmap*, è riportato in Fig. 4. Questo grafico riporta le macrocategorie elencate in Tab. II: specie ad ampia distribuzione nel Palearctico occidentale, in Europa, nel bacino del Mediterraneo e quelle afrotropicali-orientali e marginali – sub “Altre” – accanto a quelle ad areale ristretto, endemiche italiane *sensu lato* (cioè comprensive delle subendemiche). Rispetto ai risultati esposti da Stoch e Vigna Taglianti (2005), l'Appennino nel suo complesso risulta caratterizzato da un minor numero di specie endemiche (23% circa contro il 35% nazionale), sostituite in prevalenza da elementi ad ampia distribuzione nella regione paleartica (37% circa contro il 27% nazionale) e in minor misura da elementi europei (26% contro il 23%), mentre rimane pressoché immutata la percentuale di specie mediterranee. La minor incidenza delle specie endemiche nell'area può essere funzione della minor antichità delle aree appenniniche rispetto ad esempio a quelle alpine, sarde o pugliesi, o al ridotto ruolo delle vicissitudini paleogeografiche e paleoclimatiche nel creare barriere che inneschino fenomeni di vicarianza.

Tab. II - Corotipi usati nell'analisi e sigle (secondo Stoch e Vigna Taglianti, 2005)

Corotipi di specie ad ampia distribuzione nella regione olartica	
Olartico	OLA
Palaartico	PAL
W-Palaartico	WPA
Asiatico-Europeo	ASE
Sibirico-Europeo	SIE
Centroasiatico-Europeo-Mediterraneo	CEM
Centroasiatico-Europeo	CAE
Centroasiatico-Mediterraneo	CAM
Turanico-Europeo-Mediterraneo	TEM
Turanico-Europeo	TUE
Turanico-Mediterraneo	TUM
Europeo-Mediterraneo	EUM
Corotipi di specie ad ampia distribuzione in Europa	
Europeo	EUR
N-Europeo	NEU
Centroeuropeo	CEU
S-Europeo	SEU
W-Europeo	WEU
E-Europeo	EEU
Corotipi di specie ad ampia distribuzione nel bacino mediterraneo	
Mediterraneo	MED
W-Mediterraneo	WME
E-Mediterraneo	EME
N-Africano	NAF
Corotipi di specie afrotropicali e orientali	
Afrotropicale-Indiano-Mediterraneo	AIM
Afrotropicale-Mediterraneo	AFM
Indiano-Mediterraneo	INM
Corotipi di specie ad ampia distribuzione marginali	
Asiatico	ASI
Sahariano-Sindico	SAS
Elementi endemici o subendemici italiani	
Alpino	ALP
Alpino-Appenninico	ALA
Appenninico	APP
Appenninico-Dinarico (incl. transadriatici)	APD
Tirrenico	TYR
Sardo-Corso	SAC
Siculo e Siculo-S-Calabro	SIC
Dinarico	DIN
Alpino-Dinarico	ALD

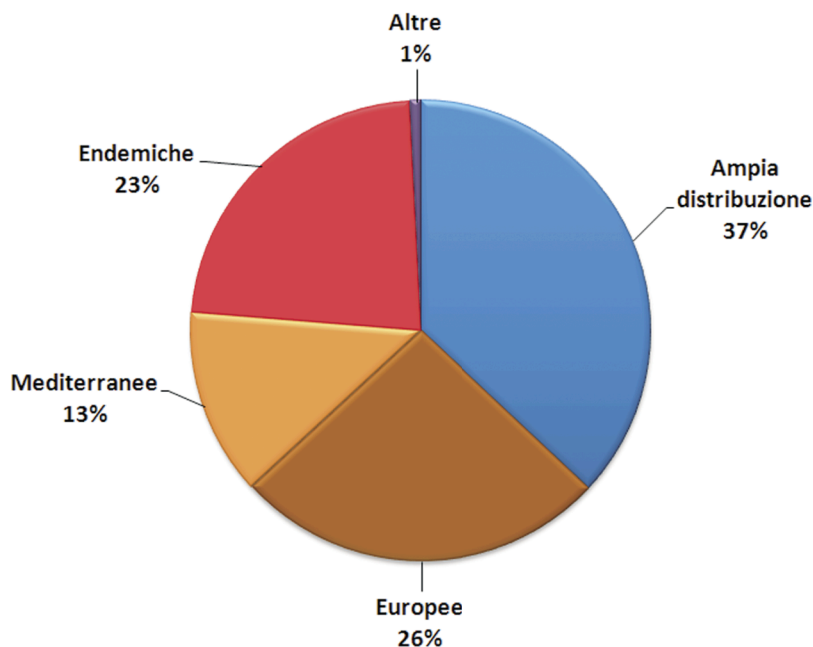


Fig. 4 - Spettro corologico della fauna appenninica; nella categoria "Altre" sono inclusi gli elementi afrotropicali e orientali e quelli marginali. Per una caratterizzazione dei corotipi si veda la Tab. II e il lavoro di Stoch e Vigna Taglianti (2005)

Centri di endemismo dell'Appennino

I dati disponibili si prestano a un più accurato esame dei centri di endemismo lungo l'Appennino. Useremo anche per le specie endemiche il termine *hotspot* che ha il solo significato geostatistico di aree a maggior concentrazione di specie endemiche, che risultino ben separate dalle aree contermini a un livello di significatività del 5% (LISA test, 1000 permutazioni di Monte Carlo, $p < 0.05$: Anselin, 1995).

