



Ministero dell'Ambiente  
e della Tutela del Territorio

DPN DIREZIONE PER LA  
PROTEZIONE  
DELLA NATURA



Società Botanica Italiana



Stato della BIODIVERSITÀ in ITALIA

Contributo alla strategia nazionale  
per la biodiversità



# Stato della BIODIVERSITÀ in ITALIA

*Contributo alla strategia nazionale  
per la biodiversità*

a cura di  
Carlo BLASI (ed. in chief)  
Luigi BOITANI  
Sandro LA POSTA  
Fausto MANES  
Marco MARCHETTI

PALOMBI EDITORI

ISBN 88-7621-514-X



9 788876 215148

# STATO DELLA BIODIVERSITÀ IN ITALIA

## CONTRIBUTO ALLA STRATEGIA NAZIONALE PER LA BIODIVERSITÀ

a cura di

CARLO BLASI, LUIGI BOITANI, SANDRO LA POSTA, FAUSTO MANES E MARCO MARCHETTI

### **Autori**

Giovanna Abbate (Roma), Nadia Abdelahad (Roma), Michele Aleffi (Camerino), Alessandro Alessandrini (Bologna), Marisa Amadei (Roma), Ilaria Anzellotti (Roma), Roberto Argano (Roma), Paolo Audisio (Roma), Giorgio Bazzichelli (Roma), Nicola Baccetti (Bologna), Emilio Balletto (Torino), Anna Barbatì (Firenze), Giuseppe Barbera (Palermo), Genuario Belmonte (Lecce), Annarosa Bernicchia (Bologna), Carlo Nike Bianchi (Genova), Edoardo Biondi (Ancona), Carlo Blasi (Roma), Francesca Blasi (Roma), Marco Bodon (Genova), Ferdinando Boero (Lecce), Marco Alberto Bologna (Roma), Giulia Bonella (Roma), Gabriele Bucci (Firenze), Luciano Bullini (Roma), Simona Bussotti (Lecce), Giovanni Cannata (Campobasso), Francesca Capogna (Roma), Claudia Caporali (Viterbo), Roberto Caracciolo (Roma), Giuseppe Maria Carpaneto (Roma), Laura Celesti Grapow (Roma), Orazio Ciancio (Firenze), Simone Cianfanelli (Firenze), Fabio Conti (Camerino), Mario Cormaci (Catania), Piermaria Corona (Viterbo), Maria Fiore Crescente (Roma), Piera Di Marzio (Isernia), Eugenio Dupré (Roma), Goffredo Filibeck (Roma), Valeria Filipello Marchisio (Torino), Romolo Fochetti (Viterbo), Simonetta Frascetti (Lecce), Giovanni Furnari (Catania), Gilberto Gandolfi (Parma), Giuseppe Giaccone (Catania), Folco Giusti (Siena), Emanuela Giovi (Roma), Stefano Gomes (Roma), Paolo Guidetti (Lecce), Loretta Gratani (Roma), Fausto Manes (Roma), Giuseppe Manganelli (Siena), Davide Marino (Campobasso), Tommaso La Mantia (Palermo), Marco Marchetti (Isernia), Michela Marignani (Roma), Miriam Marta (Roma), Stefano Martellos (Trieste), Leopoldo Michetti (Roma), Alessandro Minelli (Padova), Giulia Mo (Roma), Carla Morri (Genova), Maria Cristina Mosco (Roma), Pier Luigi Nimis (Trieste), Susanna Nocentini (Firenze), Giuseppe Notarbartolo di Sciara (Milano), Anna Occhipinti (Pavia), Marco Oliverio (Roma), Silvano Onofri (Viterbo), Gianmarco Paris (Milano), Claudia Perini (Siena), Bruno Petriccione (Roma), Francesco Pinchera (Roma), Enrico Porceddu (Viterbo), Baldassarre Portolano (Palermo), Fabio Renzi (Roma), Caterina Ripa (Viterbo), Riccardo Scalera (Roma), Gian Tommaso Scarascia Mugnozza (Roma), Giuseppe Scarascia Mugnozza (Terni), Anna Scoppola (Viterbo), Fabio Stoch (Roma), Oronzo Antonio Tanzarella (Viterbo), Nicoletta Tartaglini (Roma), Chantal Treves (Aosta), Marino Vacchi (Roma), Giuseppe Venturella (Palermo), Fiorella Villani (Terni), Augusto Vigna Taglianti (Roma), Marzio Zapparoli (Viterbo), Laura Zucconi (Viterbo).



PALOMBI EDITORI

**A cura di:**

Carlo BLASI (*editor in chief*)

Luigi BOITANI

Sandro LA POSTA

Fausto MANES

Marco MARCHETTI

**Coordinamento editoriale:**

Sandro BONACQUISTI, Piera DI MARZIO, Eugenio DUPRÉ, Nicoletta TARTAGLINI

**Gruppo redazionale:**

Patrizia ANGELOTTI, Ilaria ANZELLOTTI, Francesca BLASI, Goffredo FILIBECK, Raffaella FRONDONI,

Michela MARIGNANI, Andriy MELEKH

© 2005

Tutti i diritti riservati:

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio

Direzione per la Protezione della Natura

Progettazione, realizzazione grafica

e assistenza redazionale a cura di

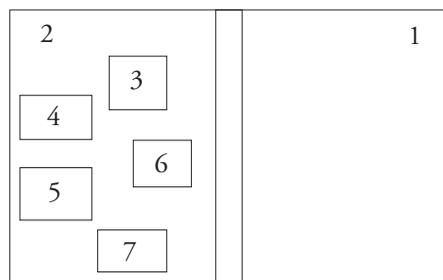
Palombi & Partner S.r.l.

Via Timavo 12, 00195 - Roma

[www.palombieditori.it](http://www.palombieditori.it)

[palombi.editori@palombieditori.it](mailto:palombi.editori@palombieditori.it)

ISBN 88-7621-514-X

**Foto di copertina:**

1. Parco Nazionale del Circeo - Mauro IBERITE

2. Riserva Naturale Montagne della Duchessa - Sandro BONACQUISTI

3. *Pulsatilla alpina* (L.) Delarbre subsp. *millefoliata* (Bertol.) D.M. Moser - Emanuela GIOVI

4. *Larus audouinii* - Leonardo ROSATI

5. *Prostheceraeus roseus* - Carla MORRI

6. *Xanthoria fallax* - Pier Luigi NIMIS

7. Maschio adulto del genere *Baetis* - Romolo FOCHETTI

Il contenuto del presente Volume rappresenta un contributo fondamentale per la realizzazione e l'implementazione della *Strategia nazionale sulla Biodiversità*, anche in considerazione dell'obiettivo strategico globale denominato *Obiettivo 2010* finalizzato ad una significativa riduzione della perdita di biodiversità entro l'anno 2010.

Tale scadenza temporale sta impegnando tutte le Parti contraenti della Convenzione sulla Biodiversità nel lavoro di revisione delle azioni intraprese.

Con la Convenzione di Rio de Janeiro il termine *biodiversità* si è diffuso considerevolmente; oggi non appartiene esclusivamente alle sedi accademiche e scientifiche, ma anche a quelle istituzionali degli Stati, dei Governi e della società civile che insieme hanno formalizzato a livello globale l'importanza del valore intrinseco degli elementi che compongono la biodiversità, consapevoli che la conservazione della stessa, a tutti i livelli, sia indispensabile per il mantenimento della vita sul Pianeta.

Le varie sezioni del Volume permettono di mettere a punto e divulgare sia lo stato delle conoscenze fino ad oggi raggiunto, grazie anche al notevole sforzo compiuto dalle Amministrazioni pubbliche e dalla società civile nell'ultimo decennio, sia la necessità di intraprendere nuove azioni di coordinamento tra i vari soggetti coinvolti e conseguentemente di adeguare la normativa nazionale a vari livelli.

Il percorso delineato in particolare dalle sezioni relative alle ragioni della biodiversità e quelle rivolte alle maggiori cause di perdita della biodiversità, pone le basi per costruire, a livello nazionale, un nuovo punto di partenza per la programmazione futura a breve, medio e lungo termine.

La base conoscitiva, che il mondo della ricerca nazionale ci offre attraverso questo volume, è fondamentale per indirizzare le azioni strategiche attraverso l'elaborazione a livello sia nazionale che locale, di piani e programmi frutto di una collaborazione il più ampia possibile con tutti i soggetti coinvolti.

La Direzione per la Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Autorità nazionale competente per la Biodiversità, ha già avviato il processo di confronto e consultazione tra le altre Amministrazioni competenti e vari *stakeholders*; questo stesso volume ne è un primo risultato e colgo l'occasione per ringraziare il mondo accademico e scientifico per lo sforzo compiuto.

Un ultimo pensiero, non per importanza, è rivolto anche e soprattutto ai non addetti ai lavori, singoli cittadini, studenti, appassionati o semplicemente curiosi di conoscere aspetti fino ad ora "nascosti" dell'inestimabile patrimonio che caratterizza il nostro Paese; il contenuto di questo volume vuole raggiungere infatti un ulteriore obiettivo che è quello di contribuire ad aumentare in tutti, attraverso la conoscenza, la condivisione ed il senso di responsabilità nei confronti di questa ricchezza comune da trasmettere alle generazioni future.

Aldo COSENTINO

Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha da sempre attivato collaborazioni con Società scientifiche, Dipartimenti Universitari ed Enti di ricerca per favorire l'attuazione degli impegni assunti nel quadro delle Direttive e Convenzioni internazionali tra cui, a titolo esemplificativo, la Convenzione di Berna, la Direttiva Habitat (Rete Natura2000), la Convenzione sulla Diversità Biologica, il Protocollo di Kyoto e la Convenzione Europea sul Paesaggio.

Sono stati quindi attivati programmi di interesse scientifico e culturale quali il completamento delle conoscenze naturalistiche, la prevenzione e il recupero delle aree incendiate, la realizzazione della rete Natura 2000, le linee guida per la gestione dei SIC, la protezione e la gestione delle aree forestali e, oggetto del presente volume, la situazione della biodiversità in Italia.

Il testo *Stato della Biodiversità in Italia* illustra con rigore scientifico e sintesi divulgativa la biodiversità presente in Italia trattando in prevalenza della flora e della fauna, con indicazioni sulla vegetazione, gli habitat di interesse comunitario e il paesaggio agrario e forestale. Offre quindi ampio spazio alla flora vascolare, alle briofite, ai funghi, ai licheni e alle alghe di acqua dolce e marine, senza tralasciare la fauna terrestre, la fauna delle acque dolci e quella marina e delle acque salmastre. Sua caratteristica peculiare è quella di tenere presente tutti gli elementi che determinano sia la ricchezza biologica (clima, biogeografia, genetica, azione dell'uomo, ecc.) che la riduzione e, in alcuni casi, la scomparsa (cambiamento di uso del suolo e frammentazione, cambiamenti globali, presenza di specie esotiche, ecc.) di biodiversità.

Per la raccolta organica delle conoscenze, oltre ovviamente a quelle già note da decenni e legate alla prassi tradizionale della ricerca, molto si deve alla convenzione "Completamento delle Conoscenze Naturalistiche in Italia" stipulata dalla Direzione per la Protezione della Natura con alcuni Dipartimenti universitari (delle Università della Calabria, di Firenze, di Genova, di Parma e di Roma) e l'Istituto di Ecologia ed Idrologia Forestale del CNR (Cosenza). La convenzione, coordinata dal Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università "La Sapienza", dopo il Programma Finalizzato "Promozione della Qualità dell'Ambiente" del CNR è senza dubbio il progetto di ricerca naturalistico più complesso e integrato realizzato di recente a scala nazionale. I temi principali di tale progetto sono stati le serie di vegetazione e flora di particolare interesse nazionale, la carta dell'uso del suolo, l'ampliamento delle conoscenze zoologiche, la carta del fitoclima d'Italia, le biocenosi marine costiere e le zone umide.

L'opera in oggetto è anche il risultato di un modello di collaborazione ampiamente collaudata con i dirigenti e i funzionari della Direzione per la Protezione della Natura che hanno promosso altri volumi essenziali per la conoscenza della biodiversità, tra cui sono da segnalare la *Checklist delle specie della fauna italiana, An annotated checklist of the Italian vascular flora* e lo *Stato delle conoscenze floristiche d'Italia*.

Con il volume *Stato della Biodiversità in Italia* si sono raccolte informazioni per la valutazione delle criticità e pertanto si hanno ora gli elementi per definire, in stretta collaborazione con le Regioni e gli Enti locali, i Piani di Azione che potranno fare riferimento a informazioni qualitative e quantitative a scala di specie, di comunità e di paesaggio.

Per sostenere questa nuova fase dedicata ai Piani di Azione, che nel loro insieme andranno a definire la Strategia Nazionale per la Biodiversità, la Direzione per la Protezione della Natura e il Centro Interuniversitario "Biodiversità, Fitosociologia ed Ecologia del Paesaggio" dell'Università "La Sapienza", a cui fanno riferimento numerosi Dipartimenti universitari e Società scientifiche, hanno creduto opportuno attivare alcune nuove iniziative più coerenti con la fase attuale dedicata, oltre che agli approfondimenti di natura tassono-

mica e sintassonomica, alla valutazione e al monitoraggio dei cambiamenti. Si tratta di nuovi programmi (coerenti con la strategia e gli obiettivi che la CBD ha individuato per il 2010) dedicati alla valutazione dello stato di conservazione dei Parchi nazionali e dei paesaggi d'Italia, alla conoscenza della rete dei boschi vetusti (per ora limitata ai Parchi nazionali, ma presto ampliata a tutto il Paese), al censimento delle specie esotiche (con particolare riferimento alla fascia costiera e ai Parchi marini) e alla rete delle IPAs (*Important Plant Areas*). Con questi programmi si cercherà di ottimizzare le conoscenze acquisite finalizzandole al monitoraggio e all'individuazione, anche cartografica, delle aree di particolare interesse conservazionistico o biogeografico così come richiesto dalla CBD (strategia 2010), da *Planta Europa* e dall'IUCN. In questo modo si fornirà anche una risposta di dettaglio alla caratterizzazione delle ecoregioni definite, per ora in modo molto generale, a scala planetaria.

Nell'attività formativa scolastica e universitaria, infine, con il volume *Stato della Biodiversità in Italia* e la pubblicazione degli altri volumi dedicati alla biodiversità floristica e faunistica italiana sarà possibile integrare i testi di provenienza internazionale con indicazioni originali sulla flora, la vegetazione, la fauna e i paesaggi del nostro Paese. Il bagaglio cartografico naturalistico realizzato negli ultimi dieci anni renderà possibile interessanti correlazioni sistemiche con unità territoriali e paesaggistiche ottenute mediante la classificazione gerarchica del territorio.

*Stato della Biodiversità in Italia* è un'opera realizzata secondo la visione ecosistemica promossa dalla CBD, approccio essenziale per la formazione del naturalista, del biologo, dell'ecologo, dell'ambientalista, dell'agronomo e del forestale, ma anche per la formazione di tutte le professioni che utilizzano i principi della biologia della conservazione e dell'ecologia del paesaggio e si occupano di valutazione dello stato dell'ambiente, di pianificazione e di progettazione ambientale a scala territoriale e paesaggistica.

Durante la stesura dei testi e la raccolta dei contributi, ci sono stati momenti difficili in cui ho pensato che non saremmo riusciti a terminare il lavoro, momenti in cui mi trovavo a ripetere "*mai più un progetto editoriale così complesso e articolato*". L'uscita del volume e la prossima pubblicazione in lingua inglese hanno cancellato il ricordo dei momenti difficili e pertanto si può pensare a nuovi percorsi editoriali.

*Stato della Biodiversità in Italia* è stato realizzato da 89 Autori di diversa estrazione scientifica. A loro va il più sentito ringraziamento per aver lavorato con passione ed entusiasmo coscienti dell'importanza culturale e scientifica dell'opera.

Un ringraziamento particolare al Direttore Generale, Aldo Cosentino, ai suoi collaboratori dirigenti e funzionari per il sostegno e i suggerimenti, agli amici Luigi Boitani, Sandro La Posta, Fausto Manes e Marco Marchetti con i quali ho condiviso la realizzazione dell'opera e a tutti coloro, tra cui in particolare Piera di Marzio, che ne hanno curato il coordinamento editoriale e redazionale.

Carlo BLASI

# INDICE

<b>ACCORDI PER LA CONSERVAZIONE E LO SVILUPPO SOSTENIBILE</b> .....	13
<b>CONVENZIONI INTERNAZIONALI</b> .....	13
La conferenza di Stoccolma e la nascita del Programma per l'Ambiente delle Nazioni Unite .....	14
La conferenza di Rio de Janeiro e la convenzione sulla diversità biologica .....	16
Il Consiglio d'Europa .....	25
Sintesi del percorso evolutivo delle convenzioni internazionali .....	26
Recepimento delle convenzioni nell'Unione Europea .....	28
Recepimento della convenzione sulla biodiversità in Italia .....	30
<b>RAGIONI DELLA BIODIVERSITÀ</b> .....	35
<b>CONOSCERE LA BIODIVERSITÀ PER CONSERVARLA</b> .....	35
Lo sviluppo sostenibile .....	36
I "numeri" della biodiversità .....	37
<b>BIODIVERSITÀ E BIOGEOGRAFIA</b> .....	40
Biogeografia e ricchezza di specie .....	40
Aspetti storici del popolamento animale e vegetale .....	42
Modelli di distribuzione della fauna e della flora .....	47
<b>BIODIVERSITÀ E CLIMA</b> .....	57
Il clima d'Italia .....	58
<b>BIODIVERSITÀ E GENETICA</b> .....	67
Diversità genetica e conservazione della biodiversità .....	67
Diversità genetica delle specie vegetali di interesse agrario .....	84
Diversità genetica delle specie arboree forestali .....	91
<b>BIODIVERSITÀ E PAESAGGIO</b> .....	97
La Convenzione Europea del Paesaggio .....	97
I Paesaggi d'Italia .....	98
<b>PERDITA DELLA BIODIVERSITÀ</b> .....	105
<b>CAMBIAMENTI DI USO DEL SUOLO</b> .....	108
Principali trasformazioni del paesaggio italiano .....	108
Effetti dei cambiamenti di uso del suolo sulla biodiversità .....	113
<b>CAMBIAMENTI CLIMATICI</b> .....	115
Variazioni climatiche documentate .....	116
Fenologia e cambiamenti climatici .....	119
<b>CAMBIAMENTI NELLA CONCENTRAZIONE DI CO<sub>2</sub> E DEPOSIZIONI AZOTATE</b> .....	123
Concentrazione di CO <sub>2</sub> .....	123
Aumento della concentrazione di CO <sub>2</sub> .....	124
Deposizioni azotate .....	126
Emissioni di ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ), deposizioni azotate e acidificazione .....	127
<b>SPECIE ESOTICHE</b> .....	128
Fauna .....	131
Flora .....	140
<b>FLORA E VEGETAZIONE</b> .....	149
<b>FLORA</b> .....	149
Piante vascolari .....	149

Briofite .....	162
Funghi .....	182
Licheni .....	180
Alghe d'acqua dolce .....	187
Alghe e le piante vascolari marine .....	193
<b>VEGETAZIONE E HABITAT PRIORITARI</b> .....	202
La vegetazione nella Direttiva 92/43/EEC .....	204
Gli habitat della Direttiva europea in Italia .....	220
<b>FAUNA</b> .....	239
<b>FAUNA TERRESTRE</b> .....	239
Stato delle conoscenze .....	239
Molluschi .....	246
Coleotteri .....	249
Lepidotteri .....	256
Anfibi .....	262
Rettili .....	265
Uccelli .....	269
Mammiferi .....	276
<b>FAUNA DELLE ACQUE DOLCI</b> .....	283
Stato delle conoscenze .....	283
Poriferi, Cnidari, Turbellari, Nematodi, Tardigradi, Gastrotrichi, Rotiferi, Irudinei, Oligocheti .....	287
Molluschi .....	289
Gruppi vari .....	291
Crostacei .....	292
Insetti .....	293
Pesci .....	298
Anfibi .....	303
Rettili .....	305
Uccelli acquatici .....	306
Mammiferi .....	310
<b>FAUNA MARINA E DELLE ACQUE SALMASTRE</b> .....	312
Stato delle conoscenze .....	312
Plancton .....	314
Benthos .....	317
Gruppi vari .....	328
Molluschi .....	337
Artropodi .....	339
Pesci .....	343
Rettili .....	350
Uccelli .....	351
Mammiferi .....	354
<b>SISTEMI FORESTALI E AGRARI</b> .....	361
<b>SISTEMI FORESTALI</b> .....	361
L'approccio ecosistemico in selvicoltura .....	361
Il patrimonio forestale italiano .....	364
Gestione selvicolturale e tipologie forestali .....	370
<b>SISTEMI AGRARI</b> .....	389

<b>CONSERVAZIONE E MONITORAGGIO DELLA BIODIVERSITÀ IN ITALIA</b> .....	407
<b>CONSERVAZIONE <i>IN SITU</i></b> .....	409
I primi Parchi Nazionali: dal 1922 al 1968 .....	409
La spinta delle regioni: dal 1967 al 1990 .....	410
La legge quadro nazionale sulle aree protette: dagli anni '90 ad oggi .....	411
Aree protette e Rete Natura2000 .....	412
<b>CONSERVAZIONE <i>EX SITU</i></b> .....	415
<b>SINTESI SUI PRINCIPALI PIANI E PROGRAMMI DI MONITORAGGIO A LIVELLO INTERNAZIONALE E NAZIONALE</b> .....	420
Il monitoraggio nell'ambito dell'azione conoscitiva .....	421
Iniziative nazionali e sopranazionali per il monitoraggio della biodiversità .....	423
Le iniziative italiane curate dal sistema agenziale .....	434
Reti di monitoraggio coordinate dal Corpo Forestale dello Stato .....	445
La convenzione Completamento delle Conoscenze Naturalistiche di base .....	450
Il progetto Carta della Natura .....	453
<b>ACRONIMI E SITI INTERNET</b> .....	457
<b>ELENCO DEGLI AUTORI</b> .....	465
<i>Schede tematiche</i>	
<b>ACCORDI PER LA CONSERVAZIONE E LO SVILUPPO SOSTENIBILE</b>	
SINTESI DELLE DECISIONI ADOTTATE DURANTE LE COP .....	20
L'APPROCCIO ECOSISTEMICO NELLA CBD .....	22
GLI ECOSISTEMI MONTANI .....	23
IL DOCUMENTO "LINEE STRATEGICHE PER L'ATTUAZIONE DELLA CONVENZIONE DI RIO DE JANEIRO E PER LA REDAZIONE DEL PIANO NAZIONALE SULLA BIODIVERSITÀ" .....	31
LA RIFORMA DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNE: DA AGENDA 2000 AL DECRETO FISCHLER .....	32
<b>RAGIONI DELLA BIODIVERSITÀ</b>	
DALL'IDENTIFICAZIONE DELLE CAUSE ALLA INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI SENSIBILI .....	38
LA BIODIVERSITÀ INTRASPECIFICA DEGLI ALBERI FORESTALI .....	91
SVILUPPI E PROSPETTIVE SULLA BIODIVERSITÀ GENETICA INTRASPECIFICA E FUNZIONALE DELLE SPECIE ARBOREE FORESTALI .....	94
<b>FLORA E VEGETAZIONE</b>	
LE BRIOFITE COME BIOINDICATORI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO .....	169
I LICHENI COME BIOINDICATORI .....	186
LE ALGHE D'ACQUA DOLCE COME BIOINDICATORI .....	191
<b>SISTEMI FORESTALI E AGRARI</b>	
STATO DI PROTEZIONE DELLE FORESTE ITALIANE .....	366
I CENTRI NAZIONALI PER LO STUDIO E LA CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ FORESTALE .....	385
<b>CONSERVAZIONE E MONITORAGGIO DELLA BIODIVERSITÀ IN ITALIA</b>	
LA CONSERVAZIONE <i>EX SITU</i> DELLA FAUNA .....	418
DALLA CHECKLIST A CKMAP: L'INFORMATIZZAZIONE DELLA FAUNA ITALIANA .....	452
GIS NATURA: IL GIS DELLE CONOSCENZE NATURALISTICHE IN ITALIA .....	455

---

# ACCORDI PER LA CONSERVAZIONE E LO SVILUPPO SOSTENIBILE

## CONVENZIONI INTERNAZIONALI

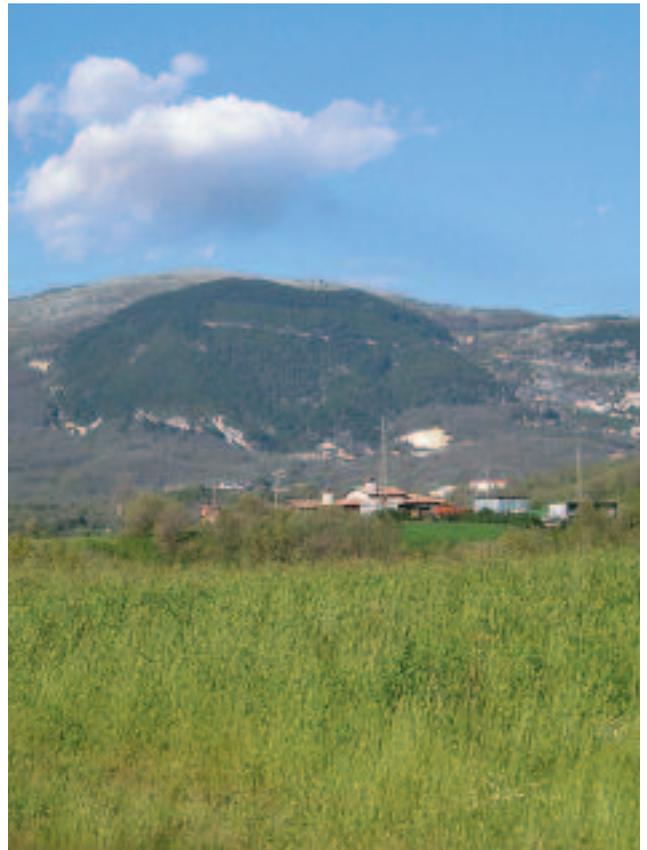
[Stefano Gomes, Goffredo Filibeck, Michela Marignani]

Nel 1964 si verificò uno dei primi tentativi di intervenire sull'organizzazione dell'ordine economico internazionale tenendo conto dei problemi posti dai Paesi in via di sviluppo (PVS). L'assemblea Generale istituì la Conferenza delle Nazioni Unite sul Commercio e lo Sviluppo (UNCTAD), al fine di promuovere una più equa distribuzione delle ricchezze tra il Nord e il Sud del mondo<sup>1</sup>. Tuttavia, lo sforzo politico svolto dagli Organismi internazionali per mitigare lo squilibrio economico e sociale non ha portato significativi risultati.

Il primo decennio della politica per lo sviluppo, perseguita dall'ONU negli anni sessanta, ha enfatizzato uno sviluppo di tipo industriale e urbano che, contrariamente alle aspettative, ha fatto registrare una diminuzione del tasso di crescita economica e un incremento demografico di tipo esponenziale. In tale situazione, molti Paesi non riuscirono a soddisfare la domanda alimentare interna.

Con il fallimento della politica di questo primo decennio, venne effettuata una revisione critica del processo di sviluppo. Si configura una corrente di pensiero che sostiene la necessità di una nuova formulazione degli obiettivi e di una strategia basata sull'utilizzo delle risorse rinnovabili.

Questo approccio ha delineato la filosofia del secondo decennio: nasce il concetto di *sviluppo ecologico*, che alla fine degli anni '80 assumerà la denominazione di *sviluppo sostenibile*, cioè quel tipo di sviluppo che mantiene a lungo termine inalterate le potenzialità delle risorse naturali e ambientali necessarie a garantire un adeguato livello di benessere e qualità della vita.



Veduta di paesaggio agricolo dell'Appennino centrale (foto di P. Di Marzio).

---

<sup>1</sup> Nel 1966 l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, con la Risoluzione n. 2029, ritenne necessario creare un Organo con funzioni sussidiarie per garantire l'assistenza ai PVS e per accelerare il loro processo di crescita economica e sociale, con particolare attenzione ai problemi dei Paesi sviluppatasi di recente, denominato Programma per lo Sviluppo delle Nazioni Unite (*United Nation Development Programme* - UNDP). La maggior parte dei progetti elaborati dall'UNDP sono assicurati dalle Agenzie specializzate del sistema delle Nazioni Unite come la FAO, l'Organizzazione per lo Sviluppo Industriale (UNIDO), ecc.

## LA CONFERENZA DI STOCOLMA E LA NASCITA DEL PROGRAMMA PER L'AMBIENTE DELLE NAZIONI UNITE

Gli anni '70 videro la nascita del movimento ambientalista su scala internazionale. Il primo importante documento scientifico che recepiva le istanze sollevate da questo movimento fu lo studio redatto da un gruppo di esperti del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), pubblicato con il titolo "I limiti dello sviluppo" (MEADOWS *et al.*, 1972). Sulla base di estrapolazioni relative agli andamenti di crescita di popolazione, al livello di industrializzazione, all'inquinamento, alla produzione di alimenti, al consumo delle risorse naturali, i ricercatori ritennero che l'umanità avrebbe in breve tempo raggiunto i limiti naturali dello sviluppo. Si sottolineava quindi la necessità di sostituire il modello economico basato sulla crescita illimitata con una situazione di stabilità economica ed ecologica. Questo stato di equilibrio, da intendersi in senso dinamico, veniva definito dalla pubblicazione del MIT come "la condizione in cui popolazione e capitale rimangono sostanzialmente costanti, grazie al controllo esercitato sulle forze che tendono a farli aumentare o diminuire". In tale condizione risulterebbero garantiti i bisogni materiali degli abitanti della Terra. Veniva sottolineato che le probabilità di successo sarebbero state tanto maggiori quanto più rapidamente sarebbe stata intrapresa questa svolta decisiva.

Per la prima volta veniva quindi proposto un modello di società in *stato stazionario*, cioè un sistema in cui fosse ridotto al minimo il consumo delle risorse realizzando uno stato di equilibrio, definito con la dizione *crescita zero*: «se usiamo il termine crescita per indicare un cambiamento quantitativo e il termine sviluppo per riferirsi a una modifica qualitativa, allora possiamo dire che l'economia in stato stazionario si sviluppa ma non cresce, proprio come la Terra, di cui l'economia umana è un sottosistema. Una ricchezza sufficiente, mantenuta e allocata efficientemente, distribuita in modo equo - e non per massimizzare la produzione - costituisce il giusto fine economico» (DALY, 1981).

Nel 1972, in pieno dibattito sulle ipotesi formulate dai ricercatori del MIT, a Stoccolma si svolge la prima conferenza internazionale che coinvolge i governi del mondo sui temi dell'ambiente legati alle politiche di sviluppo, la *Conferenza delle Nazioni Unite per l'ambiente umano*<sup>2</sup>.

Alla Conferenza di Stoccolma i Paesi in via di sviluppo dichiararono di non essere in grado di sostenere da soli i costi della protezione ambientale e della conversione

verso uno sviluppo sostenibile. Emerse anche una controversia: i Paesi industrializzati identificavano nel forte aumento demografico registrato in quegli anni la principale causa degli squilibri economici e dell'esaurimento delle risorse naturali; al contrario i Paesi del Terzo Mondo indicavano, quale causa prima, lo sfruttamento massiccio delle risorse operato dai Paesi sviluppati.

Il 15 dicembre 1972, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite<sup>3</sup> istituì un'Agenzia con funzioni di coordinamento per l'azione ambientale, con sede a Nairobi, l'UNEP (*United Nations Environment Programme*).

### I compiti e le strategie dell'UNEP<sup>4</sup>

Obiettivo dell'UNEP è promuovere l'uso consapevole e lo sviluppo sostenibile dell'ambiente globale. A questo scopo collabora con numerosi partner: all'interno delle Nazioni Unite, tra le organizzazioni internazionali, tra istituzioni nazionali e le organizzazioni non governative (ONG).

Suoi compiti sono:

- valutare lo stato e il *trend* dell'ambiente a livello globale, nazionale e regionale,
- promuovere strumenti ambientali nazionali e internazionali,
- rafforzare le istituzioni per una gestione consapevole dell'ambiente,
- facilitare il trasferimento di conoscenze e di tecnologie per lo sviluppo sostenibile,
- incoraggiare la formazione di nuove *partnerships* all'interno della società civile e nel settore privato

Per garantire la sua efficacia globale l'UNEP è supportato da sei uffici regionali (Europa, Africa, Nord America, Asia orientale e Pacifico, Latino America e Caraibi, Asia occidentale), oltre a numerosi centri di eccellenza come il *Global Resource Information Database Centre* (GRID) e il *World Conservation Monitoring Centre* (UNEP-WCMC).

L'UNEP, come principale istituzione delle Nazioni Unite per l'ambiente, ha assunto un ruolo fondamentale nella promozione della Conservazione della diversità biologica, in applicazione del Capitolo 15 dell'Agenda 21 (vedi § successivo), promuovendo iniziative per la protezione delle risorse genetiche, delle specie e degli habitat.

<sup>2</sup> *Declaration of the United Nations Conference on the Human Development* del 16 giugno 1972.

<sup>3</sup> *General Assembly Resolution 2997 (XXVII)* del 15 dicembre 1972.

<sup>4</sup> Il sottocapitolo è stato curato da Miriam Marta.

Insieme al Consiglio d'Europa (vedi § dedicato), l'Ufficio Regionale dell'UNEP per l'Europa (REO, *Regional Office for Europe*), lavora ad un progetto per l'armonizzazione e il supporto reciproco tra CBD e PEBLDS (*Pan-European Biological and Landscape Diversity Strategy*), operando come Segretariato di quest'ultima e costituendo il quadro di riferimento europeo per l'implementazione delle convenzioni inerenti la biodiversità.

Recentemente l'UNEP, insieme all'IUCN e al Centro Regionale per l'Ambiente, ha promosso l'istituzione di un "Servizio per l'implementazione dei piani di azione e delle strategie nazionali per la biodiversità" che ha come obiettivo l'integrazione degli strumenti globali, regionali e nazionali per la conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità nei paesi dell'Unione Europea.

Le principali attività dell'UNEP per la tutela della biodiversità sono le seguenti:

- *Convenzione sulla diversità biologica (CBD)*;
- *Convenzione sul commercio internazionale delle specie minacciate (CITES)*;
- *Convenzione sulle specie migratorie (CSM)*;
- *Accordo per la Conservazione delle specie migratori di uccelli d'acqua afro-eurasiatici*;
- *EUROBAT* - Accordo per la conservazione dei pipistrelli in Europa;
- *Progetto per la sopravvivenza delle scimmie* - Progetto innovativo dell'UNEP e UNESCO per fermare la minaccia di estinzione di gorilla, scimpanzè e orango;
- *Programma globale di azione per la protezione dell'ambiente marino dalle attività di uso del suolo (GPA)* - Ha lo scopo di prevenire la degradazione dell'ambiente ma-

rino per le attività di uso del suolo aiutando i paesi a preservare e proteggere l'ambiente marino;

- *Unità sulle barriere coralline*;
- *Network internazionale per l'azione sulle barriere coralline (ICRAN)* - Istituito nel 2000, è un panel globale di esperti sulle barriere coralline che sta lavorando per fermare la perdita di barriere coralline nel mondo. L'ICRAN ha sviluppato un piano d'azione globale per gestire e proteggere le barriere coralline, che si basa sulle raccomandazioni dell'ICRI (Iniziativa Internazionale per le barriere coralline, *International Coral Reef Initiative*);
- *Centro Internazionale per lo sviluppo integrato della montagna (GRID-ICIMOD)* - Istituito nel 1983, promuove lo sviluppo compatibile della montagna, economico e ambientale, e il miglioramento delle condizioni di vita della popolazione montana nelle regioni dell'Hindo Kush e Himalaya (HKH);
- *Progetto UNEP-GEF sullo sviluppo di strumenti per la biosicurezza nazionale* - Un progetto triennale per assistere fino a 100 paesi nello sviluppo del *National Biosafety Frameworks*, per aderire al Protocollo di Cartagena sulla biosicurezza;
- *Global Environmental Outlook (GEO)* - GEO-3, la versione più recente, fornisce un sommario dei principali sviluppi ambientali avvenuti nei passati tre decenni, e l'analisi dei fattori sociali, economici e degli altri fattori che hanno contribuito al cambiamento che è avvenuto nel suolo, nelle foreste, nella biodiversità, nelle aree marine e costiere, nell'atmosfera e nelle aree urbane.

## LA CONFERENZA DI RIO DE JANEIRO E LA CONVENZIONE SULLA DIVERSITÀ BIOLOGICA

L'ultimo decennio del ventesimo secolo vede una nuova grande riunione internazionale sui problemi dell'ambiente e dello sviluppo, ospitata a Rio de Janeiro (Brasile) dal 3 al 14 giugno 1992: la *Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo* (UNCED).

A vent'anni dalla Conferenza di Stoccolma, essa è stata a livello internazionale l'evento più importante per le politiche ambientali globali ed ha costretto il mondo politico a confrontarsi con il concetto di sostenibilità.

Obiettivo principale della Conferenza era quello di costruire uno schema di azione per portare l'economia mondiale su un percorso di sviluppo sostenibile, che non deauperasse le risorse ambientali per le presenti e le future generazioni.

I risultati della Conferenza di Rio hanno portato alla sottoscrizione, da parte dei rappresentanti dei governi, dei seguenti documenti:

1. la *Dichiarazione di Rio su Ambiente e Sviluppo*, costituita da 27 principi che delineano diritti e responsabilità degli Stati nei confronti dell'ambiente, per la costruzione di un *futuro sostenibile*;
2. l'*Agenda 21*, il documento base esplicativo della teoria dello sviluppo sostenibile, contenente gli impegni per trasformare le dichiarazioni in principi guida, collegati alle convenzioni internazionali sottoscritte a Rio;
3. la *Convenzione sul Cambiamento Climatico (UNFCCC)*, per limitare la crescita di anidride carbonica nell'atmo-

sfera terrestre quale principale causa dell'aumento della temperatura;

4. la *Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD)*, mediante la quale si propone un approccio globale, ecosistemico, per la protezione di tutti i livelli della diversità dei viventi, nel tentativo di superare l'approccio frammentario risultante dalle convenzioni già esistenti;
5. la *Convenzione per la lotta al fenomeno della desertificazione (UNCCD)*;
6. la *Dichiarazione sui principi relativi alle foreste*, che raccoglie indirizzi generali, formulati nell'impossibilità di giungere alla sottoscrizione di una Convenzione giuridicamente vincolante.

Il vertice sullo sviluppo sostenibile "Rio +10" tenuto a Johannesburg (Sud Africa) nel 2002, rappresenta una verifica a dieci anni di distanza dalla conferenza di Rio de Janeiro, con l'obiettivo di identificare misure concrete per l'attuazione degli impegni presi con Agenda 21.

I governi riuniti in quest'occasione hanno adottato delle risoluzioni, stabilendo degli obiettivi specifici da perseguire entro determinate scadenze, tra cui ci interessa qui sottolineare la data del 2010 fissata per raggiungere una significativa riduzione del tasso attuale di perdita della biodiversità.

A conclusione di quanto esposto, la figura 1.1 riporta le Agenzie delle Nazioni Unite che dal 1964 curano il processo di attuazione delle politiche internazionali per l'ambiente e per lo sviluppo sostenibile.