I risultati dell'elaborazione grafica nella rappresentazione dei centri di endemismo sono riportati in Fig. 5a, che riporta la densità nella distribuzione delle specie endemiche in Italia. I risultati dell'indagine geostatistica che mettono in evidenza le aree maggiormente significative ($p < 0.05$) come *hotspot* e *coldspot* di endemismo, sono invece raffigurate nella Fig. 5b. Gli *hotspot* risultano particolarmente ben rappresentati nelle aree prealpine, nelle Alpi occidentali, in massicci isolati lungo la catena appenninica nonché nelle isole maggiori, rivelando chiaramente l'importanza dell'isolamento geografico nei processi di speciazione. I valori più bassi di densità di specie endemiche si riscontrano alle quote più elevate delle Alpi (in relazione all'effetto depauperante delle glaciazioni quaternarie), nelle aree pianiziarie (di origine recente e con elevata pressione

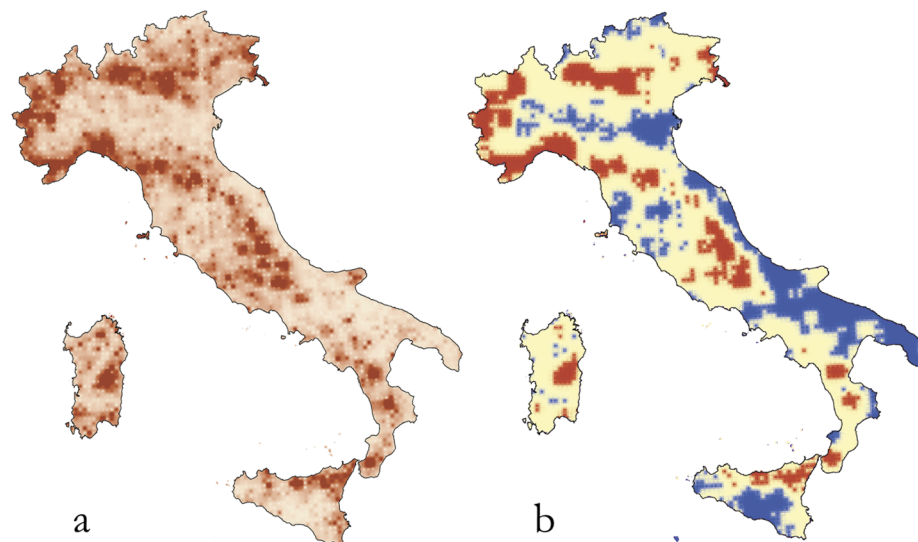


Fig. 5 - a) Pattern di distribuzione di specie endemiche in Italia. Le aree più densamente colorate corrispondono a celle del reticolo UTM con numero di endemiti più elevato (massimo valore: 154 specie/cella). b) *Hotspot* (in rosso) e *coldspot* (in blu) di endemismo statisticamente significativi ($p < 0.05$) in base alle analisi effettuate con gli indicatori locali di associazione spaziale.

antropica) e in altre aree impoverite dall'azione dell'uomo o paesaggisticamente monotone (come l'area gessosa siciliana o il Tavoliere delle Puglie).

I più significativi *hotspot* di specie endemiche dell'Appennino sono i seguenti:

- Appennino Ligure e Tosco-Emiliano
- Massicci Abruzzesi e Laziali dell'Appennino centrale
- Massicci Calabri (Pollino, Sila e Aspromonte).

Anche l'Appennino siculo (Monti Peloritani e Nebrodi), naturale prosecuzione di quello calabro, presenta sui rilievi degli *hotspot* di endemismo.

Sono invece statisticamente significativi come *coldspot*:

- Pianura Padana e Pre-Appennino emiliano e romagnolo
- Area toscana dalle Colline Metallifere al Viterbese
- Area costiera adriatica e pugliese, che prosegue in Campania e nella Basilicata orientale, e in parte della Calabria, caratterizzando nettamente l'Appennino meridionale.

Concorrono a formare *hotspot* di endemismo appenninico tre distinte categorie di endemiti *sensu lato* indicati da Stoch e Vigna Taglianti (1995): gli endemiti alpino-appenninici (Fig. 6a), quelli appenninici *sensu stricto* (Fig. 6b) e, in minor misura, quelli appenninico-dinarici (inclusi gli elementi transadriatici e transionici). Interessano marginalmente l'Appennino gli endemiti tirrenici e quelli siculo-calabri.

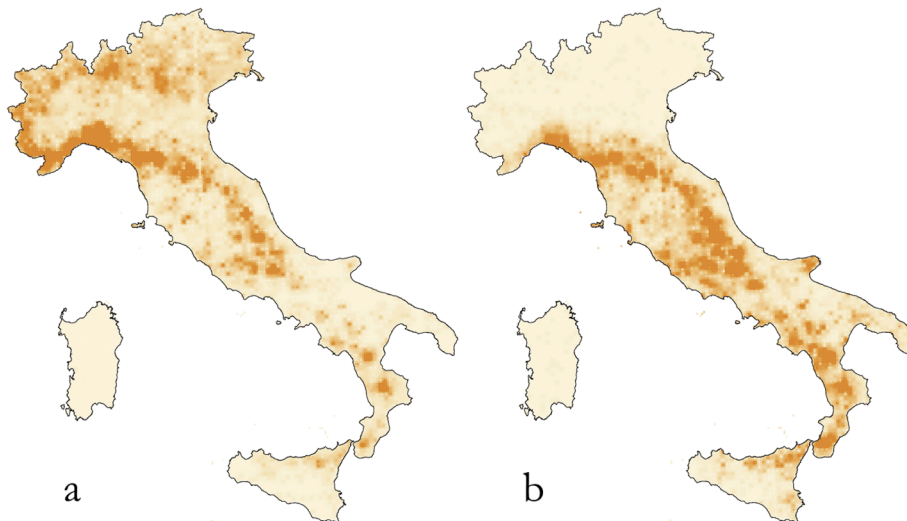


Fig. 6 - Due degli elementi biogeografici che concorrono a formare i centri di endemismo dell'Appennino: gli elementi alpino-appenninici (a) e quelli appenninici *sensu stricto*, apuli inclusi (b). La densità della colorazione è proporzionale al numero di endemiti presenti nelle aree di base (celle del reticolo UTM; massimo valore 40 specie/cella per gli elementi alpino-appenninici, 90 per gli appenninici).