L'UNEP svolge un ruolo importante nel processo di organizzazione dei lavori, curando il programma ambientale sia a livello internazionale sia a livello regionale.

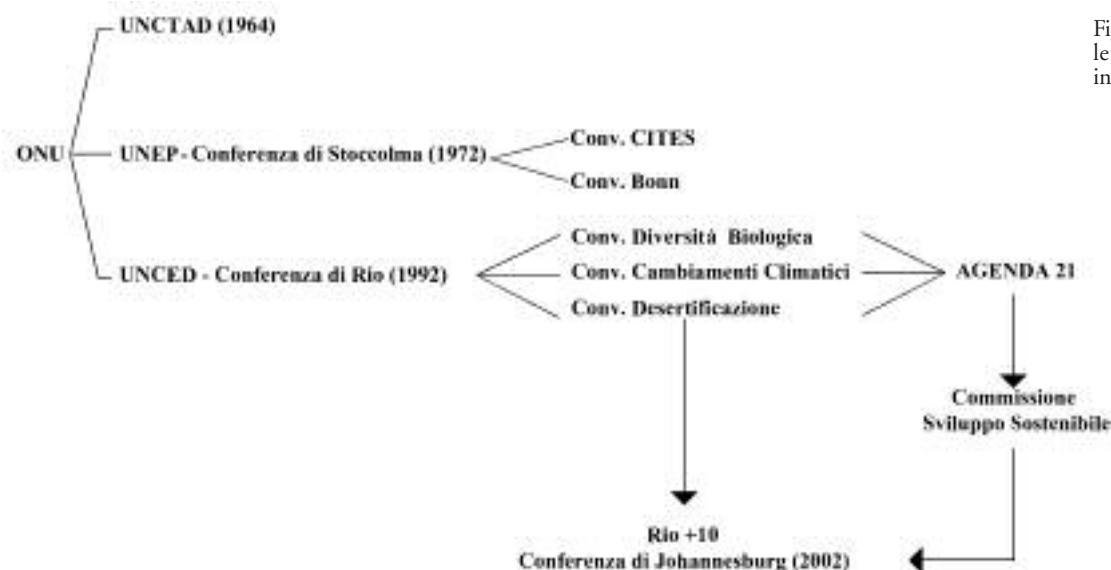


Fig. 1.1 - Meccanismi per le politiche ambientali internazionali.

## La Convenzione sulla Diversità Biologica

Gli obiettivi della Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) sono la conservazione della diversità biologica (a livello genetico, di specie, di comunità e di paesaggio), l'utilizzazione durevole dei suoi elementi e la ripartizione giusta ed equa dei vantaggi derivanti dallo sfruttamento delle risorse genetiche e dal trasferimento delle tecnologie pertinenti.

Ogni Paese contraente coopera, per quanto possibile, con le altre parti contraenti, direttamente o tramite organizzazioni internazionali competenti, nei settori non sottoposti alla giurisdizione nazionale e in altri settori di interesse reciproco, per la conservazione e l'utilizzazione durevole della diversità biologica.

Si tratta di una Convenzione di straordinaria importanza in quanto prevede di conservare la biodiversità e individua nello sviluppo sostenibile e nella equa ripartizione delle risorse lo strumento fondamentale per centrare l'obiettivo primario della Convenzione stessa.

Colpisce il divario tra importanza della Convenzione e livello di conoscenza e divulgazione dell'articolato della medesima. Sono circa 187 i Paesi firmatari, ma ancora oggi quando si parla di biodiversità, come si accennava all'inizio, si pensa che sia una cosa importante, ma che essenzialmente interessi le associazioni di volontariato, gli ecologisti ed eventualmente gli ecologi di professione. La Convenzione ci ricorda che la conservazione della biodiversità è un problema scientifico, biologico ed ecologico, ma è anche un problema economico, politico e sociale che riguarda tutti paesi del mondo.

La Convenzione è del 1992 e l'Italia ne ha formalizzato la sua partecipazione nel 1994. Ogni paese contraente è tenuto (art. 6) a:

- elaborare strategie, piani e programmi nazionali volti a garantire la conservazione e l'utilizzazione durevole della diversità biologica;
- integrare la conservazione e l'utilizzazione durevole della diversità biologica nei suoi piani, programmi e politiche settoriali o plurisetoriali pertinenti;
- identificare gli elementi importanti della diversità biologica ai fini della conservazione e di una utilizzazione durevole;
- controllare, mediante campionamenti e altre tecniche, gli elementi costitutivi della diversità biologica;
- analizzare i processi e le categorie di attività che hanno o rischiano di avere gravi impatti negativi sulla conservazione e l'utilizzazione durevole della diversità biologica, e sorvegliarne i loro effetti;

- conservare e gestire i dati derivati dalle attività di identificazione e di controllo.

Ogni parte contraente adotta misure economicamente e socialmente utili, che siano di stimolo alla conservazione e all'utilizzazione durevole degli elementi costitutivi della diversità biologica.

La convenzione prevede inoltre la promozione della ricerca che contribuisce alla conservazione e all'utilizzazione durevole della diversità biologica.

A scadenze regolari i paesi contraenti prendono parte alle riunioni ordinarie e straordinarie organizzate dalla Conferenza delle Parti (COP) tramite il Segretariato, elaborano rapporti da presentare alla COP sui provvedimenti adottati in adempimento alle disposizioni della convenzione stessa e sulla loro efficacia, rispondono alle richieste dell'Organo Sussidiario di Consulenza Scientifica, Tecnica e Tecnologica (*Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice* - SBSTTA).

### *Evoluzione della convenzione attraverso le Conferenze delle Parti*<sup>5</sup>

La COP è l'organo di governo della Convenzione sulla Diversità Biologica. La sua funzione principale è assicurare l'implementazione della Convenzione e guidarne lo sviluppo (vedi Schede *Sintesi delle decisioni prese durante le COP e L'approccio ecosistemico nella CBD*). Nel far ciò la Conferenza istituisce dei gruppi di lavoro (*working groups*) e di collegamento (*liaison groups*), per implementare il lavoro o per indirizzare i temi. Tra i principali gruppi individuati fino a ora ci sono quelli elencati nella tabella 1.1.

Le decisioni della COP si basano principalmente sulle indicazioni fornite dalle raccomandazioni del SBSTTA, che per i suoi lavori individua dei gruppi *Ad Hoc* di Tecnici Esperti su tematiche prioritarie della Convenzione la cui attività è stabilita per un determinato periodo temporale (tabella 1.2).

Alla COP competono anche l'adozione del bilancio, la valutazione dei rapporti nazionali, l'adozione di protocolli e allegati e lo sviluppo di linee guida per i meccanismi finanziari.

Inoltre, nei suoi incontri (tabella 1.3), provvede a definire programmi e piani di lavoro nelle aree tematiche e nei temi intersettoriali della Convenzione (vedi Scheda *Gli ecosistemi montani*) e a stabilire periodicamente una revisione di tali programmi, con l'obiettivo di favorirne l'efficacia e l'implementazione.

<sup>5</sup> Il sottocapitolo è stato curato da Goffredo Filibeck, Michela Marignani, Miriam Marta, Francesca Blasi.

<b>Gruppi di Lavoro <i>Ad Hoc</i></b>
Gruppo di lavoro sull'articolo 8(j)
Gruppo di lavoro sull'Accesso e la Condivisione dei Benefici (ABS)
Gruppo di lavoro sulla Biosicurezza
Gruppo di lavoro sull'implementazione della Convenzione
<b>Gruppi di collegamento</b>
Gruppo di collegamento dei Tecnici Esperti su i Meccanismi di Clearing-House per la Biosicurezza
Gruppo di collegamento sulle Specie Aliene Invasive
Gruppo di collegamento sulla Biodiversità delle Acque Interne
Gruppo di collegamento sull'Approccio Ecosistemico ( <i>Ecosystem Approach</i> )
Gruppo di collegamento su Identificazione, Monitoraggio e Indicatori
Gruppo di collegamento sulla Strategia Globale per la Conservazione delle Piante ( <i>Global Strategy for Plant Conservation</i> )
Gruppo di collegamento sulla Biodiversità Agricola
Gruppo di collegamento sulla Formazione di Competenze ( <i>Capacity Building</i> ) per la Biosicurezza
Gruppo di collegamento sulla Biodiversità delle Zone Aride
<b>Gruppi di esperti</b>
Gruppo di esperti sull'Accesso e la Condivisione dei Benefici (ABS)
Gruppo di esperti sull'Accesso alle Risorse Genetiche e la Condivisione dei Benefici
Gruppo di esperti sulla Gestione, il Trasporto, il Confezionamento e l'Identificazione degli Organismi Viventi Modificati LMO (Articolo 18, paragrafo 2.a)
Gruppo di esperti sui Meccanismi di Clearing-House per la Biosicurezza
Gruppo di esperti sulla Formazione di Competenze ( <i>Capacity Building</i> )
Gruppo di esperti sui Meccanismi di Clearing-House (CHM)
Gruppo di Esperti sull'Approccio Ecosistemico

Tabella 1.1 - Gruppi di supporto alla COP.

Gruppo Ad Hoc aperto sulle Aree Protette
Gruppo Ad Hoc aperto sul Protocollo di Montreal
Gruppo Ad hoc di Esperti Tecnici sulle Zone Aride e Sub-umide
Gruppo Ad hoc di Esperti Tecnici sulle Conoscenze Tradizionali e i Meccanismi di <i>Clearing-House</i>
Gruppo Ad hoc di Esperti Tecnici sulla Biodiversità e i Cambiamenti Climatici
Gruppo Ad hoc di Esperti Tecnici sulla Biodiversità Marina
Gruppo Ad hoc sulla Biodiversità Montana
Gruppo Ad hoc di Esperti Tecnici sulle Aree Protette Marine e Costiere
Gruppo Ad hoc di Esperti Tecnici sulle Foreste

Tabella 1.2 - Gruppi di supporto al SBSTTA.

Incontri della Conferenza delle Parti	Temi affrontati programmi intrapresi
Primo <i>Meeting</i> 28 novembre - 9 dicembre 1994 Nassau, Bahamas	Guida ai meccanismi finanziari; Programma di lavoro a medio termine.
Secondo <i>Meeting</i> 6 - 17 novembre 1995 Jakarta, Indonesia	Diversità biologica marina e costiera; Accesso alle risorse genetiche; Conservazione d uso sostenibile della diversità biologica; Biosicurezza.
Terzo <i>Meeting</i> 4 - 15 novembre 1996 Buenos Aires, Argentina	Biodiversità agricola; Risorse finanziarie e meccanismi di finanziamento; Identificazione, monitoraggio e valutazione; Diritto di proprietà intellettuale.
Quarto <i>Meeting</i> 4 - 15 maggio 1998 Bratislava, Repubblica Slovacca	Ecosistemi delle acque interne; Revisione dell'operato della Convenzione; Articolo 8(j) per il coinvolgimento delle comunità locali; Condivisione delle risorse; <i>Jakarta Mandate</i> sulle aree marine e costiere; Biodiversità delle foreste.
Primo <i>meeting straordinario della COP</i> 22-24 febbraio 1999 Cartagena, Colombia,	Discussione sulla adozione di un protocollo sulla Biosicurezza – sospesa per riprendere in data da destinarsi.
Ripresa del primo <i>meeting straordinario della COP</i> 24-29 gennaio 2000 Montreal, Canada	Adozione del Protocollo di Cartagena sulla Biosicurezza (divenuto operativo l'11 settembre 2003).
Quinto <i>Meeting</i> 24 maggio 2000 Nairobi, Kenya	Piano di lavoro congiunto per gli Ecosistemi di acque interne con la Convenzione di Ramsar per la "River Basin Initiative"; Ecosistemi delle zone aride e semi-aride; Uso sostenibile delle risorse, incluso il turismo; Accesso alle risorse genetiche; Commissione Intergovernativa per il Protocollo di Cartagena sulla Biosicurezza; Biodiversità agricola.
Sesto <i>Meeting</i> 7 - 19 aprile 2002 The Hague, Olanda	Ecosistemi forestali; Specie aliene; Condivisione dei benefici; Piano strategico della Convenzione 2002-2010; Comunicazione, Educazione e Consapevolezza Pubblica (CEPA); Strategia Globale per la Conservazione delle Piante (GSPC).
Settimo <i>Meeting</i> 9 - 20 febbraio 2004 Kuala Lumpur, Malesia	Ecosistemi montani; Aree protette; Trasferimento di tecnologie e cooperazione; Accesso alle risorse genetiche e condivisione dei benefici (ABS); Linee guida per l'uso sostenibile delle risorse.
Primo <i>Meeting COP-MOP</i> 23 - 27 febbraio 2004 Kuala Lumpur, Malesia	Prima Conferenza delle Parti al Protocollo di Cartagena sulla Biosicurezza: discussione di meccanismi e procedure di implementazione del Protocollo, condivisione delle informazioni, definizione del programma di lavoro.
Secondo <i>Meeting COP-MOP</i> 30 maggio - 3 giugno 2005 Montreal, Canada	Seconda Conferenza delle Parti al Protocollo di Cartagena sulla Biosicurezza: definizione delle possibilità di implementazione del Protocollo, valutazione e gestione del rischio, aspetti socio-economici.

Tabella 1.3 - Schema riassuntivo del programma di lavoro della Conferenza delle Parti dal 1994 al 2004.

**SINTESI DELLE DECISIONI ADOTTATE DURANTE LE COP**

[Miriam Marta]

**I COP** La biodiversità viene definita come un elemento fondamentale dello sviluppo sostenibile. La conservazione della biodiversità è, quindi, un obiettivo chiave per progettare uno sviluppo sostenibile e combattere la povertà. Durante questo primo incontro si sottolinea la necessità primaria di effettuare una valutazione dello status della diversità biologica nel mondo. La varietà e la variabilità dei geni, delle specie, delle popolazioni e degli ecosistemi vengono considerate necessarie per garantire i beni essenziali della Terra e le funzioni ecologiche. Si dichiara, inoltre, la necessità di integrare Agenda 21 (vedi § *La conferenza di Rio de Janeiro e la Convenzione sulla Diversità Biologica*) con la Convenzione sulla Diversità Biologica e di collegare la biodiversità con i temi della deforestazione e della desertificazione.

**II COP** I paesi in via di sviluppo dichiarano la necessità di condividere i benefici derivanti dall'utilizzo delle risorse genetiche. La biodiversità va analizzata considerando anche i fattori socio-economici e culturali poiché costituisce un bene che migliora la qualità della vita delle popolazioni nel mondo.

Uno dei primi temi affrontati la *biodiversità marina e costiera* in favore della quale si decide di nominare un gruppo di esperti per promuovere modelli di gestione integrata e per definire un programma di lavoro sulla diversità biologica di questi ecosistemi.

Per promuovere la cooperazione tecnica e scientifica tra i Paesi si promuovono i meccanismi di scambio delle informazioni (*Clearing House Mechanism - CHM*), per sviluppare le capacità nazionali e facilitare l'accesso e il trasferimento di tecnologie.

La Conferenza stabilisce, inoltre, un gruppo di lavoro sul rischio della gestione e del trasferimento di *organismi geneticamente modificati*.

**III COP** Viene ribadita l'esigenza di promuovere un'azione coordinata della CBD con le altre convenzioni, in particolare con Agenda 21 e, a tale scopo, vengono firmati un trattato di cooperazione tra la CBD e la Convenzione di Ramsar (Iran, 1971) e un accordo di cooperazione con la Convenzione per le specie Migratorie e gli Animali Selvatici (*Convention on Migratory Species - CMS*).

In questa Conferenza viene decretato il passaggio da un programma di lavoro di medio termine a un programma di lungo termine i cui presupposti sono:

- la promozione della conoscenza tecnica e scientifica,

- l'intensificazione e il miglioramento della cooperazione con altre istituzioni,
- l'effettivo funzionamento delle istituzioni della Convenzione e l'ampliamento del coinvolgimento nella Convenzione delle organizzazioni non governative (ONG), del settore privato e dei settori istituzionali.

Si stabilisce un programma di lavoro pluriennale sulla *Conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità agricola* con l'obiettivo di promuovere gli effetti positivi delle pratiche agricole, mitigare quelli negativi e promuovere la conservazione e l'uso sostenibile delle risorse genetiche, di cui deve essere garantita una giusta utilizzazione e una equa condivisione dei benefici.

Si sottolinea il ruolo cruciale delle foreste nella conservazione della biodiversità e l'importanza di individuare indicatori per la gestione forestale sostenibile. Si stabilisce, a questo scopo, un programma di lavoro in cooperazione con il Panel Intergovernativo sulle Foreste (PIF).

**IV COP** Promuove l'avvio di nuovi programmi di lavoro nelle aree d'interesse della Convenzione e la revisione di quelli già in atto.

Per la tutela degli *Ecosistemi di acque interne* viene adottato un programma di lavoro che include la valutazione dello status e del trend della biodiversità di questi ecosistemi, attraverso un approccio integrato, e l'identificazione di strategie per la conservazione e l'uso sostenibile.

Viene adottato un programma di lavoro sulla *Conservazione e l'uso sostenibile della biodiversità marina e costiera*, con riferimento al Mandato di Giacarta (*Jakarta Mandate*, decisione II/10 sulla biodiversità marina e costiera), i cui obiettivi sono: gestione integrata dell'area marina e costiera, tutela delle risorse, aree protette, maricoltura, specie aliene e genotipi.

Viene avviato un programma di lavoro sulla *Biodiversità delle foreste* per la promozione della ricerca, della cooperazione e dello sviluppo di tecnologie necessarie per la conservazione e l'uso sostenibile.

La Conferenza adotta, infine, le linee guida prodotte a Madrid per l'avvio di un programma di lavoro sull'*articolo 8*, per assicurare la partecipazione delle comunità locali all'implementazione della Convenzione.

**V COP** Riguarda principalmente la biodiversità terrestre.

Viene definito un programma di lavoro sulla *Biodiversità delle aree aride, mediterranee, semi-aride, delle praterie e delle savane*, stabilendo lo stato della biodiversità, promuovendo l'uso sostenibile delle risorse, l'equa condivisione dei benefici derivanti dalle risorse genetiche e combattendo la perdita

di biodiversità in queste aree e le conseguenze socio-economiche che ne derivano.

Si sottoscrive il piano di lavoro congiunto per gli *Ecosistemi di acque interne* con la Convenzione di Ramsar (Iran, 1971), denominata “*River Basin Initiative*”.

L'approccio ecosistemico viene definito come una strategia per la gestione integrata del suolo, dell'acqua e degli organismi viventi per promuovere la conservazione e l'uso sostenibile delle risorse. L'applicazione di questo principio aiuta a raggiungere un equilibrio fra i tre obiettivi della Convenzione.

Si stabilisce un gruppo di esperti per la *Biodiversità delle foreste*, per promuovere l'approccio ecosistemico, e si suggerisce alle Parti di considerare i risultati del Forum Intergovernativo sulle Foreste (*Intergovernmental Forum on Forests - IFF*);

Si richiede alle Parti di applicare i principi guida definiti per le *Specie aliene* e di dare priorità allo sviluppo e all'implementazione di strategie e di piani di azione sulle specie aliene invasive.

La Conferenza definisce i termini di riferimento per promuovere il necessario coordinamento della *Global Taxonomy Initiative* (GTI) con le iniziative nazionali e per predisporre appropriate strutture per lo studio e le collezioni naturalistiche.

Viene definito un piano di lavoro per la *Commissione Intergovernativa* per il *Protocollo di Cartagena* sulla *Biosicurezza*.

Si opera una revisione del programma di lavoro sulla *Biodiversità agricola* e si adotta un programma pluriennale con l'obiettivo di implementare ulteriormente il programma già delineato nella COP 3 e di promuovere l'agricoltura sostenibile e lo sviluppo rurale.

**VI COP** Rappresenta un punto di riferimento per lo sviluppo e il progresso della Convenzione sulla Diversità Biologica. Essa sancisce, infatti, il passaggio dallo sviluppo delle politiche alla loro realizzazione. A questo scopo viene adottato un Piano Strategico per la Convenzione per guidare la sua ulteriore implementazione a livello nazionale, regionale e globale.

Durante la COP 6 vengono adottate numerose decisioni e viene, inoltre, effettuata una revisione di tutte le principali tematiche della Convenzione.

Viene adottato un programma di lavoro sulla *Global Taxonomy Initiative* per delineare gli obiettivi e il ruolo dell'iniziativa e per individuare le informazioni tassonomiche necessarie a livello globale, regionale e nazionale.

Viene adottato un programma di lavoro per un'iniziativa globale sulla *Comunicazione, l'Educazione e la Consapevolezza Pubblica* (CEPA) per istituire una rete informativa

su questi argomenti e per lo scambio delle conoscenze e delle esperienze.

Vengono adottate le *linee guida di Bonn* sull'accesso alle risorse genetiche e l'equa condivisione dei benefici derivanti dalla loro utilizzazione.

Si richiede un ulteriore sviluppo di linee guida per includere gli argomenti correlati alla biodiversità all'interno della legislazione e della Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA).

La Conferenza adotta la *Strategia Globale per la Conservazione delle Piante* (*Global Strategy on Plant Conservation - GSPC*).

Per la Strategia Globale sono stati definiti sedici specifici obiettivi divisi in cinque aree: comprensione e documentazione della diversità delle piante, conservazione, uso sostenibile, promozione della formazione e della consapevolezza, formazione delle competenze.

Si rinnova la richiesta alle Parti di armonizzare le politiche e i programmi nazionali con gli accordi multilaterali internazionali per l'ambiente (*Multilateral Environmental Agreements - MEAs*) e con le iniziative regionali.

La COP istituisce, inoltre, un gruppo di collegamento congiunto tra i Segretariati di CBD, UNCCD (*United Nations Conference to Combat Desertification*) e UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*).

**VII COP** Ha incentrato la propria attenzione sulla necessità di trovare strumenti concreti per realizzare il più importante obiettivo perseguito dalla Convenzione: la riduzione della perdita di biodiversità entro il 2010.

Sono stati adottati tre nuovi programmi di lavoro per affrontare adeguatamente altrettanti rilevanti argomenti: trasferimento di tecnologie, aree protette e diversità biologica degli ecosistemi montani.

Sulla base delle esperienze accumulate nel corso degli anni, i programmi tematici sugli ecosistemi delle acque interne e sulla diversità biologica marina e costiera già adottati, sono stati sottoposti ad un'operazione di valutazione e revisione per migliorarne le finalità e gli strumenti operativi.

Inoltre, il processo di negoziazione per un regime internazionale per l'uso delle risorse genetiche e l'equa condivisione dei benefici (*Access and Benefit-Sharing - ABS*) ha registrato notevoli progressi verso un positivo accordo. L'adozione delle “Linee guida sulla biodiversità e l'uso sostenibile di Addis Abeba” e delle “Linee guida volontarie di Akwe: Kon” rappresentano, infine, un altro passo importante verso la concretizzazione degli articoli 10 e 8 (j) della Convenzione.

## L'APPROCCIO ECOSISTEMICO NELLA CBD

[Goffredo Filibeck, Michela Marignani, Stefano Gomes, Piera Di Marzio, Marco Marchetti]

L'approccio ecosistemico è uno dei principi fondamentali dell'impostazione politica e scientifica della CBD, pur non essendo menzionato nel testo della convenzione.

Il concetto fu introdotto al primo meeting di SBSTTA e al secondo incontro della COP (Jakarta, novembre 1995), dove si affermò che “*La conservazione e l'uso sostenibile della diversità biologica e delle sue componenti dovrebbe essere ottenuta con un approccio olistico, tenendo conto dei tre livelli di diversità e considerando attentamente i fattori sociali e socio-economici*” e che “*L'Approccio Ecosistemico dovrebbe essere il primo strumento d'azione da intraprendere in ambito della Convenzione*” (decisione II/8, 1995).

Successivamente, nel 1998, in un incontro di esperti promosso dall'Olanda e dal Malawi si stilano le prime definizioni di approccio ecosistemico, con l'emanazione di una bozza di dodici Principi guida (*Malawi Principles*). Seguirono poi altri incontri che permisero di esaminare e meglio definire tale approccio.

La sua definizione e la sua descrizione sono state recepite con la decisione 6 della COP 5, che ha sottolineato come tale criterio sia il *quadro di riferimento fondamentale* per qualunque azione nell'ambito della Convenzione. L'applicazione dell'approccio ecosistemico è infatti ritenuta necessaria per raggiungere un equilibrio fra i tre obiettivi della Convenzione stessa: conservazione, uso sostenibile, equa condivisione dei benefici derivanti dalle risorse genetiche (decisione V/6, 2000).

L'approccio è basato sull'applicazione di metodologie scientifiche focalizzate sui diversi livelli di organizzazione biologica e comprendenti i processi, le funzioni e le interazioni tra gli organismi e il loro ambiente. Esso riconosce che la specie umana, con la sua diversità culturale, è parte integrante di molti ecosistemi.

Nella stessa decisione V/6, questa attenzione alla struttura, ai processi, alle funzioni e alle interazioni viene considerata coerente con la definizione di ecosistema prevista dall'articolo 2 della CBD (“*un complesso dinamico di comunità di piante, animali e microrganismi, insieme con il loro ambiente non-vivente, interagenti come un'unità funzionale*”) e non prevede alcuna specificazione di unità spaziale o di scala, a differenza della definizione di “habitat” (“*il luogo o tipo di sito dove un organismo o una popolazione esistono allo stato naturale*”). Il termine ecosistema può pertanto rife-

rirsi a qualsiasi unità funzionale a qualsiasi scala: in effetti, la scala di analisi e di azione andrebbe determinata caso per caso, in funzione del problema da risolvere.

L'approccio ecosistemico richiede inoltre una logica di flessibilità, per adattare le scelte gestionali alla natura complessa e dinamica degli ecosistemi e alla mancanza di una completa comprensione del loro funzionamento. Poiché i processi ecosistemici sono spesso non-lineari e presentano spesso un'inerzia nel tempo, la gestione deve essere aperta a una metodologia di apprendimento non teorico (*learning-by-doing*). Esso non preclude altri approcci alla gestione e alla conservazione, come ad esempio le aree protette o i programmi di conservazione mirati su una singola specie; ma può integrare tutti quelli preesistenti e altre metodologie, allo scopo di fronteggiare situazioni complesse. Non esiste infine un'unica via all'approccio ecosistemico, poiché esso dipende dalle condizioni locali, nazionali, regionali o globali.

La decisione V/6 elenca i 12 principi tra loro complementari, interconnessi e da applicare congiuntamente. Sinteticamente, essi stabiliscono che: gli obiettivi della gestione del suolo, dell'acqua e delle risorse biologiche dipendono da una scelta di natura sociale; la gestione deve essere decentrata al livello locale più basso possibile; devono essere anche considerati gli effetti (reali o potenziali) della gestione sugli ecosistemi adiacenti a quello direttamente in esame; la gestione degli ecosistemi deve essere concepita in un contesto economico, allo scopo di: ridurre quelle distorsioni di mercato che hanno effetti dannosi sulla diversità biologica; un obiettivo prioritario dell'approccio ecosistemico deve essere la conservazione della struttura e del funzionamento degli ecosistemi, allo scopo di preservare la continuità dei servizi da essi forniti; deve essere prestata attenzione alle condizioni ambientali che limitano la produttività naturale degli ecosistemi; l'approccio ecosistemico deve essere intrapreso all'appropriata scala temporale e spaziale, basandosi sulla natura gerarchica della diversità biologica e favorendo, ove necessario, la connettività tra aree; gli obiettivi della gestione degli ecosistemi devono essere individuati nel lungo periodo; la gestione degli ecosistemi deve riconoscere che i cambiamenti sono inevitabili; l'approccio ecosistemico deve ricercare il giusto equilibrio e la giusta integrazione fra conservazione e gestione della biodiversità; l'approccio ecosistemico dovrebbe considerare tutte le forme rilevanti di informazioni, dalla ricerca scientifica alle conoscenze indigene e locali; l'approccio ecosistemico dovrebbe coinvolgere tutti i settori della società e le discipline scientifiche.

Nell'applicare i principi sopra ricordati, la COP suggerì-

sce come linee guida operative:

- concentrarsi sulle relazioni e i processi all'interno degli ecosistemi;
- migliorare la condivisione dei benefici forniti dalle funzioni degli ecosistemi e in particolare la loro ricaduta su coloro che partecipano alla gestione;
- utilizzare pratiche gestionali flessibili, che possano essere adattate in corso d'opera alla reazione degli ecosistemi e delle parti sociali;
- applicare la gestione alla scala appropriata per l'obiettivo, decentrando le decisioni al più basso livello possibile;
- assicurare la cooperazione intersettoriale.

Alla fine del 2000, in risposta alla decisione V/6 sono stati organizzati tre incontri regionali (*Pathfinder Workshops*), rispettivamente nel Sud Africa, Sud America e Sud-Est Asiatico, per conto della Commissione per la gestione degli ecosistemi dell'IUCN, in collaborazione con il segretario della CBD, dell'UNESCO-MaB e del WWF Internazionale. Il loro principale obiettivo è stato quello di analizzare differenti casi studio sulle applicazioni dell'approccio ecosistemico.

In seguito, nell'ottobre 2002, l'Agenzia Federale Tedesca per la Conservazione della Natura ha organizzato un altro *workshop* sull'isola di Vilm, denominato "*Further development of the Ecosystem Approach*", per rifinire i principi e le guide operative sulla base dei casi studio e delle esperienze realizzate nel frattempo. Uno dei prodotti di tale incontro è stata una proposta per la riduzione dei testi dei principi guida (KORN *et al.*, 2003). A Vilm sono stati inoltre sottolineati i problemi evidenti nella struttura dell'Ecosystem Approach, come la necessità di chiarificazioni nella struttura dell'approccio stesso e di incentivi economici, e la carenza di linee guida per l'applicazione dell'approccio sul territorio.

Negli incontri di luglio (CBD) e novembre 2003 (*Ninth meeting of the SBSTTA*, Montreal) si è posta come priorità la facilitazione dell'implementazione dell'approccio ecosistemico (WILKIE *et al.*, 2003).

KORN H., SCHLIEP R., STADLER J., 2003 – *Report on the international workshop on the Further Development of the Ecosystem Approach*. BfN Skripten 78.

WILKIE M.L., HOLMGREN P., CASTANEDA F., 2003 – *Sustainable Forest Management and the Ecosystem Approach: two concept, one goal*. Forest Resources Development Service, Working Paper FM 25 FAO, Rome, Italy.

## GLI ECOSISTEMI MONTANI

[Fausto Manes, Michela Marignani]

Nel 1998, durante il IV incontro della Conferenza delle Parti, la Convenzione sulla Diversità Biologica affrontò per la prima volta il tema degli ecosistemi montani, chiedendo al SBSTTA e agli altri organi scientifici consultivi di occuparsi di tale argomento (decisione IV/16), per poter affrontare in dettaglio la questione della conservazione e dell'uso sostenibile della diversità biologica negli ecosistemi montani nella COP 7.

Nel 2002 la COP 6 (decisione VI/30) ha chiesto al Segretariato Esecutivo di preparare un'analisi sullo stato di conservazione, sui rischi e sulle minacce alle quali sono sottoposti tali ambienti, includendo le informazioni ottenute dai rapporti nazionali dei Paesi firmatari della convenzione (decisione VI/25).

L'importanza dell'ecosistema montano per la CBD risiede nella grande valenza etica, culturale, ecologica ed economica delle montagne. Il diritto delle popolazioni indigene e delle comunità locali di vivere e svilupparsi si accompagna al rispetto e alla salvaguardia del patrimonio culturale di tali popolazioni che traggono sostentamento dalle risorse naturali della montagna.

È stato stimato che circa il 22% della popolazione mondiale risiede in zone di montagna (*Mountain Watch*, 2002); inoltre milioni di persone che vivono distanti dalle zone montane beneficiano di numerose risorse (acqua, alimenti, legna, energia ecc.) che derivano dalle montagne. Le montagne influenzano quindi, in maniera diretta o indiretta, quasi la metà della popolazione umana (MESSERLI e IVES, 1997).

Preservare l'integrità ecologica del sistema montano significa tutelare le relazioni d'interdipendenza tra gli organismi (struttura), conservare la funzionalità del sistema e assicurare una produttività economica di valore sia quantitativo sia qualitativo: tali condizioni, nel rispetto di un uso sostenibile delle risorse, permettono di garantire la sopravvivenza di queste popolazioni.

Gli ecosistemi montani assolvono molteplici funzioni ecologiche quali, ad esempio, la gestione delle risorse: acqua, suolo e nutrienti, ma sono dei sistemi caratterizzati da fragili equilibri. La tutela dell'integrità dei suoli rappresenta la priorità assoluta per il mantenimento dell'ecosistema montano e la conservazione della diversità biologica. Le severe condizioni climatiche delle montagne favoriscono la disgregazione dei substrati che la forza di gra-

vità trasporta costantemente verso valle, rallentando lo sviluppo dei suoli. I suoli sottili e l'instabilità dei versanti legata alla pendenza limitano, a loro volta, la crescita delle piante, aumentando la vulnerabilità delle montagne al disturbo antropico e richiedendo lunghi tempi di recupero. L'unico strumento per conservare il substrato e i nutrienti è rappresentato dalla capacità della vegetazione di consolidare i versanti (KÖRNER, 1999). La grande diversità biologica e funzionale delle piante degli ecosistemi montani assicura una barriera efficace contro la perdita di suolo, conservando i nutrienti e la capacità drenante e filtrante dei terreni; inoltre migliorando la capacità di drenaggio dei terreni e la stabilità dei pendii si riducono i rischi come frane e valanghe per le popolazioni delle aree a valle.

In questo contesto, proteggere la diversità biologica significa proteggere la funzionalità dell'intero sistema montano.

La montagna custodisce un patrimonio di biodiversità tra i più preziosi al mondo: delle 20 specie di piante che forniscono l'80% delle riserve alimentari mondiali (vedi al § *Diversità genetica delle specie vegetali di interesse agrario* la tabella 2.1), 6 provengono da ecosistemi montani, come ad esempio la patata (Ande peruviane), il grano (Sier-ra messicana) e il sorgo (altipiani dell'Etiopia).

La ricchezza degli ecosistemi montani dipende da diversi fattori quali l'altitudine, la latitudine e la topografia che contribuiscono a creare un mosaico di habitat adatti allo sviluppo di una grande varietà di forme di vita. Inoltre, l'isolamento geografico di tali ambienti determina la presenza di numerosi endemiti di elevato valore biogeografico. Sulle montagne dell'Asia Centrale, per esempio, esistono più di 5.500 specie di piante da fiore, con più di 4.200 specie nel solo Tajikistan (JENIK, 1997). Sulla montagna di Kinabalu in Sabah (Borneo) esistono più di 4.000 specie di piante (PRICE *et al.*, 1999).

L'eccezionale diversità della vita degli ecosistemi montani è anche conseguenza della compressione delle fasce climatiche lungo un elevato gradiente altitudinale. A quote molto elevate, la biodiversità diminuisce gradualmente così come la superficie terrestre, provocando un rapporto biodiversità/superficie che spesso supera le aree delle basse quote (KÖRNER e SPEHN, 2002). Ad esempio, nella fascia alpina, la zona al di sopra del limite naturale degli alberi rappresenta un punto di riferimento bioclimatologico che si ripete nel mondo alle stesse temperature, a dispetto della latitudine: tale fascia si estende per circa il 3% delle terre emerse del mondo e ospita circa il 4% delle specie.

Gli ambienti montani sono ben rappresentati nel com-

puto generale delle aree protette: su un totale di 785 milioni di ettari di aree protette in tutto il mondo, ben 264 milioni di ettari sono in montagna, più che in qualsiasi altra categoria di paesaggio (KÖRNER *et al.*, 2002).

I rischi e le minacce alle quali gli ecosistemi montani sono maggiormente esposti sono stati individuati dalla CBD nella prima stesura del programma di lavoro per la diversità biologica delle montagne, elaborato durante il SBSTTA 8, che è stato implementato da un gruppo di esperti riunitosi in Italia nel luglio 2003.

Nel programma di lavoro si riconoscono la ricchezza degli ecosistemi montani, la fragilità degli equilibri che regolano la sopravvivenza delle specie e, inoltre, la vulnerabilità al disturbo antropico, in particolare alle trasformazioni dell'uso del suolo e ai cambiamenti climatici globali.

Il programma della CBD pone inoltre l'attenzione sulla funzionalità dell'ecosistema montagna, ricordando lo stretto collegamento che esiste tra zone di alta-quota e bassa-quota, specialmente in relazione alla risorsa acqua e alla risorsa suolo, ricordando il ruolo chiave della conoscenza e delle pratiche tradizionali delle comunità indigene e locali per la conservazione e la gestione della diversità biologica delle montagne.

Il programma prodotto dal gruppo di esperti è stato sottoposto alla revisione del SBSTTA 9 e ha costituito, infine, la base di lavoro per la COP 7, che sei anni dopo la prima decisione (IV/16, 1998) ha definito il programma di lavoro per ridurre significativamente la perdita della diversità biologica delle montagne entro il 2010 a livello globale, continentale e nazionale, attraverso la realizzazione dei tre obiettivi della convenzione (la conservazione della diversità biologica, l'uso durevole dei suoi componenti e la ripartizione giusta ed equa dei benefici derivanti dall'utilizzazione delle risorse genetiche) (VII/27, 2004).

JENIK J., 1997 – *The diversity of mountain life*. In: MESSERLI B., IVES J.D. (eds.), *Mountain of the World: A Global Priority*. The Parthenon Publishing Group. New York. Pp: 199-235.

KÖRNER C., 1999 – *Alpine plant life*. Springer, Berlin

KÖRNER C., SPEHN E. (eds.), 2002 – *Mountain biodiversity: a global assessment*. The Parthenon Publishing Group. New York.

MESSERLI B., IVES J.D. (eds.), 1997 – *Mountain of the World: A Global Priority*. The Parthenon Publishing Group. New York.

PRICE M., WACHS T., BYERS E., 1999 – *Mountains of the World: Tourism and sustainable mountain development*. Berne, Switzerland: Mountain Agenda.

UNEP-WCMC, 2002 – *Mountain Watch*.

## IL CONSIGLIO D'EUROPA

Il Consiglio d'Europa (CoE) è un'organizzazione intergovernativa istituita nel 1949 per avviare la progressiva unione degli Stati europei. Raggruppa 45 paesi ed è un'organizzazione distinta dall'Unione Europea. Il Consiglio d'Europa è stato istituito allo scopo di: tutelare i diritti dell'uomo e la democrazia parlamentare e garantire il primato del diritto; concludere accordi su scala continentale per armonizzare le pratiche sociali e giuridiche degli Stati membri; favorire la consapevolezza dell'identità europea, basata su valori condivisi, che trascendono le diversità culturali.

Il CoE inizia il suo programma a favore dell'ambiente nel 1961 dedicando particolare attenzione alla conservazione della natura e del paesaggio, distinguendosi con le seguenti iniziative:

### La Convenzione di Berna

Gli Stati membri nel corso della Conferenza Ministeriale Europea del 1979 a Berna hanno adottato la *Convenzione sulla conservazione della vita selvatica e degli habitat in Europa*, resa operativa nel 1982.

La Convenzione di Berna è un importante strumento legislativo di diritto internazionale per la tutela della natura; maturato parallelamente alla definizione della Direttiva 79/409 - *Uccelli*, trova l'adesione di 45 Parti contraenti di cui 39 sono Stati membri del CoE, cui si aggiungono la Comunità Europea, il principato di Monaco e quattro Stati africani.