Assetto biogeografico della provincia faunistica appenninica

Vigna Taglianti et al. (1999) hanno introdotto nella classificazione degli endemiti appenninici categorie di maggior dettaglio. Tuttavia molte specie hanno areali che si accavallano, non permettendo una corretta attribuzione di tutte le specie a una ben definita sub-area. Minelli et al. (2005), nel caratterizzare le province faunistiche italiane, hanno individuato una Provincia appenninica suddividendola in tre distinti settori faunistici.

Il settore settentrionale, dalle regioni collinari delle Langhe, del Monferrato e dell'Oltrepò pavese fino alle valli dell'Ombrone e del Foglia, è caratterizzato da una ancora elevata percentuale di elementi faunistici di origine settentrionale.

Il settore centrale si estende dall'Appennino umbro-marchigiano fino alle valli del Volturmo e del Fortore e include le cime più elevate della catena appenninica. La percentuale delle specie a corotipi settentrionali è ancora elevata, i pochi borealpini appenninici sono tutti presenti e più ricca è la rappresentanza delle specie mediterranee e di quelle strettamente appenniniche, con numerosi invertebrati endemici di origine tirrenica o balcanica.

Nel settore meridionale, che si chiude con l'Aspromonte, le specie di origine settentrionale sono scarse e concentrate nelle aree più umide e fresche, mentre un forte rilievo acquista la componente mediterranea che con numerose specie xero-termofile sale fino a quote elevate.

Tuttavia Ruffo (1971) scriveva che una “definita unità biogeografica è rappresentata dall’intera catena appenninica... Il distretto appenninico si può tuttavia considerare diviso dal punto di vista zoogeografico in un settore settentrionale, dall’Appennino Ligure al Matese compreso, in uno meridionale fino all’Aspromonte e in uno siculo”. Questa più semplice suddivisione in due settori peninsulari trova conferma nelle mappe di *hotspot* e *coldspot* di specie endemiche che caratterizzano la nostra penisola in precedenza illustrate (Fig. 5b) e nella distribuzione degli endemiti che concorrono a costituire la fauna appenninica (Fig. 6).

Tuttavia, poiché la biogeografia appenninica deve tenere conto anche dei corotipi ad ampia distribuzione, per valutare in modo statisticamente significativo queste due ipotesi di suddivisione dell’area appenninica e inquadrarne in modo definitivo l’assetto biogeografico, si è fatto uso della matrice dei corotipi (36 categorie corologiche in 3.426 celle analizzate) di cui al capitolo precedente. La matrice è stata sottoposta all’analisi delle corrispondenze (ter Braak, 1995) per illustrare i rapporti intercorrenti tra i corotipi. Gli assi di ordinamento e i cluster sono stati successivamente mappati per essere sottoposti ad analisi utilizzando gli indicatori locali di associazione spaziale (Anselin, 1995) e verificare l’attendibilità geografica delle classificazioni ottenute.

I risultati dell’analisi delle corrispondenze sono riportati in Fig. 7a per i corotipi (variabili) e in Fig. 7b per le celle del reticolo UTM. Si nota chiaramente l’effetto arco (ter Braak, 1995) a indicare che un unico, forte gradiente prevale sugli altri e condiziona la dislocazione degli oggetti sul piano individuato dai primi due assi dell’analisi delle corrispondenze. Questi assi spiegano rispettivamente il 27.2 e il 13.7% della varianza totale. Il 41% della varianza spiegata cumulativamente dai due assi è un valore molto alto in relazione all’elevato numero di dati sottoposti ad analisi e dipende essenzialmente dal gradiente che determina il primo asse di ordinamento. Lungo questo asse si dislocano (da destra a sinistra) gli elementi alpini, est-europei e centroeuropei che concorrono maggiormente a costituire la fauna della regione alpina. Successivamente, il gradiente è marcato da alcuni elementi indicatori; in sequenza troviamo gli elementi alpino-appenninici, appenninici e dinarici, per arrivare a quelli siculi e infine, a sinistra, gli elementi mediterranei, tirrenici e sardo-corsi assieme a quelli afrotropicali e orientali. Si tratta palesemente di un gradiente latitudinale e di mediterraneità. Gli elementi a più ampia distribuzione non contribuiscono a strutturare gli assi e si trovano tutti raggruppati nei pressi dell’origine.

Il primo asse estratto dall’analisi delle corrispondenze, depurato dall’effetto arco e combinato con il II asse mediante una semplice proiezione geometrica delle celle del reticolo UTM sulla curva di regressione parabolica (Phillips, 1978; regressione parabolica: $r=0.7615$, $p<0.0001$), è stato mappato sul territorio per evidenziare pattern e cluster significativi. I risultati sono riportati in Fig. 8b.

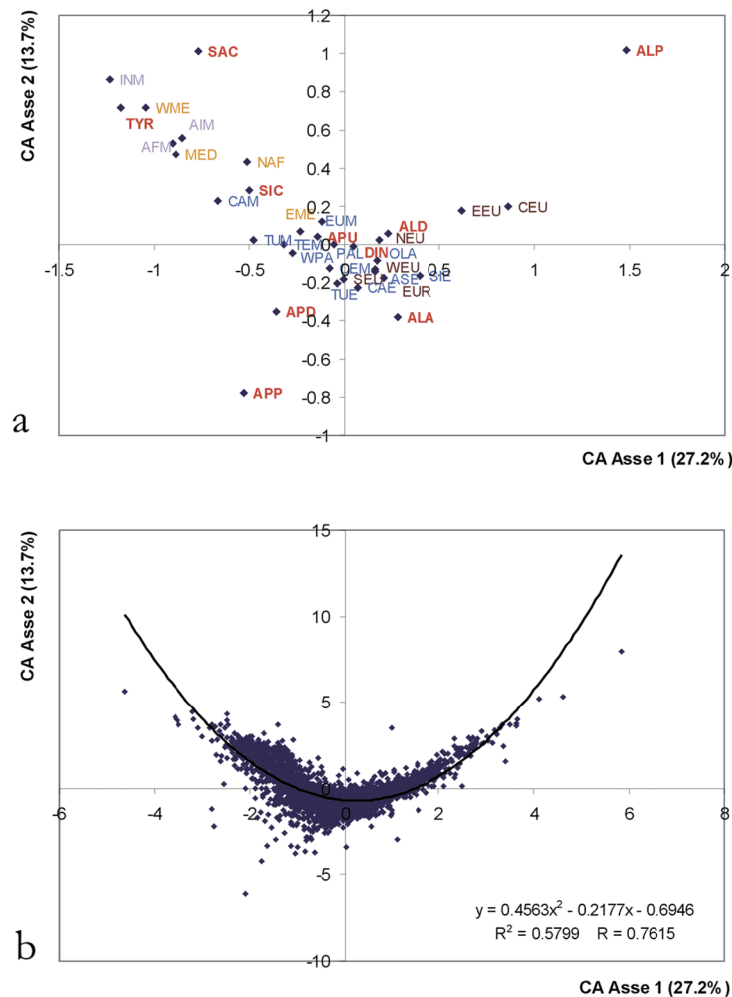


Fig. 7 - Mappatura sul piano individuato dal I e dal II asse dell'analisi delle corrispondenze delle variabili (a) e delle celle UTM (b). I colori e le sigle del grafico (a) corrispondono a quelli riportati in Tab. II; la regressione parabolica nel grafico (b) illustra l'effetto arco dovuto al gradiente latitudinale e di mediterraneismo ed è stata utilizzata per combinare i due assi (ordinamento parabolico)

Si può chiaramente evincere che le province proposte da Minelli et al. (2005) sono sostanzialmente corrette (Fig. 8a), eccetto che per la suddivisione dell'Appennino in tre parti (invece di due) e la mancata separazione di un'area tirrenica in Toscana (che presenta maggiore affinità con l'Appennino meridionale che non con quello centro-settentrionale). Da un punto di vista statistico sono ben caratterizzate da una parte l'area alpina (suddivisibile in una provincia alpina *sensu stricto* e in una provincia padana, che viene a includere anche i margini settentrionali dell'Appennino emiliano) e dall'altra l'area mediterranea

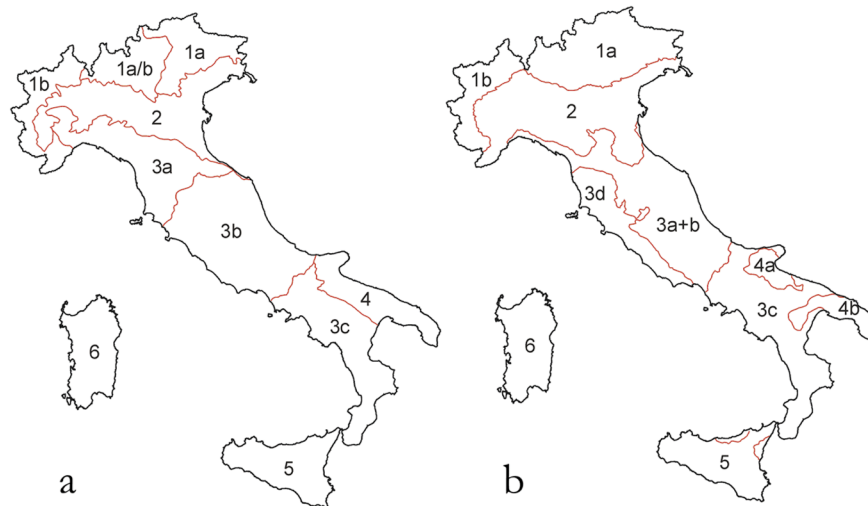


Fig. 8 - a) Le province faunistiche italiane secondo Minelli et al. (2005). b) Mappatura dei primi 2 assi dell'analisi delle corrispondenze (ordinamento parabolico) sul territorio italiano, con una caratterizzazione statisticamente significativa (LISA, $p < 0.05$) della suddivisione in province faunistiche. Legenda: 1: Provincia alpina (1a: orientale; 1b: occidentale). 2: Provincia padana e pre-appenninica settentrionale. 3: Provincia appenninica (3a: settentrionale; 3b: centrale; 3c: meridionale; 3a+b: centro-settentrionale; 3d: tirrenica). 4: Provincia pugliese o apula (4a: settentrionale; 4b: meridionale o salentina). 5: Provincia sicula (biogeograficamente i rilievi nord-orientali appartengono alla provincia appenninica). 6: Provincia sarda

(che ingloba le province sarda, sicula, apula, l'area tirrenica costiera toscana e infine un'area appenninica meridionale). Tra le due aree si trova una eterogenea area di transizione, che costituisce l'Appennino centro-settentrionale che, senza soluzione di continuità, va dal Colle di Cadibona al Matese. Viene pertanto riconfermata, a 35 anni di distanza, l'originaria ipotesi di Ruffo (1971) che non suddivide l'Appennino settentrionale da quello centrale, non essendovi tra i due nessuna netta discontinuità biogeografica.