Nel 1998 è stata creata la Rete *EMERALD* (anche nota come *EMERAUDE*), che coinvolge i paesi esterni all'Unione Europea in una rete di aree d'interesse speciale dal punto di vista conservazionistico che sia compatibile con la Rete istituita con la Direttiva *Habitat (Rete NATURA 2000)*.

### La strategia Pan-europea sulla Diversità Biologica e Paesaggistica (PEBLDS)

La strategia Pan-europea nasce per l'attuazione della Convenzione sulla Diversità Biologica in Europa tra il CoE e l'UNEP, con il contributo dell'Organizzazione la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE) e l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN). È stata riconosciuta come strumento operativo nel 1995, nel corso della Conferenza Ministeriale di So-

fia, *Ambiente per l'Europa*, con l'adesione di 54 Paesi appartenenti alla Commissione Economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE). Uno dei principali obiettivi della Strategia è l'istituzione entro il 2005 di una rete ecologica pan-europea. Tale rete ecologica ha lo scopo di assicurare la conservazione di specie, habitat, ecosistemi e paesaggi di importanza pan-europea (BENNETT, 2002).

### La Convenzione Europea sul Paesaggio

Un fattore chiave della qualità della vita sociale e individuale è rappresentato dal valore attribuito al paesaggio, valore che, oltre a contribuire allo sviluppo umano, serve a identificare la cultura europea. La tutela del paesaggio gioca un'importante ruolo d'interesse pubblico, in quanto vi convergono aspetti ecologici, ambientali e sociali che conducono a rilevanti attività economiche come il turismo.

Il dibattito degli ultimi anni ha condotto alla formulazione di una struttura di riferimento che assicuri la tutela del paesaggio. La Convenzione Europea sul Paesaggio è stata presentata per la sottoscrizione in occasione della Conferenza Ministeriale di Firenze del 20 ottobre 2000.

La Convenzione ha come scopo la protezione, la gestione e la pianificazione dei paesaggi e mira a organizzare una collaborazione fra Paesi Europei. Il paesaggio è definito come "una determinata parte di territorio il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni." La convenzione riguarda tutto il territorio: spazi naturali, paesaggi rurali, urbani e suburbani, spazi terrestri, acque interne e marine.

## SINTESI DEL PERCORSO EVOLUTIVO DELLE CONVENZIONI INTERNAZIONALI

Le convenzioni internazionali per la conservazione della natura possono essere attribuite a tre differenti fasi storiche (GOMES, 2002):

**convenzioni di prima generazione**, come gli accordi per la tutela dei mari e delle coste dagli inquinamenti di petrolio o per la protezione di specie di flora e fauna da attuare in un contesto geografico regionale;

**convenzioni di seconda generazione**, cioè quelle successive al dibattito dei primi anni '70; ad esempio, la Con-

venzione di Ramsar del 1971, patrocinata dall'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN), che salvaguarda le zone umide d'interesse internazionale, la Convenzione sul commercio internazionale delle specie a rischio d'estinzione (CITES) del 1973 e la Convenzione per la tutela delle specie migratrici (CMS) del 1979. In questo contesto si distingue, per l'approccio internazionale e per il ruolo svolto negli anni successivi, la Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare del 1982 (UNCLOS);

**convenzioni di terza generazione**, originate dalla Conferenza di Rio de Janeiro del 1992, che perseguono lo sco-

1933 - <b>Londra</b> : convenzione relativa alla conservazione della fauna e della flora allo stato naturale (Africa)
1946 - <b>Washington</b> : convenzione internazionale sulla regolamentazione della caccia alle balene (IWC)
1949 - <b>Roma</b> : accordo per la creazione della Commissione Generale della Pesca per il Mediterraneo
1950 - <b>Parigi</b> : convenzione internazionale per la protezione degli uccelli
1951 - <b>Parigi</b> : convenzione per la istituzione dell'Organizzazione Europea e Mediterranea per la Protezione delle Piante
1964 - <b>Accordi</b> per la conservazione delle specie antartiche di fauna e flora <b>Madrid</b> : protocollo al Trattato Antartico sulla protezione ambientale (1991)
1966 - <b>Rio de Janeiro</b> : convenzione internazionale per la conservazione dei tinnidi dell'Atlantico
1968 - <b>Algeri</b> : convenzione africana per la conservazione della natura e delle risorse naturali <b>Nairobi</b> : protocollo concernente le aree protette, la fauna e la flora selvatiche nella regione dell'Africa orientale (1985)
1969 - <b>Roma</b> : convenzione per la conservazione delle risorse biologiche dell'Atlantico sud-orientale
1971 - <b>Ramsar</b> : convenzione sulle zone umide di importanza internazionale - IUCN e UNESCO
1972 - <b>Parigi</b> : convenzione sulla protezione del patrimonio culturale e naturale mondiale - Consiglio d'Europa e UNESCO
1973 - <b>Washington</b> : convenzione sul commercio internazionale delle specie di fauna e flora selvatiche in pericolo di estinzione (CITES) - UNEP
1974 - <b>Helsinki</b> : convenzione per la protezione dell'ambiente marino dell'area del Mar Baltico
1976 - <b>Barcellona</b> : convenzione per la protezione del Mare Mediterraneo dall'inquinamento - UNEP <b>Barcellona</b> : 6 protocolli, compreso quello relativo alle zone particolarmente protette e alla diversità biologica del Mediterraneo (ASPIM) 1982-1995
1979 - <b>Berna</b> : convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa - Consiglio d'Europa
1979 - <b>Bonn</b> : convenzione sulla conservazione delle specie migratrici appartenenti alla fauna selvatica (CMS) - UNEP
1980 - <b>Canberra</b> : convenzione per la conservazione delle risorse marine viventi dell'Antartide
1981 - <b>Abidjan</b> : convenzione per la cooperazione nella protezione e nello sviluppo degli ambienti costieri e marini dell'Africa occidentale e centrale
1981 - <b>Lima</b> : convenzione per la protezione dell'ambiente marino e dell'area costiera del Pacifico sud-orientale
1982 - <b>Montego Bay</b> : convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (UNCLOS) - UNEP
1983 - <b>Cartagena</b> : convenzione per la protezione e lo sviluppo dell'ambiente marino nella regione caraibica <b>Kingston</b> : protocollo concernente le aree specialmente protette e la vita selvatica della convenzione di Cartagena (1990)
1985 - <b>Nairobi</b> : convenzione per la protezione, la gestione e lo sviluppo dell'ambiente marino e costiero dell'Africa orientale
1986 - <b>Noumea</b> : convenzione per la protezione delle risorse naturali e dell'ambiente del Pacifico meridionale
1991 - <b>Salisburgo</b> : convenzione per la protezione delle Alpi 9 protocolli, compreso quello relativo alla protezione della natura e alla tutela del paesaggio
1992 - <b>New York</b> : convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNCCC) - UNCED protocollo di Kyoto (non ancora in vigore, 1997)
1992 - <b>Rio de Janeiro</b> : convenzione sulla diversità biologica (CBD) - UNCED protocollo di Cartagena relativo alla prevenzione dei rischi biotecnologici (2000)
1994 - <b>Parigi</b> : convenzione per combattere la desertificazione - particolarmente in Africa (UNCCD) - UNCED
2000 - <b>Firenze</b> : convenzione europea sul paesaggio - Consiglio d'Europa

Legenda:	Contesto regionale	Contesto europeo	Contesto internazionale
----------	--------------------	------------------	-------------------------

Tabella 1.4 - Le Convenzioni e i protocolli internazionali.

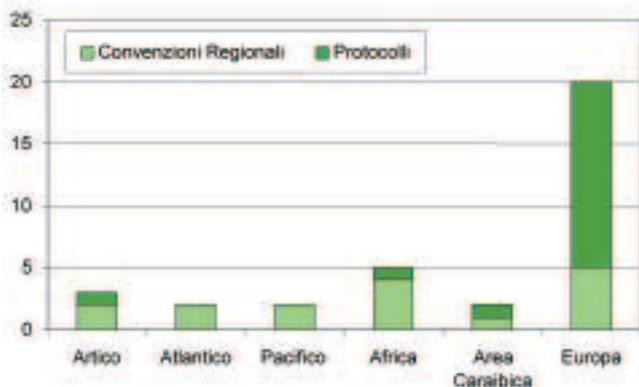


Fig. 1.2 - Convenzioni e Protocolli Regionali.

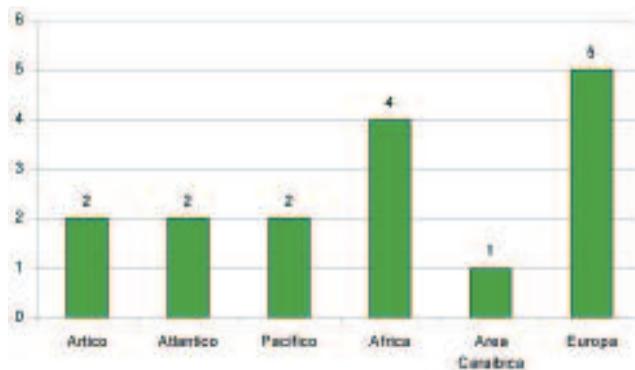


Fig. 1.3 - Convenzioni Regionali.

po di integrare la tutela delle risorse ambientali nello sviluppo (*sviluppo sostenibile*): Convenzione sulla Diversità Biologica, la Convenzione sul Cambiamento Climatico, la Convenzione per la lotta al fenomeno della desertificazione.

La tabella 1.4 raccoglie le convenzioni internazionali per la tutela della biodiversità suddivise per ambito territoriale. Permette inoltre di seguirne l'evoluzione nell'approccio alla conservazione della natura.

Un elemento fondamentale nel processo di attuazione di una Convenzione è lo sviluppo di Protocolli attuativi di settore (figure 1.2 e 1.3).

La Convenzione per la protezione del Mare Mediterraneo dall'inquinamento, sottoscritta a Barcellona nel 1976, ha sviluppato sei Protocolli tra cui quello riguardante *le zone particolarmente protette e la diversità biologica nel Mediterraneo*<sup>6</sup>.

La *Convenzione per la protezione delle Alpi*, sottoscritta a Salisburgo nel 1991, prevede alcuni protocolli monotematici dei quali nove sono stati adottati tra il 1994 e il 2000 e quattro sono in attesa di adozione. Tra i Protocolli adottati, *Protezione della natura e tutela del paesaggio* (1994) e *Foreste montane* (1996) curano l'aspetto naturalistico.

<sup>6</sup> Titolo originale: *Protocollo riguardante le aree particolarmente protette*, adottato a Ginevra il 3 aprile 1982, entrato in vigore il 23 marzo 1986, emendato a Barcellona il 10 giugno 1995 con il nuovo titolo.

## RECEPIMENTO DELLE CONVENZIONI NELL'UNIONE EUROPEA

Nel 1972, stesso anno della Conferenza di Stoccolma, con la Conferenza dei Capi di Stato e di Governo della Comunità Europea a Parigi si ravvisò la necessità di attuare una politica ambientale comune, dando origine al diritto comunitario in materia di salvaguardia dell'ambiente.

Da allora, con cadenza inizialmente quadriennale, viene periodicamente elaborato il *Programma d'Azione per l'ambiente*, giunto attualmente alla sesta edizione (vedi § successivo).

In seguito all'Accordo di Maastricht (1992), viene inoltre riconosciuta la necessità di promuovere la sottoscrizione, da parte dell'Unione Europea, di accordi internazionali in cui risulti oggettivo il coinvolgimento di più di uno Stato comunitario. Vengono così sottoscritte:

- la Convenzione di Washington sul commercio internazionale di specie di flora e fauna a rischio di estinzione (CITES, UNEP, 1973);
- la Convenzione di Barcellona per la tutela del Mar Mediterraneo (UNEP, 1976);
- la Convenzione di Berna per la tutela della flora e della fauna selvatica in Europa (Consiglio d'Europa, 1979);
- la Convenzione di Bonn sulle specie migratrici (CMS, UNEP, 1979);
- la Convenzione delle Alpi (1991);
- le Convenzioni sottoscritte nel corso della Conferenza di Rio de Janeiro, tra cui la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD, UNEP, 1992).

### Il programma ambientale dell'Unione Europea<sup>7</sup>

In risposta alle istanze ambientali che si andavano concretizzando all'inizio degli anni '70 dello scorso secolo, l'Unione Europea ha attivato una serie di "programmi di azione ambientale" allo scopo di fornire le indicazioni di base per successive proposte legislative e altre iniziative della Commissione Europea.

Il *I programma d'azione in materia ambientale* (1973-1976) ha sottolineato da un lato l'importanza dei problemi ambientali connessi principalmente con l'urbanizzazione e la distribuzione geografica degli uomini e delle loro attività e dall'altro la necessità di trovare soluzioni unitarie a livello comunitario. Il programma insisteva quin-

di soprattutto sull'esigenza di adottare misure in materia urbanistica, di concentrazione urbana e di circolazione.

Il *II programma d'azione* (1977-1981) ha focalizzato l'attenzione sulla riduzione dell'inquinamento, sulla protezione e il miglioramento dell'ambiente e sul rafforzamento della presenza comunitaria a livello internazionale. Ha, inoltre, avviato sia un programma di ricerca nel settore della pianificazione urbana, mirato a un'analisi delle ripercussioni ambientali delle grandi concentrazioni urbane nella Comunità, che un programma di informatizzazione e monitoraggio ambientale.

Il *III programma d'azione* (1982-1986) non ha proposto, come i precedenti, misure da intraprendere, ma ha affidato alla politica ambientale un ruolo "strutturale", dotandola di "obiettivi quadro". Tra i più importanti obiettivi quadro da raggiungere ci sono l'integrazione della dimensione ambientale nelle altre politiche comunitarie e l'elaborazione di una procedura di valutazione di impatto ambientale.

Il *IV programma d'azione* (1987-1992) ha riconosciuto il carattere preventivo della politica ambientale, sostenendo come la tutela ambientale debba costituire una componente essenziale di tutte le politiche messe in atto, sia sul piano economico che sociale. L'attenzione della Comunità viene quindi rivolta anche alla qualità delle condizioni ambientali.

Il *V Programma d'Azione per uno sviluppo durevole e sostenibile* (1992-2000) è stato elaborato parallelamente all'Agenda 21.

In tale contesto si collocano due importanti iniziative:

1. La Direttiva del Consiglio del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (92/43/CEE - *Habitat*).

In precedenza, con la Direttiva del Consiglio del 2 aprile del 1979, concernente la conservazione degli uccelli selvatici (79/409/CEE - *Uccelli*), era stata creato un insieme di aree protette, a livello europeo, per la tutela e la salvaguardia dell'avifauna. Tale idea di gestione territoriale integrata è stata ulteriormente sviluppata dalla Direttiva *Habitat* mediante la creazione della rete *NATURA 2000*, rete dal carattere sovranazionale alla quale contribuiscono tutti gli Stati membri dell'Unione.

2. La *Strategia comunitaria per la diversità biologica* approvata nel 1998.

La strategia prevede quattro principali aree tematiche nell'ambito delle quali sono individuati gli obiettivi specifici da raggiungere mediante i piani d'azione e altri provvedimenti.

<sup>7</sup> Il sottocapitolo è stato curato da Miriam Marta relativamente ai primi quattro Programmi d'Azione.

Gli obiettivi sono suddivisi in otto aree di intervento politico, da raggiungere nell'ambito delle politiche nazionali e degli strumenti comunitari (figura 1.4).

Tale Strategia tiene anche conto degli obiettivi contenuti nella PEBLDS (vedi § *Il Consiglio d'Europa*).

A seguito dell'esperienza maturata alla fine del XX secolo, il *VI Programma d'Azione per l'ambiente* (2001-2010) intitolato *"Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta"* sottolinea come il futuro lavoro di salvaguardia debba essere rafforzato anche mediante un aumento della conoscenza. In particolare risulta necessario ottenere maggiori informazioni sulla biodiversità, sulle pressioni che la minacciano e sulle attuali tendenze consentendo la definizione di strumenti politici mirati ed efficaci.

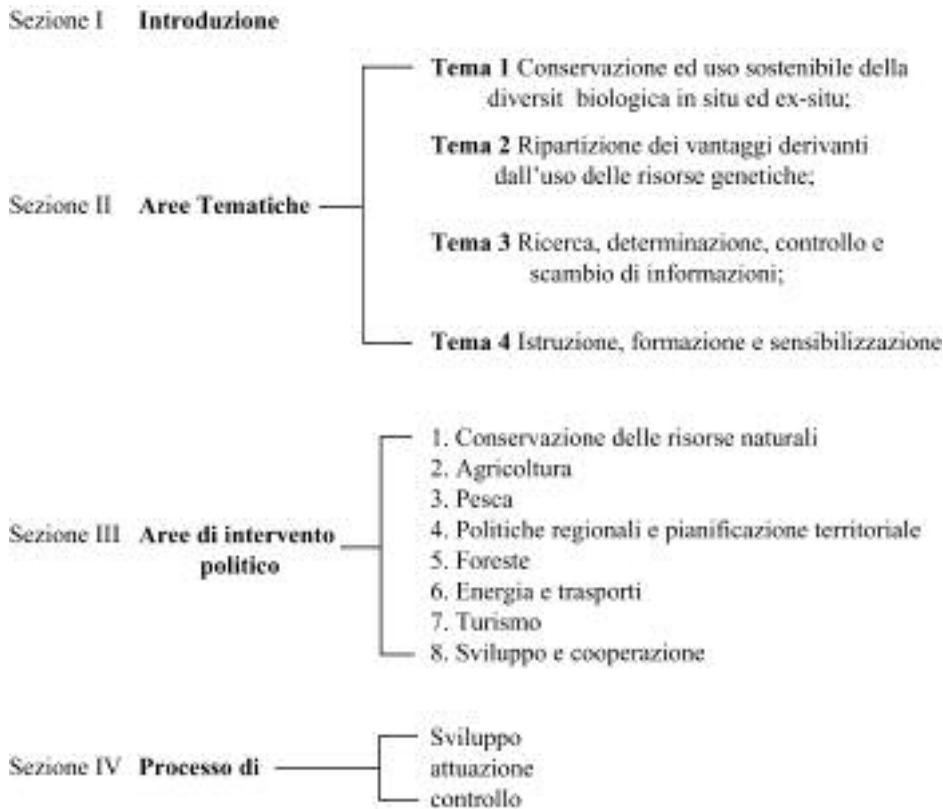


Fig. 1.4 - La Strategia Comunitaria per la diversità biologica dal 1998.

## RECEPIMENTO DELLA CONVENZIONE SULLA BIODIVERSITÀ IN ITALIA<sup>8</sup>

L'articolo 6 della Convenzione di Rio stabilisce che *“ciascuna parte contraente, secondo le proprie particolari condizioni e capacità: elaborerà strategie, piani o programmi nazionali per la conservazione e l'uso sostenibile della diversità biologica e adatterà a tale fine le sue strategie, piani o programmi esistenti, che rifletteranno, tra l'altro, le misure previste dalla presente Convenzione che riguardano la parte medesima; integrerà, nella misura del possibile e nel modo opportuno, la conservazione e l'uso sostenibile della diversità biologica nei suoi pertinenti piani, programmi e politiche settoriali o intersettoriali”*.

L'impegno italiano si è concretizzato con la legge n. 124 del 14 febbraio 1994, con cui l'Italia ha ratificato la Convenzione sulla Diversità Biologica, che richiede, a tutti i Paesi firmatari, di elaborare piani e programmi per la conservazione della biodiversità e per l'uso sostenibile delle risorse, ove per uso sostenibile si intende *“l'uso delle componenti della diversità biologica secondo modalità e a un ritmo che non ne comportino una riduzione a lungo termine, salvaguardandone in tal modo la possibilità di soddisfare le esigenze e le aspirazioni delle generazioni presenti e future”*.