Ruolo dei fattori storici ed ecologici

Data la sua posizione centrale nel Mediterraneo, è noto che l'Appennino poté essere popolato da elementi pre-miocenici provenienti dalle paleoaree balcaniche e, soprattutto, da quelle tirreniche (Ruffo e Vigna Taglianti, 2002; La Greca, 2002). Su questo originario impianto faunistico prevalentemente paleomediterraneo (accantonato oggi in quelli che sono i frammenti della Tirrenide a costituire il corotipo tirrenico) e, in minor misura, paleoegeico, si sono sovrapposti altri contingenti (Minelli et al., 2005). Nel corso del Pliocene e del Quaternario assistiamo alla penetrazione in Italia di una fauna di origine settentrionale e orientale (paleartica occidentale ed europea), che nelle acmi glaciali si è spinta a Sud raggiungendo anche la Sicilia (una sintesi tratta dal *Ckmap* è riportata in Fig. 9a), prevalentemente in condizioni climatiche di tipo steppico e favorita nel

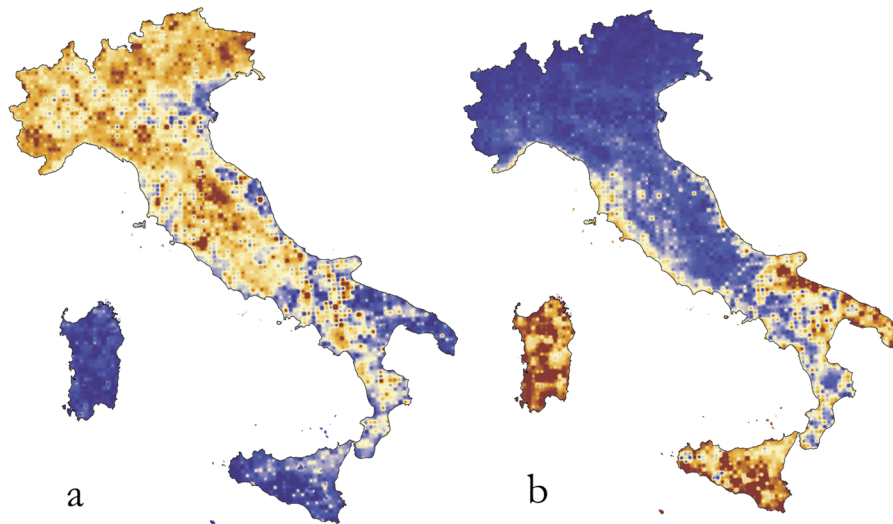


Fig. 9 - Pattern di distribuzione della ricchezza di specie appartenenti alle categorie corologiche che maggiormente strutturano l'assetto biogeografico dell'Appennino: gli elementi europei a gravitazione settentrionale (a) e quelli a gravitazione mediterranea (b). La densità della colorazione (dal blu al marrone) è proporzionale alla percentuale del numero di specie appartenenti al corotipo presenti nelle aree di base (celle del reticolo UTM, valori 0-100%)

processo di colonizzazione dall'instaurarsi di una continuità territoriale tra sistema alpino e appenninico (Ruffo e Vigna Taglianti, 2002). La distribuzione degli elementi endemici alpino-appenninici e appenninici (Fig. 6) rappresenta l'attuale traccia delle prime antiche ondate migratorie, con la frammentazione degli areali per vicarianza. La massiccia presenza in Italia di elementi ad ampia distribuzione (Fig. 9a) si è sovrapposta ai precedenti contingenti e ne ha, in parte, mascherato la distribuzione. In seguito al miglioramento climatico dopo l'ultima glaciazione quaternaria, questa fauna di climi freddi subisce una contrazione verso Nord; negli Appennini meridionali troviamo oggi questi elementi come relitti accantonati sui principali massicci montuosi. A questo andamento fa riscontro un aumento degli elementi mediterranei in senso inverso. Il corotipo mediterraneo (Fig. 9b) è presente oggi in Italia con numerose specie legate ai climi caldi che caratterizzano il settore appenninico meridionale e le isole, nonché le aree costiere dove seguono, almeno in parte, l'andamento della fascia bioclimatica mediterranea, ma con significative presenze, più localizzate, in aree interne appenniniche, soprattutto in oasi xerothermiche dell'Appennino meridionale (Stoch e Vigna Taglianti, 2005). Gli ultimi eventi che hanno modificato l'assetto faunistico dell'Appennino sono dovute all'azione dell'uomo che, soprattutto nei fondovalle, ma anche nelle alture centrali con la pastorizia e il disboscamento, ha profondamente alterato la compagine faunistica, talora introducendo specie alloctone invasive.

Per evidenziare il ruolo dei fattori geografici (e pertanto anche paleogeografici), climatici, ecologici e antropici è stata applicata alla matrice corotipi x celle una analisi canonica delle corrispondenze (ter Braak, 1995) che ha considerato come fattori abiotici i seguenti parametri, calcolati per ogni cella: latitudine del baricentro, mediterraneismo del clima (calcolato in base ai dati del bioclima: Blasi et al., 2004), antropizzazione del suolo (calcolata in base all'estensione delle aree antropizzate – infrastrutture, urbanizzazione e pratica agricola – desunte dal Corine Landcover 2000: Blasi e Marchetti, 2005), quota media sul livello del mare, estensione delle aree carbonatiche (aree notoriamente a elevata presenza di endemiti, desunte dalla Carta Geologica d'Italia), diversità ambientale (calcolata mediante l'indice di Shannon applicato alle diverse categorie del Corine Landcover 2000). La correlazione tra variabili e presenza dei corotipi è molto elevata (Fig. 10) (percentuale cumulativa constrained dei primi due assi: 89.2%) e illustra chiaramente i processi storici ed ecologici che strutturano gli assi dell'ordinamento in precedenza presentati. Il primo asse è dunque un gradiente latitudinale e di mediterraneità del clima (correlazione canonica con i fattori abiotici 0.904), che riassume le vicissitudini storiche in precedenza illustrate e i fattori climatici che hanno controllato e controllano oggi gli areali delle specie. A esso sono ovviamente anche correlate la quota (che è più elevata ovviamente sull'arco alpino) e l'estensione delle aree carbonatiche (maggiore nelle aree prealpine); questa correlazione è più