Una volta ratificata la Convenzione, è stato predisposto il documento *“Linee strategiche per l'attuazione della Convenzione di Rio de Janeiro e per la redazione del piano nazionale sulla Biodiversità”*, approvato con delibera CIPE (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica) il 16 marzo 1994 e pubblicato in G.U. Serie generale n. 107 del 10/5/1994.

Il 27 aprile 2004, la Presidenza del Consiglio di Ministri – Dipartimento per le Politiche Comunitarie con proprio decreto ha istituito il *Comitato di coordinamento Nazionale per la Biodiversità* finalizzato a coordinare e definire la posizione comune italiana sulle tematiche inerenti la Biodiversità. Il Comitato è presieduto congiuntamente dal Dipartimento per le Politiche Comunitarie e dal Direttore della Direzione per la Protezione della Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela dl Territorio.

Costituiscono il Comitato rappresentanti designati da:

- Ministero delle Politiche Agricole e Forestali
- Ministero della Salute
- Ministero delle Attività Produttive
- Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca
- Ministero degli Affari Esteri
- Ministero dell'Economia e delle Finanze.

Fa anche parte del Comitato la Regione incaricata del coordinamento delle altre regioni italiane per il settore ambiente, al momento la regione Piemonte.

Possono altresì venire invitate alle riunioni del Comitato, con funzioni consultive, le Associazioni europee e nazionali rappresentative degli operatori di settore e delle parti sociali interessate.

Il primo anno di attività del Comitato è stato incentrato sull'organizzazione delle competenze in essere e sui contributi per la compilazione del III *national report* della CBD.

La Direzione per la Protezione della Natura, *Focal Point* nazionale per la Convenzione sulla Biodiversità, ha curato i precedenti rapporti nazionali ed alcuni rapporti tematici. Tutti i rapporti sono disponibili sul sito <[www.biodiv.org](http://www.biodiv.org)>.

<sup>8</sup> Il sottocapitolo è stato curato da Nicoletta Tartaglini.

## IL DOCUMENTO “LINEE STRATEGICHE PER L’ATTUAZIONE DELLA CONVENZIONE DI RIO DE JANEIRO E PER LA REDAZIONE DEL PIANO NAZIONALE SULLA BIODIVERSITÀ”

[Giovanni Cannata, Davide Marino]

Le linee guida redatte dal Ministero dell’Ambiente rappresentano un primo tentativo di dare avvio concreto alla Convenzione, utilizzando risorse e strumenti già disponibili grazie ad altri strumenti di politica ambientale, quali, ad esempio, il Programma Triennale per la Tutela dell’Ambiente (ex legge 305/89) e il Programma Triennale per le Aree Protette previsto dalla Legge n. 394 del 1991. Di questo strumento si sottolinea la necessaria flessibilità, proprio perché, data la sua specificità, gli obiettivi dovranno essere continuamente ridefiniti in base alle nuove conoscenze e alla valutazione dei risultati ottenuti.

Il Programma di Azioni predisposto è articolato in 9 aree di lavoro, per ognuna delle quali vengono individuati gli obiettivi specifici all’interno dell’obiettivo generale dell’area e le azioni da attivare per raggiungere gli obiettivi specifici: conoscenza del patrimonio italiano di diversità biologica; monitoraggio sullo stato della biodiversità; educazione e sensibilizzazione; conservazione *in situ* (aree protette, territorio non protetto, recupero ambientale); promozione delle attività sostenibili; contenimento dei fattori di rischio; conservazione *ex situ*; biotecnologie e sicurezza; cooperazione internazionale ed ecodiplomazia.

Nel Documento si afferma la necessità della creazione di un’Unità per la Convenzione sulla Diversità Biologica, chiamata ad occuparsi della concreta attuazione della Convenzione in Italia e che fungerà anche da coordinamento tra i vari Ministeri chiamati a collaborare. Nel Documento si dà conto, inoltre, delle risorse finanziarie disponibili. Tali risorse si suddividono in fondi stanziati *ad hoc* e capitoli di spesa delle Amministrazioni direttamente coinvolte nell’attuazione della Convenzione. Si fa anche riferimento alla possibilità di riutilizzare risorse di altre Amministrazioni, dopo opportuna concertazione tra le Amministrazioni interessate, ai fini specifici della Convenzione. A ciò si aggiunge la possibilità di utilizzare fondi disponibili a livello comunitario per programmi e progetti specifici.

## L’obiettivo strategico del 2010: “Arrestare la perdita di biodiversità entro l’anno 2010”

Alle soglie del III millennio nell’ambito del Consiglio d’Europa, i capi di Stato e di Governo che hanno partecipato al Summit di Gotheborg (15-16 giugno 2001) hanno convenuto sulla necessità di intraprendere azioni concrete finalizzate ad arrestare la perdita di biodiversità entro il 2010. Tale decisione è stata in seguito condivisa e rafforzata in altre prestigiose sedi internazionali quali il Summit mondiale per lo Sviluppo Sostenibile (Joahannesburg, settembre 2002) durante il quale nell’ambito del decennale della Conferenza di Rio de Janeiro del 1992, è stato adottato un Piano contenente azioni mirate a una significativa riduzione della perdita di biodiversità entro l’anno 2010.

Nell’ambito della Convenzione per la diversità Biologica, le ultime due COP (Aja, 2002; Kuala Lumpur, 2004) sono state caratterizzate da numerose decisioni volte a incrementare le attività delle Parti contraenti per un significativo raggiungimento dell’obiettivo globale, avviando anche un processo di revisione sul programma di lavoro della Convenzione stessa.

A livello continentale, attraverso la Risoluzione di Kiev e la Strategia Pan-Europea, l’Europa ha individuato le azioni da intraprendere per il raggiungimento dell’obiettivo del 2010.

Anche a livello comunitario, la Commissione Europea adottando nel luglio 2002 il VI Programma d’Azione per l’ambiente ha espresso, nella sua sintetica denominazione “Ambiente 2010: il nostro futuro, la nostra scelta”, la propria adesione all’obiettivo globale del 2010 il cui rispetto ha guidato la scelta delle priorità nella programmazione delle azioni da intraprendere.

Durante lo svolgimento delle varie attività istituzionali che gli Stati ed i Governi portano avanti attraverso Strategie, Piani e Programmi sia a livello nazionale che internazionale, è emersa nelle varie sedi la necessità di coinvolgere la società civile e tutti gli attori ed i settori coinvolti affinché le tematiche ambientali vengano affrontate al fine di raggiungere sinergicamente l’obiettivo comune di arrestare la perdita di biodiversità, in modo tangibile, entro l’anno 2010.

La presenza millenaria dell’uomo nel continente europeo è in parte causa stessa dell’elevata biodiversità che lo caratterizza. La varietà di ecosistemi, di habitat e le numerose specie che vivono sul nostro territorio e nei nostri mari, rappresentano una ricchezza che deve essere salvaguardata e monitorata in quanto parte della biodiver-

sità a livello planetario. Con questa consapevolezza sono state messe a punto le strategie dell'Europa occidentale ed orientale.

Nel maggio 2004 in Irlanda (Malahide) si è svolta una Conferenza organizzata dalla Presidenza Irlandese e cofinanziata dalla Commissione europea, con l'obiettivo di sensibilizzare tutti i settori della società civile e fornire alla Commissione e al Parlamento un programma di lavoro condiviso che ha prodotto un documento, approvato dal Consiglio dell'Unione europea il 28 giugno 2004, contenente 18 obiettivi, strutturati a loro volta in un centinaio di targets, scaturiti dal processo di revisione della strategia sulla biodiversità e dei relativi piani d'azione.

Il documento di Malahide esprime i risultati della re-

visione tecnico-scientifica della strategia comunitaria sulla Biodiversità e sui rispettivi Piani di azione effettuata in questo ultimo anno attraverso la ridefinizione delle priorità sulle quali si dovranno produrre azioni concrete nei prossimi 5 anni.

Il documento è preceduto da un preambolo che sarà completato dalla Commissione in collaborazione con la Presidenza Irlandese e segue la struttura della Strategia Europea sulla biodiversità del 1998 (Politiche settoriali e Temi).

Nel complesso sono stati individuati 18 obiettivi, strutturati a loro volta in un centinaio di *target*, e sono stati aggiunti un nuovo settore e un nuovo tema a quelli precedentemente stabiliti dalla Strategia del 1998.

## LA RIFORMA DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNE: DA AGENDA 2000 AL DECRETO FISCHLER

[Giulia Bonella]

Il processo di riforma della Politica Agricola Comune (PAC), a partire da Agenda 2000 si sta caratterizzando per un progressivo rafforzamento dell'integrazione degli obiettivi ambientali e di conservazione della biodiversità nel quadro delle politiche di mercato e dello sviluppo rurale. La riforma della PAC (Regolamento CE 1782/03) si basa infatti su nuovi principi guida - disaccoppiamento, condizionalità ambientale, rafforzamento dell'intervento di sviluppo rurale - la cui corretta attuazione a livello di Stato membro contribuirà in maniera significativa al mantenimento del paesaggio agrario e forestale. L'elemento portante della riforma è il "disaccoppiamento": se prima i contributi dell'Unione Europea venivano erogati in base al tipo di coltura praticata, con l'entrata in vigore della riforma l'impresa agricola percepirà un unico importo di riferimento e non singoli premi per tipologia di prodotto coltivato. Diversamente da ciò che potrebbe apparire a prima lettura, ciò non consente all'agricoltore di ricevere aiuti abbandonando i terreni. Il principio del disaccoppiamento è infatti complementare ad un altro importante criterio: la "condizionalità". Il sostegno pubblico all'agricoltore è "condizionato" dal rispetto di standard ambientali e sanitari che si traducono nell'obbligatorietà di adottare tecniche eco-compatibili, rispettare le norme relative alla sicurezza alimentare, rispettare il benessere degli animali e mantenere la terra in buone condizioni agricole e ambientali. La condizionalità assume il significato strategico di strumento economico e normativo di integrazione della PAC con le altre politiche di settore, in particolare quella ambientale.

L'Italia ha recepito il Reg. CE 1782/03 con il DM 5 agosto 2004 recante "Disposizioni per l'attuazione della riforma della politica agricola comune". In attuazione dell'art.5 di tale decreto, il 13 dicembre 2004 è stato emanato il D.M. n. 5406 esplicitamente indirizzato al criterio della condizionalità. Gli allegati 1 e 2 del D.M. n. 5406 definiscono i cosiddetti Criteri di Gestione Obbligatorie (CGO) e le Buone Condizioni Agronomiche e ambientali (BCAA), disciplinando gli impegni che l'agricoltore è chiamato a rispettare anche nei confronti dell'ambiente e della biodiversità, con particolare attenzione ai siti Natura 2000.

Anche la proposta di Regolamento del Consiglio d'Europa sullo sviluppo rurale da parte del Fondo Europeo per lo Sviluppo Rurale (FEASR) per il periodo 2007/2013 pone come obiettivo il sostegno ad azioni volontarie di gestione agricola e forestale integrate alla tutela dell'ambiente ed alla conservazione della biodiversità.

La proposta di Regolamento prevede, infatti, nella Sezione 2, Asse Prioritario 2, "Gestione del territorio", l'individuazione di misure di sostegno intese a promuovere l'utilizzazione sostenibile dei terreni agricoli e delle superfici forestali, considerando in particolare specifiche indennità a favore degli agricoltori e dei selvicoltori all'interno dei siti Natura 2000. Sono inoltre previste misure di sostegno agli investimenti aziendali non produttivi che favoriscano in termini di pubblica utilità la rete Natura 2000.

I Settori sono quindi:

1. Conservazione e uso sostenibile delle risorse naturali (obiettivi 1=>4)
2. Agricoltura (obiettivo 5)
3. Foreste (obiettivo 6)
4. Pesca (obiettivo 7)
5. Politica regionale e pianificazione spaziale (obiettivo 8)
6. Energia, Trasporti, costruzioni ed industrie estrattive (obiettivo 9)
7. Turismo (obiettivo 10)
8. Cooperazione economica e sviluppo (obiettivo 11)
9. Commercio internazionale (nuovo) (obiettivo 12)

E i Temi:

1. Conservazione delle risorse Naturali (nessun ulteriore obiettivo, si fa riferimento al settore 1)
2. Equo accesso alle risorse e tradizioni locali (obiettivi 13 e 14)
3. Ricerca, monitoraggio e indicatori (obiettivi 15 e 16)
4. Educazione, formazione e sensibilizzazione (obiettivo 17)
5. *Governance* internazionale ambientale (nuovo) (obiettivo 18)

Fanno parte integrante del documento 2 allegati:

- Primo set di indicatori di riferimento proposti sulla biodiversità (con riferimento a quanto riportato nell'ultima COP della CBD)
- "Dichiarazione di Killarney e raccomandazioni sulla Ricerca per la Biodiversità" adottata dall'Assemblea della Piattaforma Europea per la Strategia della Ricerca sulla Biodiversità nel maggio 2004.

Il documento è scaricabile dal sito:

<[http://www.eu2004.ie/templates/document\\_file.asp?id=17810](http://www.eu2004.ie/templates/document_file.asp?id=17810)>.

Durante l'incontro di Malahide è stata lanciata ufficialmente, a livello europeo, l'iniziativa IUCN denominata "COUNTDOWN 2010" che ha lo scopo di sensibilizzare i vari settori e la società civile sul raggiungimento dell'obiettivo del 2010.

Recentemente l'Italia, in occasione del primo incontro del gruppo di lavoro sulle aree protette della CBD (Montecatini 13-17 giugno 2005) ha aderito formalmente, come nazione, all'iniziativa "COUNTDOWN 2010" e ha lanciato il sito web <[www.iucn.it](http://www.iucn.it)>.

## Bibliografia

- BENNETT G., 2002 – *Guidelines on the application of existing international instruments in developing the Pan-European Ecological Network*. Committee for the Activities of the Council of Europe in the field of Biological and Landscape Diversity. Nature and Environment, n.124, Council of Europe Publishing
- DALY H.E., 1981 – *Lo stato stazionario*. Sansoni, Firenze.
- GOMES S., 2002 – *Analisi comparativa degli elementi che esprimono il concetto di sostenibilità*. Oikonomia, n. 1, giugno 2002.
- MEADOWS D.H., MEADOWS D.L., RANDERS J., BEHRENS III W.W., 1972 – *I limiti dello sviluppo-Rapporto del System Dynamics Group, MIT, per il progetto del Club di Roma sui dilemmi dell'umanità*. Biblioteca della EST, Mondadori, Milano.

---

# RAGIONI DELLA BIODIVERSITÀ

## CONOSCERE LA BIODIVERSITÀ PER CONSERVARLA

[Carlo Blasi]

Conoscere significa definire i modelli capaci di spiegare strutture e funzioni a diversa scala temporale, spaziale e di organizzazione biologica.

Si parla tanto di ecologia e di biodiversità senza rendersi conto che per parlarne è necessario conoscere gli elementi che fanno parte degli ecosistemi e le relazioni complesse di natura ecosistemica che si vengono a creare tra le popolazioni che fanno parte di un ecosistema.

Volendo conoscere, anche sinteticamente, in che modo si è modificato nel tempo il significato stesso del termine ecologia possiamo risalire alla metà dell'800 quando ERNESTO HAECKEL parlava di "studio delle relazioni tra organismo e ambiente". Con l'aumentare delle ricerche in campo vegetazionale e biogeografico si ebbe un grande impulso nello studio delle interazioni tra ambiente fisico e biologico. I fenomeni ecologici venivano interpretati in modo sempre più complesso ponendo al centro dello studio ecologico la valutazione delle relazioni tra singoli organismi e l'ambiente circostante. Così dall'analisi delle relazioni a scala di individuo si passò rapidamente alla comunità esaltandone le peculiarità in termini di competizione e di solidarietà per arrivare a riconoscere una trama discreta e non casuale nella distribuzione del paesaggio vegetale. Si parlava quindi di associazione vegetale, di zooce-nosi (vita in comune di diversi animali) e di sinecolo-

gia (ecologia delle comunità). Già verso la fine del XIX secolo si cominciarono a pianificare lavori integrati dedicati alla valutazione complessiva della biocenosi (vita in comune delle specie), considerando insieme il comparto floristico e faunistico.

Nel frattempo, gli sviluppi della genetica ponevano l'accento sullo studio delle popolazioni e svolsero un ruolo molto rilevante nel passaggio dallo studio dell'individuo a quello della comunità. Nel 1923 l'americano TANSLEY parlava di sistema ecologico o ecosistema rafforzando la relazione tra organismi viventi e ambiente. Il comparto biologico veniva analizzato sulla base della teoria dei sistemi e pertanto le scienze biologiche si integravano in modo sempre più efficiente con le scienze fisiche e con le scienze umane. L'ecosistema diventò l'unità di riferimento dell'ecologia in quanto sintesi della valenza fisica e biologica e infine in questi ultimi anni abbiamo assistito all'inserimento del paesaggio nel contesto ecologico e ambientale.

Riconosciuta questa stretta relazione tra specie, comunità, paesaggi e ambiente naturale si può ben dire che l'ecologia è la disciplina che studia la biodiversità nelle diverse forme di organizzazione biologica in modo complesso e sistemico nello spazio e nel tempo.

L'attenzione per la biodiversità, forse sarebbe più corretto parlare di attenzione per la conservazione della biodiversità, è strettamente legata alla Convenzione sulla Diversità Biologica sottoscritta a Rio nel giugno del 1992 durante la Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente e lo sviluppo.

## LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Nel 1972 la Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente umano a Stoccolma (vedi § *Le convenzioni per la conservazione e lo sviluppo sostenibile*) indicò la necessità di accordi tra i governi e di un nuovo ordine nei rapporti tra paesi ricchi e paesi poveri, entrambi responsabili, se pure per motivi diversi, del degrado planetario. Le varie crisi del petrolio del 1973 e del 1979 sembrarono ricordare al mondo che occorre fare un uso parsimonioso delle risorse naturali e che è indispensabile usare la scienza e la tecnica orientandole al fine di salvare la sopravvivenza della vita sulla Terra.

Da qui nasce la crescente attenzione per lo "sviluppo sostenibile" inteso come il processo capace di soddisfare i bisogni dell'attuale generazione senza compromettere le risorse naturali indispensabili per soddisfare le necessità delle generazioni future.

Secondo questo modello di riferimento, la conoscenza della biodiversità diviene elemento essenziale di monitoraggio, di valutazione, di pianificazione, di gestione e quindi di conservazione. Il sistema biologico che più di qualsiasi altro può essere preso come esempio di sistema a elevata biodiversità è la foresta tropicale: la loro ricchezza biologica supera ogni immaginazione. In 50 ettari della penisola della Malesia vi sono più specie di alberi di quanti se ne trovano in tutta l'America settentrionale. Queste foreste, che coprono circa il 6% della su-

perficie terrestre, danno ospitalità a oltre il 70% di tutte le specie della Terra. Attualmente gli scienziati conoscono non più del 10% delle oltre 120.000 specie vegetali presenti nelle foreste tropicali e ne hanno studiato in modo approfondito solo l'1%.

Il livello di conoscenza dei fenomeni che stanno avvenendo nei diversi sistemi ambientali del pianeta è veramente molto limitato, conosciamo meglio la superficie della luna di molte comunità biologiche che stanno rapidamente scomparendo sulla Terra.

Una delle cose che ci deve far riflettere è lo scarso impegno (ovviamente non si tratta di impegno personale) che viene dedicato al riconoscimento degli esseri viventi. Ne conosciamo forse il 10% (alcuni scienziati parlano dell'1-2%) e ancor meno ne conosciamo le caratteristiche individuali e le modalità di interazione. Ogni nazione dovrebbe impegnarsi per conoscere la propria biodiversità e adoperarsi perché venga compresa, utilizzata e salvata.

È purtroppo vero che nei Paesi industrializzati non si riesce a percepire l'importanza della conservazione della biodiversità in quanto se ne è perso il contatto diretto. In proposito basti pensare che le 250.000 specie di angiosperme di tutto il mondo ci offrono una straordinaria ricchezza di fiori e frutti, ma in realtà sono solo poche decine quelle che normalmente utilizziamo per alimentarci.

## I “NUMERI” DELLA BIODIVERSITÀ

È utile, nel voler descrivere lo stato della biodiversità di un paese tenere presente anche l'aspetto quantitativo. Colpisce pensare che, con i semi raccolti dalle piume di un unico uccello, CHARLES DARWIN fu in grado di coltivare 82 specie di piante, che nella parte più urbana della città di Roma (entro il raccordo anulare) vivono circa 1.300 specie vegetali, che la Flora d'Italia è costituita da oltre 7.500 entità floristiche (vedi § *Piante vascolari*), la Fauna da oltre 60.000 (vedi § *Fauna*), che la Flora del Parco del Cilento si avvicina a circa 3.000 specie, che nel piccolo Parco Nazionale del Circeo vivono oltre 1.500 specie vegetali e che lungo la fascia costiera pontina si hanno lembi di vegetazione forestale con 7-8 specie del genere *Quercus* quando in interi paesi dell'Europa centrale se ne hanno solo due o tre. Possiamo essere indifferenti a tutto ciò?

È nel procedere veloce della cultura e della sensibilità ambientale che nasce l'esigenza di imparare a conoscere la biodiversità. Viviamo immersi nella biodiversità ma purtroppo non si dispone degli strumenti necessari per riconoscerla. Fino a pochi decenni or sono l'ignoranza naturalistica era prerogativa del cittadino, oggi sta coinvolgendo anche il resto della popolazione. Non è agevole collegare quello che mangiamo con i luoghi di produzione, come non è agevole saper interpretare le potenzialità della natura in funzione dell'osservazione della situazione reale. Nei Paesi industrializzati non si accettano le limitazioni imposte dal normale evolvere dei fenomeni ambientali. Rispondiamo in modo emotivo solo alle catastrofi ambientali, senza però pensare che nella maggior parte dei casi è l'uomo con la sua volontà di negare ogni autonomo processo della natura a trasformare un fenomeno in catastrofe.

Per la natura la diversità è un bene primario che ne regola e ne condiziona lo sviluppo: se l'uomo non avesse sostituito i boschi misti dell'Europa centrale con impianti forestali di abete rosso, non avremmo avuto in modo così evidente il fenomeno della moria del bosco. L'abete rosso era senza dubbio più utile degli aceri, dei frassini e delle querce per produrre legname da costruzione, ma nessuno pensava che fosse così sensibile all'inquinamento atmosferico. I sistemi naturali trovano la loro capacità di adattamento e di stabilità proprio nella ricchezza di specie e nella diversità di comportamento delle stesse.

A questo principio si affidava l'agricoltura tradizionale, sempre diversa nelle produzioni e nelle attività; a questo principio i moderni ecologi fanno riferimento per pia-

nificare un modello territoriale efficiente e funzionale anche in termini di rete ecologica. Non è ancora stata formalizzata una definizione di “naturalità diffusa”, ma senza dubbio si identifica con un modello territoriale fortemente diversificato con al proprio interno tutti gli stadi della successione naturale: aree aperte, coltivi, cespuglieti e boschi.

Attualmente a livello di elaborazione teorica è centrale nella gestione delle risorse naturali il contributo della ricerca scientifica, così come è centrale l'approccio ecosistemico e la definizione della rete ecologia territoriale. L'applicazione della Direttiva Habitat e della stessa CBD sta favorendo inoltre nuove ricerche finalizzate alla valutazione dello stato di conservazione e alla valutazione di incidenza, prassi complessa di natura ecosistemica necessaria per verificare la sostenibilità di variazioni d'uso o di nuovi interventi nei siti della rete Natura 2000.

Un approccio paesaggistico allo studio della biodiversità risulta quanto mai attuale e in linea con gli obiettivi della CBD in quanto ha il vantaggio di tenere sempre rigorosamente collegati i fattori ambientali con quelli umani (vedi § *Biodiversità e paesaggio*).

L'analisi paesaggistica così definita risponde perfettamente ai requisiti di un'analisi ecologica. Lo studio e la conoscenza del paesaggio implica l'analisi della complessità, della integrazione dei saperi nella scala spaziale e temporale al fine di ricostruire i processi che hanno portato alla situazione attuale e definisce i modelli dinamici da applicare agli scenari futuri.

## Bibliografia

- BLASI C., 2003 – *Scoprire la biodiversità*. In: Paesaggi della biodiversità. Collana Immagini + Idee 01, pp. 8-27. Connecting cultures editions
- BLASI C., PAOLELLA A., 1992 – *Progettazione ambientale. Cave, fiumi, strade, parchi, insediamenti*. Ed. NIS - Roma.
- GIACOMINI V., 1980 – *Perché l'ecologia*. Ed. La Scuola, Brescia
- HUDSON E.W. (ed.), 1991 – *Landscape linkages and biodiversity*. Island press. Washington.
- PEARCE D., MORAN D., 1995 – *The economic value of biodiversity*. IUCN, Earthscan, Londra.

## DALL'IDENTIFICAZIONE DELLE CAUSE ALLA INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI SENSIBILI

[FAUSTO MANES, FRANCESCA CAPOGNA]

Nel 1988 l'ecologo inglese NORMAN MYERS definì il concetto di *hotspot* al fine di identificare a scala globale un insieme di ecoregioni terrestri ad alta priorità di conservazione (MYERS *et al.* 2000). Gli *hotspot* sono aree caratterizzate da un'eccezionale concentrazione di specie endemiche, ma nello stesso tempo sottoposte a un'eccezionale perdita di habitat. Il 44% delle specie vascolari e il 35% dei vertebrati sono confinati nei 25 *hotspot* che rappresentano l'1,4% della superficie terrestre. Undici *hotspot* hanno perso almeno il 90% della loro vegetazione naturale originaria e tre di questi ne hanno persa il 95%.

I 25 *hotspot* comprendono diversi tipi di habitat. La foresta tropicale prevale in 15 *hotspot* e gli ecosistemi di tipo Mediterraneo in 5. Nove comprendono prevalentemente isole e sedici *hotspot* si trovano ai tropici (figura 1).

L'identificazione e la designazione di ciascun *hotspot* avvengono sulla base della valutazione di tre fattori chiave che determinano anche l'importanza stessa di ciascuna area interessata: il numero di specie endemiche, il rapporto numero di specie endemiche/area, sia per le specie vegetali che per i vertebrati, e la perdita di habitat. In tabella 1 sono elencate le 8 ecoregioni più calde (*hottest hotspot*) che appaiono almeno tre volte nella graduatoria dei primi 10 per ogni fattore chiave di identificazione. I primi della lista sono il Madagascar, le Filip-

pine e il Sundaland seguiti dalla foresta atlantica del Brasile e dai Caraibi. Due *hotspot* si aggiungono a questa graduatoria: le Ande Tropicali e il Bacino del Mediterraneo considerati candidati *hyper-hot* per la presenza in essi di un grande numero di specie vegetali endemiche: 20.000 e 13.000 rispettivamente.

In particolare il Bacino del Mediterraneo è il più grande dei 5 ecosistemi di tipo mediterraneo; i 2.362.000 Km<sup>2</sup> (estensione originaria della vegetazione primaria) di *hotspot* si affacciano sul Mediterraneo e comprendono parte della Spagna, della Francia, dell'Italia, dei Balcani, della Grecia, della Turchia, della Siria, del Libano, della Tunisia, dell'Algeria, del Marocco e di centinaia di isole sparse. Della originaria estensione della vegetazione primaria rimangono solo 110.000 Km<sup>2</sup> (4,7%), la più bassa percentuale osservata tra tutti gli *hotspot* della terra. In queste aree ci sono 25.000 specie di piante vascolari, 13.000 delle quali (52%) sono endemismi (tabella 2).

Questo *hotspot* (Bacino del Mediterraneo) è suddivisibile in altri 10 *mini-hotspot* (figura 2) che coprono il 15% dell'area totale, ma comprendono il 37% di tutti gli endemismi di quest'area. Questa caratteristica rende questo *hotspot* di importanza prioritaria per la conservazione della biodiversità. La macchia mediterranea, caratterizzata da arbusti sclerofilli (*Juniperus*, *Myrtus*, *Olea*, *Phillyrea*, *Pistacia* e *Quercus*), si estende su più della metà della regione. *Arbutus*, *Ceratonia*, *Chamaerops*



Fig. 1 - I 25 "hotspot" o ecoregioni terrestri ad alta priorità di conservazione.

HOTSPOT	Piante endemiche	Piante endemiche/area (n° di specie per 100Km <sup>2</sup> )	Vegetazione primaria ancora presente (%)	Punteggio per la designazione
Madagascar	9.704	16,4	9,9	5
Filippine	5.832	64,7	3,0	5
Sundaland	15.000	12,0	7,8	5
Foresta Atlantica del Brasile	8.000	8,7	7,5	4
Caraibi	7.000	23,5	11,3	4
Indo-Burma	7.000	7,0	4,9	3
Siri Lanka	2.180	17,5	6,8	3
Le montagne dell' "Eastern Arc" e Foresta costiera della Tanzania	1.500	75	6,7	3

Tabella 1 - Le 8 ecoregioni a più alta priorità di conservazione ("Hottest Hotspots").

e *Laurus* sono importanti componenti della vegetazione mediterranea e rappresentano dei relitti della foresta originaria presente 2 milioni di anni fa. Arbusti quali *Artemisia*, *Astragalus* ed *Ephedra* e alberi come *Acer*, *Betula*, *Cercis*, *Fagus* e *Ulmus* sono subentrati durante il Pleistocene, provenienti dall'Europa e dall'Asia e sono ancora presenti nella flora mediterranea. Altre specie degne di nota sono *Cedrus* sp. pl., presente a Cipro, in Marocco e in Algeria e la palma nativa del mediterraneo, *Phoenix theophrasti*, in remoti siti della Turchia e della Grecia.

Estensione originaria della vegetazione primaria (Km <sup>2</sup> )	2.362.000
Vegetazione primaria rimanente (Km <sup>2</sup> )	110.000
(% dell'estensione originaria)	(4,7)
Aree protette (Km <sup>2</sup> )	42.123
(% di hotspot)	(38,3)
Specie vegetali	25.000
Piante endemiche	13.000
(% di piante globali, 300.000)	(4,3%)
Rapporto specie/area per 100 Km <sup>2</sup> di hotspot	11,8

Tabella 2 - Principali caratteristiche della vegetazione presente all'interno del hotspot del Bacino del Mediterraneo (MYERS *et al.*, 2000).

MYERS N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C.G., DA FONSECA G.A.B, KENT J., 2000 – *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature, 403: 853-858.



Fig. 2 - "Hotspot" del Bacino del Mediterraneo

## BIODIVERSITÀ E BIOGEOGRAFIA

[Carlo Blasi, Goffredo Filibeck, Augusto Vigna Taglianti]

La distribuzione degli organismi risponde a due categorie di fattori: i fattori ecologici, cioè le caratteristiche dell'ambiente che consentono o meno a una data specie di vivere in un dato sito, nonché le interazioni fra organismi che possono influenzare le possibilità che una specie ha di vivere in un sito; e i fattori biogeografici, cioè la maggiore o minore possibilità per una specie di raggiungere un ambiente adatto ad essa. In altre parole, i confini dell'areale di un organismo non dipendono solo dalle caratteristiche ambientali, ma anche dalla presenza, tanto attuale quanto passata, di barriere e collegamenti geografici in grado di condizionare la dispersione della specie.

Ne consegue che anche la ricchezza di specie di un territorio va spiegata tanto in chiave ecologica che biogeografica. Così, l'elevata diversità faunistica e floristica dell'Italia è dovuta da un lato alla diversità di ambienti del nostro Paese, che racchiude in uno spazio ristretto una grande complessità di tipologie litologiche, topografiche e climatiche; dall'altro alla storia paleogeografica e paleoclimatica assai complessa, che ha fatto sì che l'Italia potesse essere raggiunta da contributi floristici e faunistici di origini molto diverse.

Il presente capitolo intende pertanto esporre sinteticamente i principali eventi storici che hanno influenzato l'attuale popolamento vegetale ed animale del territorio italiano, nonché le conseguenze che tali eventi hanno lasciato nel modello distributivo attuale della flora e della fauna all'interno del Paese.

Un'accurata lettura biogeografica, in chiave storica ed ecologica, può permettere di comprendere meglio le origini e il divenire di questa diversità biologica, di descriverne la distribuzione e di mettere in luce le aree geografiche a maggior ricchezza di specie.

## BIOGEOGRAFIA E RICCHEZZA DI SPECIE

### La posizione geografica dell'Italia

L'area mediterranea rappresenta la porzione Sud-occidentale della regione Palearctica ed è compresa tra la zona di transizione saharo-sindica a Sud, l'area caucaso-turanica ad Est e l'Europa centrale a Nord. Comprende quindi il Mar Mediterraneo e il Mar Nero e le terre circostanti, da riferire a ben tre continenti diversi: l'Europa meridionale, l'Africa settentrionale e l'Asia occidentale.

Si tratta di un'area complessa, la cui stessa posizione geografica ne giustifica la elevata biodiversità, condizionando la compresenza di numerose e distinte realtà bioclimatiche ed ecosistemiche. Soprattutto la sua storia pregressa dal punto di vista paleogeografico e paleoclimatico, con le trasformazioni del bacino della Tetide, le diverse fasi orogenetiche, la formazione del Mediterraneo, lo spostamento di placche di varia estensione, la vasta emersione di terre durante il Messiniano e le glaciazioni del Pleistocene, ha svolto un ruolo di enorme importanza nel modellare il popolamento vegetale e animale dell'area mediterranea.

L'Italia, a sua volta, è in posizione centrale nell'area mediterranea e il bacino tirrenico, che ne rappresenta il centro geometrico, è circondato dalla penisola e dalle isole maggiori. Questa posizione ha senza dubbio facilitato, e continua a facilitare, i fenomeni di colonizzazione da parte di specie provenienti dalle terre circostanti, in particolare da occidente, da Sud e da oriente. A Nord, l'Italia è delimitata dall'arco alpino, che la separa e contemporaneamente la collega con l'Europa centrale, condizionandone il popolamento da parte delle componenti settentrionali e orientali.

### La ricchezza di specie

La ricchezza di specie, citata talvolta come "numero di specie", spesso definita semplicemente come "biodiversità", rappresenta l'indicatore più immediato e più utilizzato per la valutazione della diversità specifica o tassonomica di un'area.

Il numero di specie presenti in Italia è altissimo: senza considerare qui Procarioti, Protisti, Alghe e Funghi, le sole piante superiori o vascolari (Pteridofite, Gimnosperme e Angiosperme) sono 6.711 (vedi § *Piante vascolari*), cui vanno aggiunte circa 1.130 Briofite (vedi § *Briofite*); le specie animali (Metazoi) attualmente note per l'Italia entro i suoi confini politici sono circa 55.600 (MINELLI, 1996).

Le 55.600 specie della fauna italiana sono ripartite nei diversi gruppi tassonomici con percentuali che ben corrispondono allo schema generale della fascia temperata della regione Palearctica. I vertebrati rappresentano poco più del 2% della nostra fauna, mentre assolutamente predominanti, con oltre l'82% delle specie, sono gli artropodi, comprendenti i crostacei, gli aracnidi, i miriapodi e soprattutto gli insetti, che da soli, con le loro oltre 37.000 specie, rappresentano il 67% degli animali italiani.

Venendo a considerare come il numero totale delle specie animali attestate per l'Italia si ripartisca nei diversi ambienti (terrestre, acqua dolce e marino), si può osservare come ben 47.536 specie (secondo STOCH, 2000), oltre l'86% dell'intera fauna, siano di ambienti continentali (con circa 42.000 terrestri e 5.600 d'acqua dolce), contro "solo" 8.000 strettamente marine. Va tuttavia osservato che a tale enorme diversità terrestre concorrono, essenzialmente, pochissimi gruppi animali (gasteropodi polmonati, vertebrati e artropodi, tra cui dominano gli insetti, con circa l'80% delle specie). Al contrario, la fauna marina, che pure ha una biodiversità a livello specifico assai minore, è caratterizzata da una biodiversità altissima a livello "filogenetico", con la presenza della quasi totalità dei diversi piani strutturali. Molti gruppi, e spesso interi *phyla*, sono infatti esclusivamente o quasi del tutto marini, come i poriferi, gli cnidari, gli ctenofori, i nemertini, gli anellidi policheti, i picnogonidi tra gli artropodi, i briozoi, gli echinodermi, i tunicati e i cefalocordati.

### L'Italia nel contesto europeo

Rispetto ad altri paesi europei, l'Italia mostra una ricchezza floristica e faunistica nettamente elevata. Le oltre 6.700 piante superiori attualmente censite nella flora italiana (vedi § *Piante vascolari*), anche sottraendo le circa 1000 esotiche naturalizzate, costituiscono la metà delle 12.500 specie stimate per l'intera Europa e pongono il nostro Paese come la prima nazione del continente per numero assoluto di specie vegetali (WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, 1992). Basti pensare che il territorio della Regione Lazio contiene più specie dell'intero Regno Unito, che è di superficie circa uguale a quella dell'Italia (cfr.: STACE, 1991; ANZALONE, 1996). L'Italia è prima in Europa anche per ricchezza floristica misurata depurando l'effetto "ampiezza dell'area", cioè per rapporto fra diversità osservata e diversità attesa in base alla superficie (CRISTOFOLINI, 1998).

Per quel che riguarda la fauna, anche limitando il confronto a qualche gruppo animale per cui si dispone di

*checklist* affidabili, si può osservare come, ad esempio, il numero di ortotteri presenti in Italia (333 specie) sia circa il triplo di quello accertato per la Polonia (102), il decuplo di quello della Gran Bretagna (30) e della Norvegia e oltre 150 volte quello dell'Islanda, mentre il numero di lepidotteri, uno dei gruppi di insetti meglio conosciuti, supera in Italia le 5.000 specie, più del doppio di quelle presenti in Gran Bretagna (2.400). Per i coleotteri, un altro gruppo di insetti ben noto e di grande significato biogeografico (l'ordine rappresenta da solo oltre 1/4 delle specie animali!), in Italia sono presenti circa 12.000 specie, contro le 6.000 della Polonia, le 3.700 della Gran Bretagna, le 3.375 della Norvegia e le 239 dell'Islanda (MINELLI, 1996). In generale, l'Italia è uno dei paesi europei con la maggiore diversità documentata per moltissimi gruppi di invertebrati.

Queste osservazioni rispecchiano pienamente il ben noto gradiente latitudinale della ricchezza di specie, per cui la diversità diminuisce con l'aumentare della latitudine (ASHTON, 2001); in quanto Paese a bassa latitudine nel contesto europeo, l'Italia è decisamente più ricca di specie rispetto ai Paesi centro-europei o nordici.

### L'Italia nel contesto mediterraneo

Prendendo in esame la diversità faunistica italiana rispetto a quella di altri paesi dell'area mediterranea, si può osservare come la ricchezza di specie di vari gruppi animali (uccelli nidificanti, mammiferi, rettili, anfibi, neurotteri, lepidotteri ropaloceri e ditteri tipulidi) nell'Italia peninsulare, più la Sardegna, la Sicilia e la Corsica, mostri un valore piuttosto basso se confrontata con la Penisola Iberica, l'Africa Nord-occidentale, i Balcani e l'Anatolia; questo valore è comparabile con quello delle prime due regioni, ma nettamente inferiore a quello delle aree del Mediterraneo orientale (OESTERBROEK, 1994). Tali dati, tuttavia, sono profondamente influenzati dalla diversa estensione delle aree in esame: considerando infatti il numero di specie per unità di superficie, l'area italiana mostra i livelli più elevati.