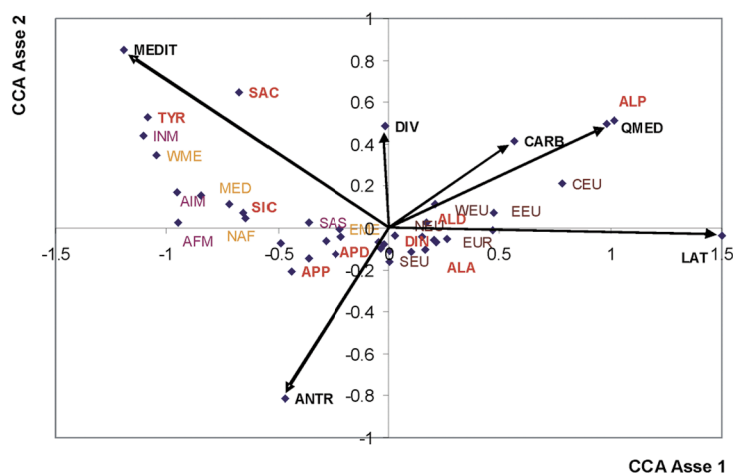


Fig. 10 - Mappatura sul piano individuato dal I e dal II asse dell'analisi canonica delle corrispondenze delle variabili biotiche (corotipi) e di quelle abiotiche (frecce). I colori e le sigle del grafico corrispondono a quelli riportati in Tab. II; per permettere una agevole leggibilità del grafico i corotipi ad ampia distribuzione nel Palearctico (che si addensano attorno all'origine degli assi) e quelli marginali sono rappresentati solo da punti (si può utilizzare la Fig. 9a per una loro identificazione). Le sigle dei parametri ambientali sono: LAT = latitudine del baricentro della cella; MEDIT = mediterraneismo del clima della cella; DIV = diversità ambientale (indice di Shannon calcolato sulle aree di ogni componente del Corine Landcover nella cella); ANTR = antropizzazione del territorio della cella (area occupata da urbanizzazione e pratica agricola desunte dal Corine Landcover); QMED = quota media della cella; CAR = area della cella occupata da territori carbonatici carsificabili

debole, considerando che anche l'Appennino presenta un piano eualpino ed estese aree carbonatiche, presenti anche in Sardegna e in piccola misura in Sicilia. Il secondo asse, di più difficile interpretazione, risulta meno correlato con i parametri ambientali (correlazione 0.493) e, oltre che dai fattori climatici e altitudinali, dipende anche dalla diversità ambientale e dall'antropizzazione del territorio.

Il sospetto in casi come questi che l'autocorrelazione possa falsare i coefficienti di correlazione e mascherare l'importanza degli effetti di altri fattori merita di essere testato (Lichstein et al., 2002). Una semplice correlazione lineare multipla tra la presenza delle diverse tipologie di endemiti e i fattori elencati (riportata in Tab. III) illustra chiaramente questo effetto. Depurando la regressione dall'autocorrelazione spaziale (che, ricordiamo, non va scartata dalla discussione, poiché rappresenta un interessante elemento di interpretazione dei dati biologici: Williams et al., 2006), viene infatti a essere aumentata l'importanza della diversità ambientale come elemento strutturante il pattern di endemiti in Italia.

In sostanza i risultati di questa semplice analisi indicano che il ruolo fondamentale nello spiegare l'assetto biogeografico dell'Italia è sia sotto controllo da parte di poche variabili geografiche, geologiche e climatiche, che riassumono in sé anche la componente storica della varianza, sia sotto il controllo di fattori puramente ecologici, che possono essere riassunti nella diversificazione strutturale del paesaggio e nell'antropizzazione del territorio, tra loro per ovvi motivi inversamente correlati.

Tab. III - Risultati dell'analisi di regressione lineare multipla tra in numero di specie endemiche e alcuni fattori ambientali; per ogni coefficiente vengono riportati i valori del *t* di Student e la relativa significatività. La varianza spiegata è pari al 51% nel metodo che utilizza i minimi quadrati ordinari e al 75% nel modello spaziale depurato dell'autocorrelazione (spiegazione nel testo)

r²	0.512959	
Antropizzazione	15.99183	p<0.0000001
Carsificazione	8.630866	p<0.0000001
Mediterraneismo	-39.34622	p<0.0000001
Quota Media	34.15256	p<0.0000001
Diversità Corine	-2.546324	p<0.01
Spatial error model (depurato dall'autocorrelazione):		
r²	0.751514	
Antropizzazione	1.742807	n.s.
Carsificazione	4.803633	p<0.00001
Mediterraneismo	-2.633377	p<0.01
Quota Media	13.57456	p<0.0000001
Diversità Corine	-4.488106	p<0.000001

Whittaker et al. (2006) hanno coniato il termine *Conservation Biogeography* per una nuova disciplina; di nuovo, a parte il nome, c'è la consapevolezza che la biogeografia possa giocare un ruolo determinante nell'indirizzare la conservazione. Quali strategie può proporre per l'Appennino una biogeografia della conservazione?

In base ai fattori macroecologici e storici analizzati, sembra opportuno suggerire per l'Appennino la protezione dei principali massicci montuosi ove sono localizzati gli *hotspot* di endemismo e il loro mantenimento in condizioni di elevata naturalità, la protezione delle estese aree carsiche e soprattutto il controllo della pressione antropica e il mantenimento della diversità ambientale nelle aree marginali alla catena appenninica. Si tratta comunque di raccomandazioni per nulla innovative, se vogliamo di buon senso, che l'analisi condotta ci ha consentito di evidenziare e dimostrare, dati alla mano. Tuttavia qualche input innovativo proveniente dallo studio dell'assetto biogeografico può essere di estremo interesse per le strategie di conservazione. Sappiamo oggi che in Appennino potrebbe essere presente oltre la metà della fauna italiana, ma che questa ricchezza di specie si distribuisce diversamente nei diversi contingenti faunistici e non vi è sempre corrispondenza tra *hotspot* di biodiversità e *hotspot* di endemismo. In questo contributo particolare enfasi è stata data ai pattern di distribuzione delle specie endemiche e di altri contingenti faunistici che sono i principali testimoni delle vicissitudini paleogeografiche dell'Appennino (La Greca, 2002). Una adeguata strategia di conservazione per il nuovo millennio dovrà necessariamente tenere conto di questa diversità globale, non focalizzandosi solo su singole specie (anche se "ombrello") e solo su alcuni gruppi tassonomici, il cui pattern di distribuzione potrebbe non riflettere i pattern generali di biodiversità ed endemismo dell'intera fauna. Anche se difficilmente poche specie o gruppi "ombrello" possono costituire la memoria storica delle vicissitudini che hanno plasmato la fauna appenninica, sicuramente uno sforzo di ricerca teso a individuarli sarà molto importante per implementare nuove strategie di conservazione in un immediato futuro. Il preliminare, sintetico studio dell'attuale assetto biogeografico dell'area appenninica, abbozzato in questo contributo, suggerisce strategie di conservazione di più ampio respiro, che trovano le loro radici in un aspetto culturale a lungo trascurato dai conservazionisti. Si tratta della necessità di proteggere non solo le aree di maggior interesse ecologico-funzionale, di maggior valore paesaggistico o a più elevata biodiversità, ma anche quelle aree che possano costituire una sorta di grande "museo all'aperto" che conservi la memoria degli eventi storici che hanno modellato il nostro Paese. Includere questo aspetto nelle strategie di conservazione significa aggiungere altri strumenti (come lo studio degli *hotspot* di endemismo e l'uso dei corotipi) a questa disciplina e in alcuni casi inserire anche

interi nuovi habitat nelle attuali direttive europee che dettano le linee guida per la tutela dell'ambiente, come ad esempio gli acquiferi sotterranei (Deharveng et al., in stampa), in particolare quelli carsici, che spesso conservano al loro interno elementi paleoendemici di grande valore scientifico e culturale.

BIBLIOGRAFIA

- ANSELIN L. 1995 - Local indicators of spatial association – LISA. *Geographical Analysis*, **27**: 93-115.
- BASELGA A., NOVOA F. 2006 - Diversity of Chrysomelidae (Coleoptera) in Galicia, Northwest Spain: estimating the completeness of the regional inventory. *Biodiversity and Conservation*, **15**: 205-230.
- BEBBER D.P., MARRIOTT F.H.C., GASTON K.J., HARRIS S.A., SCOTLAND R.V. 2007 - Proceedings of the Royal Society, B (Biological Science), **274** (1618): in press.
- BLASI C., CIANCIO O., IOVINO F., MARCHETTI M., MICHETTI L., DI MARZIO P., ERCOLE S., ANZELLOTTI I. 2004 - Il contributo delle conoscenze fitoclimatiche e vegetazionali nella definizione della rete ecologica d'Italia. Atti Convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio", Università di Roma "La Sapienza", 14 dicembre 2001. *Quaderni di Conservazione della Natura*, **18**: 161-180.
- BLASI C., MARCHETTI M. (eds.) 2005 - La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000. Rapporti APAT, **61**: 1-86.
- BROWN J.H., LOMOLINO M.V. 1998 - Biogeography, 2a ed. Sinauer Press, Sunderland, Massachusetts.
- CABRERO-SAÑUDO F.J., LOBO J.M. 2003 - Estimating the number of species not yet described and their characteristics: the case of Western Palearctic dung beetle species (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Biodiversity and Conservation*, **12**: 147-166.
- CIANCIO O. (ed.) 2004 - Carta degli aspetti paesistici d'Italia. Relazione tecnica Finale. Università degli Studi di Firenze, 71 pp.
- GODFRAY H.C.J. 2002 - Challenges for taxonomy. *Nature*, **417**: 17-19.
- DEHARVENG L., STOCH F., GIBERT J., BEDOS A., GALASSI D., ZAGMAJSTER M., BRANCELJ A., CAMACHO A., FIERS F., MARTIN P., GIANI N., MAGNIEZ G., MARMONIER P. in stampa - Groundwater biodiversity in Europe. *Freshw. Biol.* (accettato).
- HOPKINS G.W., FRECKLETON R.P. 2002 - Declines in the numbers of amateur and professional taxonomists: implications for conservation. *Animal Conservation*, **5**: 245-249.
- LA GRECA M. 2002 - Vicende paleogeografiche e componenti della fauna italiana. In: A. Minelli, C. Chemini, R. Argano, S. Ruffo (eds.), *La fauna in Italia*, Touring Club Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma: 360-376.
- LICHSTEIN J.W., SIMONS T.R., SHRINER S.A., FRANZREB K.E. 2002 - Spatial autocorrelation and autoregressive models in ecology. *Ecological Monographs*, **72** (3): 445-463.
- LINNAEUS C. 1758 - *Systema Naturae*, Editio decima. Laur. Salvius.
- LOMOLINO M.V. 2004 - Conservation biogeography. In: M.V. Lomolino, L.R. Heaney (eds.), *Frontiers of Biogeography: new directions in the geography of nature*, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts: 293-296.
- MINELLI A. 1996. La Checklist delle specie della fauna italiana. Un bilancio del progetto. *Boll. Mus. Civ. Stor. Nat. Verona*, **20**: 249-261.
- MINELLI A. 2004 - Prospettive e priorità per la sistematica entomologica italiana. Atti XIX Congresso nazionale italiano di Entomologia, Catania, 10-15 giugno 2002. *Tipolitografia Polaris, Sondrio*: 41-50.
- MINELLI A., RUFFO S., LA POSTA A. (eds.) 1993-95 - Checklist delle specie della fauna italiana. Edizioni Calderini, Bologna, fascicoli **1-110**.
- MINELLI A., RUFFO S., VIGNA TAGLIANTI A. 2005 - Le province faunistiche italiane. In: S. Ruffo, F. Stoch (eds.), *Checklist e distribuzione della fauna italiana*, Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, ser. 2, Sez. Scienze della Vita, **16**: 37-39.
- PHILLIPS D.L. 1978 - Polynomial ordination: field and computer simulation testing of a new method. *Vegetatio*, **37**: 129-140.
- RUFFO S. 1971 - Alcune considerazioni, in margine al XVII Congresso della Società Italiana di Biogeografia, sul popolamento animale dell'Appennino centrale. *Lav. Soc. It. Biogeogr. (n.s.)* **2**: 811-827.
- RUFFO S., STOCH F. (eds.) 2005 - Checklist e distribuzione della fauna italiana. 10.000 specie terrestri e delle acque interne. Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, ser. 2, Sez. Scienze della Vita, **16**: 307 pp. + CD-ROM.
- RUFFO S., VIGNA TAGLIANTI A. 2002 - Generalità sulla fauna italiana. In: A. Minelli, C. Chemini, R. Argano, S. Ruffo (eds.), *La fauna in Italia*, Touring Club Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma: 24-28.
- STEYSKAL G.C. 1965 - Trend curves of the rate of species description in zoology. *Science*, **149**: 880-882.

- STOCH F. 2000 - How many endemic species? Species richness assessment and conservation priorities in Italy. *Belg. J. Entomol.*, **2** (1): 125-133.
- STOCH F. 2004 - Banche dati e distribuzione della fauna italiana: gli invertebrati. Atti Convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio", Università di Roma "La Sapienza", 14 dicembre 2001. *Quad. Conserv. Nat.*, **18**: 21-36.
- STOCH F. 2005a - Crisi o rinascita? I nuovi orizzonti della tassonomia in Italia. *Studi Trent. Sci. Nat., Acta Biol.*, **81**: 23-29.
- STOCH F. 2005b - Ricchezza di specie e rarità: analisi della distribuzione in Italia. In: S. Ruffo, F. Stoch (eds.), Checklist e distribuzione della fauna italiana, *Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, ser. 2, Sez. Sci. Vita*, **16**: 33-35.
- STOCH F., MINELLI A. 2004 - Il progetto "Checklist delle specie della fauna italiana". Atti Convegno "La conoscenza botanica e zoologica in Italia: dagli inventari al monitoraggio", Università di Roma "La Sapienza", 14 dicembre 2001. *Quad. Conserv. Nat.*, **18**: 11-20.
- STOCH F., VIGNA TAGLIANTI A. 2005 - I corotipi della fauna italiana. In: S. Ruffo, F. Stoch (eds.), Checklist e distribuzione della fauna italiana, *Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona, ser. 2, Sez. Sci. Vita*, **16**: 25-28.
- TER BRAAK C.J.F. 1995. Ordination. In: R.H.G. Jongman, C.J.F. ter Braak, O.F.R. van Tongeren (eds.), *Data analysis in community and landscape ecology*, Cambridge University Press: 91-173.
- VIGNA TAGLIANTI A., AUDISIO P.A., BELFIORE C., BIONDI M., BOLOGNA M.A., CARPANETO G.M., DE BIASE A., DE FELICI S., PIATTELLA E., RACHELI T., ZAPPAROLI M., ZOIA S. 1993 - Riflessioni di gruppo sui corotipi fondamentali della fauna W-paleartica ed in particolare italiana. *Biogeographia, Lav. Soc. Ital. Biogeogr., (n.s.)* **16**: 159-179.
- VIGNA TAGLIANTI A., AUDISIO P.A., BIONDI M., BOLOGNA M.A., CARPANETO G.M., DE BIASE A., FATTORINI S., PIATTELLA E., SINDACO R., VENCHI A., ZAPPAROLI M. 1999 - A proposal for a chorotype classification of the Near East fauna, in the framework of the Western Palearctic region. *Biogeographia, Lav. Soc. Ital. Biogeogr., (n.s.)* **20**: 31-59.
- WHEELER T.A. 2004 - Bioinformatics and misinformatics: the missing links between taxonomic data and taxonomic databases. *Newsl. Biol. Surv. Canada (Terrestrial Arthropods)*, **23** (1): 5 pp.
- WHITTAKER R.J., ARAÚJO M.B., JEPSON P., LADLE R.J., WATSON J.E.M., WILLIS K.J. 2006 - Conservation biogeography: assessment and prospect. *Divers. Distrib.*, **11**: 3-23.
- WILLIAMS P.H., FAITH D., MANNE L., SECHREST W., PRESTON C. 2006 - Complementarity analysis: Mapping the performance of surrogates for biodiversity. *Biol. Conserv.*, **128**: 253-264.
- WILLIAMS P.H., MARGULES C.R., HILBERT D.W. 2002 - Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. *J. Biosci. (Suppl. 2)*, **27**: 327-338.