Osservazioni in parte analoghe valgono per la diversità floristica: la flora della Turchia (circa 8.500 specie: DAVIS, 1965-1985) è più ricca di quella italiana, ma il rapporto specie/superficie è superiore nel nostro Paese.

Questi risultati possono essere coerentemente interpretati con il fatto che, nonostante la ridotta estensione, l'Italia mediterranea comprende una grande varietà di ambienti, rappresentativi della intera diversità ecosistemica mediterranea.

## ASPETTI STORICI DEL POPOLAMENTO ANIMALE E VEGETALE

### Gli aspetti storici del popolamento animale

Pur relativamente giovane, a partire dall'Oligocene l'Italia ha subito una storia paleogeografica e paleoecologica molto complessa, che ha inciso profondamente su composizione e distribuzione della sua fauna e i cui principali eventi possono essere molto schematicamente riassunti come segue:

1. Il distacco di microplacche europee, che, nel corso del Miocene (da 23 a 6 milioni di anni fa circa) (figura 2.1a), si sono spostate verso Sud, andando a saldarsi al Nord Africa o alla nascente catena appenninica o che sono rimaste isolate (placca sardo-corsa). La presenza di affinità faunistiche tra distretti italiani e Nord-africani o tra la placca sardo-corsa e l'Europa occidentale possono essere attribuiti a tali eventi di vicarianza (GIUSTI e MANGANELLI, 1984; LA GRECA, 1990).
2. Il prosciugamento per evaporazione del Mediterraneo nel Messiniano, avvenuto circa 6 milioni di anni fa e dovuto alla chiusura per ragioni tettoniche del collegamento con l'Atlantico (figura 2.1b). In realtà sull'entità del prosciugamento non c'è unanimità di vedute, ma certamente si ebbero collegamenti fra regioni precedentemente e successivamente separate dal mare, ad es. fra il nordafrica e la Sicilia, fra quest'ultima e i nascenti Appennini e ancora fra gli Appennini e i Balcani. Ciò ha permesso imponenti scambi faunistici (GIUSTI e MANGANELLI, l.c.; STEININGER *et al.*, 1985; AZZAROLI, 1990; ESTABROOK, 2001).
3. La riapertura dello stretto di Gibilterra, con la costituzione dell'attuale assetto geografico dell'area mediterranea e in particolare della penisola italiana nel Pliocene (da 5 a 2 milioni di anni fa) (figura 2.2a), le trasformazioni del clima da caldo-umido a mediterraneo fino alla prima grande glaciazione, il Biber, quando si sono saldati gli arcipelaghi appenninici meridionali ed è comparso l'ambiente di alta montagna (LA GRECA, 2002).
4. L'abbassamento del livello del mare (a causa del maggior volume di acqua imprigionata nei ghiacciai polari) nel corso delle glaciazioni pleistoceniche (ultimo milione di anni), che ha connesso aree attualmente separate dal mare, consentendo ulteriori scambi faunistici (figura 2.2b). Le fasi glaciali, e di conseguenza le connessioni fra le attuali isole, hanno occupato circa il 90% dell'ultimo milione di anni, in quanto i periodi freddi hanno avuto durate dell'ordine di centinaia di migliaia di anni, gli in-

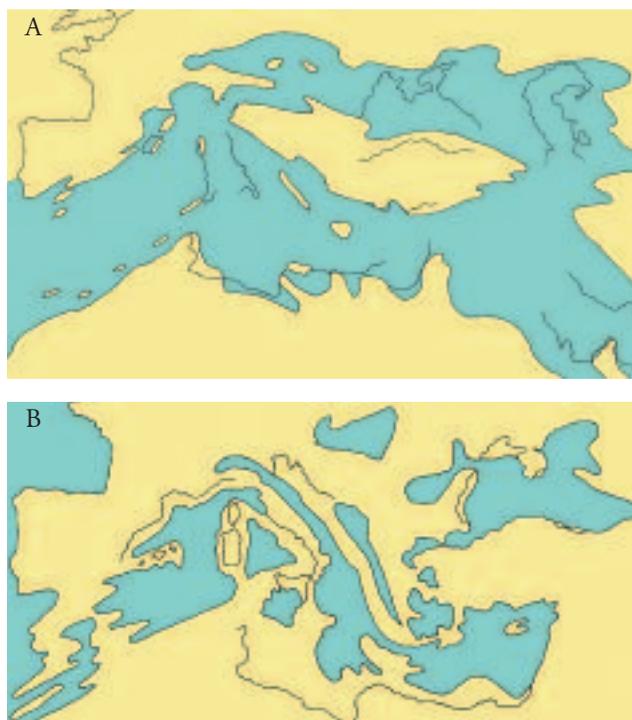


Fig. 2.1 - La paleogeografia dell'area mediterranea all'inizio del Miocene (a), e nel Miocene superiore (Messiniano) (b), secondo STEININGER *et al.* (1985), ridisegnato. Legenda: in azzurro le aree marine, in giallo le terre emerse; al tratto sono accennati, per confronto, gli attuali profili di costa.

terglaciali dell'ordine di decine di migliaia di anni (DAVIS, 1983; FOLLIERI e MAGRI, 1997). La geografia delle coste che osserviamo attualmente risale a soli 13.000 anni fa, cioè alla fine dell'ultima glaciazione, durante la quale il livello del mare è stato più basso di almeno un centinaio di metri. Nel corso degli altri eventi glaciali del Quaternario si sono avuti abbassamenti anche maggiori; pertanto l'attuale livello marino costituisce una situazione "eccezionale" e transitoria (ROHLING *et al.*, 1998). D'altra parte la presenza di ghiacciai ha agito da fattore di disgiunzione fra popolazioni. Le glaciazioni hanno influito sul popolamento anche in termini paleoecologici, a causa dello spostamento e dei mutamenti di estensione relativa dei vari habitat.

Mentre le tracce dei più antichi eventi paleogeografici e paleoclimatici (come la deriva delle microplacche e il prosciugamento messiniano) sono oggi meno facilmente identificabili a causa del successivo sovrapporsi di ulteriori processi storici, quelle più recenti delle glaciazioni pleistoceniche emergono prepotentemente e sono state ampiamente studiate dai biogeografi.

Le glaciazioni hanno profondamente influenzato il

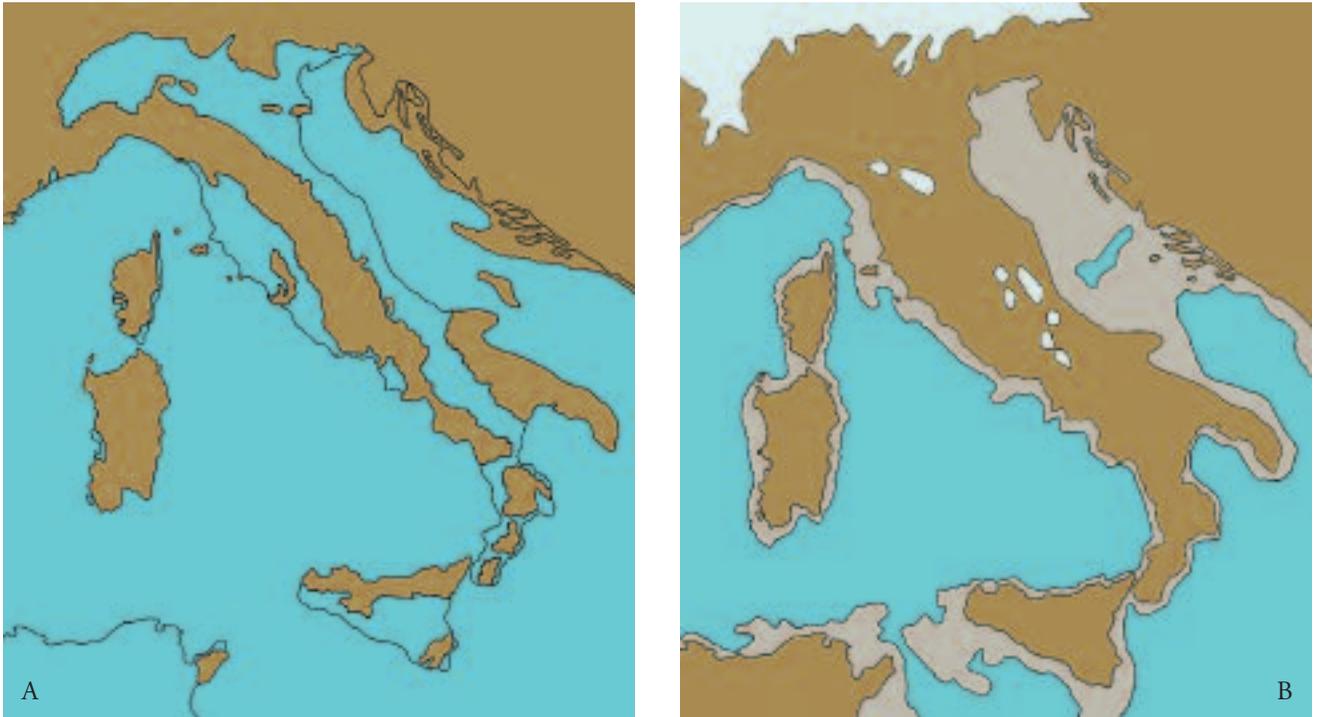


Fig. 2.2 - La paleogeografia dell'Italia nel Pliocene (a) e nel Pleistocene, durante la glaciazione di Riss (b), secondo LA GRECA (2002), ridisegnato. Legenda: a) in colore le terre emerse nel Pliocene, in azzurro le aree marine, al tratto le coste attuali; b) in colore chiaro i ghiacciai del Riss, in grigio le terre emerse durante il Riss per abbassamento del livello del mare, in azzurro le aree marine, in marrone le terre emerse attuali.

popolamento animale del nostro paese determinando:

1. il ritirarsi verso Sud delle specie termofile, le quali hanno potuto sopravvivere in ambienti costieri o in oasi xerothermiche;
2. la colonizzazione di aree meridionali da parte di specie settentrionali, le quali si sono potute spingere a Sud grazie alla presenza d'oi un clima più freddo e che, con l'instaurarsi di un nuovo periodo caldo, sono eventualmente sopravvissute come "relitti glaciali";
3. la frammentazione di popolazioni continue in popolazioni isolate per la formazione di barriere rappresentate da piccoli ghiacciai;
4. la successiva riespansione verso Nord delle popolazioni che si erano contratte a Sud.

Tutti questi fenomeni sono oggi ben documentati da studi faunistici e da analisi filogenetiche condotte su basi morfologiche, biochimiche e molecolari in numerosi gruppi animali (CARPANETO, 1975; CAPANNA, 1993; BULLINI *et al.*, 1998; HEWITT, 1999; HUGOT e COSSON, 2000).

L'ambiente marino ha una sua storia biogeografica autonoma, indipendente da quella delle terre emerse, se si esclude la platea continentale, e non offre modelli di distribuzione geografica che possano contribuire sostanzialmente allo studio della storia del suo popolamento.

### Gli aspetti storici del popolamento vegetale

Le vicende paleogeografiche già citate in merito alla storia della fauna, hanno notevolmente influito anche sulla storia floristica, ma con modalità spesso diverse a causa della grande differenza che separa piante e animali in fatto di dinamiche di dispersione.

È importante anzitutto rilevare come il fatto che il territorio del nostro Paese sia un collage di regioni aventi storia paleogeografica diversissima (DE GIULI *et al.*, 1987; BOCCALETTI e MORATTI, 1990; COSENTINO *et al.*, 1993; DOGLIONI e FLORES, 1995) costituisca una delle cause della grande diversità floristica italiana. In particolare, in relazione all'eterogeneità fitogeografica del nostro Paese possiamo ricordare i seguenti eventi paleogeografici.

La Sardegna apparteneva, insieme a parte della Corsica e alle Baleari, a una zolla corrispondente circa alle attuali Spagna e Francia, dalle quali si è staccata soltanto all'inizio del Miocene. Presenta quindi numerose, interessanti disgiunzioni o vicarianze sardo-balearico-iberiche, come pure paleoendemismi relitti grazie alla sua relativa stabilità tettonica (ARRIGONI, 1980).

Le Alpi hanno cominciato il loro sollevamento nel Cretacico, mentre il sollevamento dell'Appennino (e la

contestuale apertura del Mar Tirreno) è molto più recente, avendo avuto inizio nell'Oligocene e con un sollevamento finale sino alle quote attuali che è addirittura di epoca Pleistocenica. Nel Pliocene gli Appennini più che una catena continua costituivano un arcipelago di grandi isole e di questo isolamento si hanno ancora tracce nella flora.

Agli Appennini appartengono anche i monti della Sicilia settentrionale; la Calabria (insieme coi M. Peloritani in Sicilia), invece, costituisce un lembo della catena alpina. Poiché anche la Corsica settentrionale è geologicamente omogenea alle Alpi, si ipotizza che tra il Cretaceo e l'Eocene la catena alpina abbia continuità di forma e di estensione verso Sud (il Mar Tirreno non si era ancora aperto). La storia particolare della Calabria può contribuire a spiegare alcune notevoli disgiunzioni (*Genista anglica*, specie dell'Europa atlantica che ricompare in Calabria; *Alnus cordata* e *Pinus laricio*, entrambi disgiunti fra Appennino meridionale e Corsica).

La Puglia costituisce un lembo di zolla africana lasciato indisturbato dall'orogenesi appenninica. Nel Miocene e Pliocene era collegata tramite terre emerse con la Dalmazia, attraverso la dorsale attuale Gargano-Tremi-Pelagosa. Questo legame spiega una parte delle affinità floristiche transadriatiche, che però vanno ricondotte per una parte probabilmente preponderante alle variazioni quaternarie del livello marino (vedi oltre).

Nel Messiniano, il già citato disseccamento del Mediterraneo comportò quasi certamente importanti variazioni climatiche in senso continentale e arido, pertanto la sua influenza sulla flora non è limitata alla creazione di "ponti" geografici (che possono spiegare ad esempio vicarianze sardo-sicule-nordafricane: ARRIGONI, 1980): la crisi climatica ha anche spinto, lungo queste nuove vie di comunicazione, specie steppiche o xerofile o alofile (BOCQUET *et al.*, 1978). Così, le specie della vegetazione ad arbusti spinosi delle alte montagne mediterranee presentano notevoli vicarianze fra le varie catene del bacino; le specie delle rupi marittime sono collegate a specie di ambiente desertico montano dell'Asia centrale; le piante alofile dei nostri ambienti a suolo salato sono strettamente affini a specie desertiche del Medio Oriente e dell'Asia (PIGNATTI, 1994). La crisi del Messiniano può forse essere collegata anche con le amplissime disgiunzioni fra il Mediterraneo e l'Africa orientale (o addirittura meridionale) mostrate da alcuni generi (*Helichrysum*, *Silene*) e persino specie (*Erica arborea*) (BOCQUET *et al.*, l.c.); tuttavia il problema costituito dal ricorrente pattern di disgiunzioni e vicarianze ai margini del continente africa-

no, che sembrano essere relitti di un bioma pan-africano scomparso, è probabilmente più complesso (cfr. BRAMWELL, 1985).

Come avviene per la fauna, anche per la flora gli eventi risalenti al Terziario, seppur spesso ancora leggibili nel paesaggio vegetale attuale, mantengono tracce limitate se comparati all'enorme impatto esercitato in epoca molto più recente dalle glaciazioni del Quaternario. Nelle regioni del Mediterraneo i glaciali non si sono manifestati come periodi in cui il territorio era dominato dai ghiacci: infatti, in Europa meridionale si rinvencono tracce geomorfologiche solo di piccoli e isolati ghiacciai (cfr. ad es. JAURAND, 1999). I dati palinologici delle regioni mediterranee, relativi a periodi corrispondenti alle fasi glaciali alpine e nordeuropee, pur essendo caratterizzati dall'assenza di polline di specie arboree, non registrano – a differenza di quanto avviene in Europa centrale – la presenza di specie di tundra, bensì presentano elevate quantità di polline di *Graminaceae*, *Chenopodiaceae* e soprattutto di *Artemisia* (FOLLIERI *et al.*, 1988; TZEDAKIS, 1993; FOLLIERI e MAGRI, 1997; MAGRI e SADORI, 1999; ELENKA *et al.*, 2000). Questi pollini fossili vengono interpretati come indicativi di una vegetazione di tipo steppico; di conseguenza, si ipotizza che alle vere e proprie "glaciazioni" dell'Europa centrale e settentrionale abbiano fatto riscontro nelle regioni mediterranee fasi di clima arido, forse continentale ma non necessariamente molto freddo (SUC, 1984; FOLLIERI e MAGRI, 1994 e 1997; ELENKA *et al.*, l.c.). Ciò significa che una vegetazione prevalentemente erbacea ha dominato il paesaggio vegetale di gran parte dell'Italia mediterranea per gran parte dell'ultimo milione di anni, con l'interruzione di brevi periodi forestali (FOLLIERI e MAGRI, 1997).

Durante queste fasi, la flora arborea sopravviveva in zone "di rifugio" meridionali, la cui localizzazione ed entità non è ancora ben chiarita: gli ultimi studi ipotizzano che potesse trattarsi di una fascia di foreste a media altitudine, ubicata soprattutto nelle tre penisole mediterranee (iberica, italiana e balcanica) e nella regione caucasica (BENNETT *et al.*, 1991; TZEDAKIS, 1993; CARRIÓN GARCÍA *et al.*, 2000; HEWITT, 2000, TARASOV *et al.*, 2000). Da questi rifugi, al termine di ogni glaciale si espandeva una rapidissima ondata di ricolonizzazione delle superfici rese di nuovo adatte alla vegetazione legnosa, fino a raggiungere gli estremi settentrionali dell'Europa.

Le principali conseguenze delle oscillazioni climatiche pleistoceniche sulla fitogeografia del nostro Paese possono essere riassunte come segue.

### **Impoverimento floristico rispetto ad altri continenti**

L'Europa presenta, se confrontata con i settori dell'America settentrionale e dell'Asia orientale analoghi per caratteristiche climatiche, un numero molto basso di specie legnose. I macrofossili e i dati palinologici mostrano chiaramente che questo impoverimento è dovuto agli eventi glaciali. L'assenza di queste massicce estinzioni nelle regioni temperate degli altri continenti è stata spesso imputata al fatto che le specie non vi avrebbero incontrato ostacoli geografici nelle continue migrazioni Nord-Sud, mentre in Europa le catene montuose a orientamento Est-Ovest e il Mediterraneo avrebbero impedito le vie di fuga verso meridione. Tuttavia, secondo BENNETT *et al.* (1991), i dati palinologici mostrano che le oscillazioni climatiche quaternarie provocavano migrazioni "di sola andata": all'inizio di ogni fase calda, le specie migravano dai rifugi dell'Europa meridionale verso Nord, mentre all'esordio delle fasi fredde non si aveva una migrazione a ritroso, ma semplicemente l'estinzione delle popolazioni settentrionali e la sopravvivenza delle sole popolazioni meridionali, rimaste nelle aree di rifugio. Questa ipotesi implica che la sopravvivenza degli alberi europei attraverso il Quaternario è avvenuta solo grazie a quei siti in cui le specie potevano vivere sia durante i glaciali che durante gli interglaciali. Se in questi siti dell'Europa meridionale si verificava l'estinzione della popolazione di una specie durante un interglaciale, allora l'intera specie probabilmente si estingueva durante il glaciale successivo (cfr. anche: TZEDAKIS, 1993; MAGRI, 1998). La povertà della flora legnosa europea rispetto a quella nordamericana si potrebbe quindi spiegare, secondo questo modello, con il fatto che l'Europa meridionale è immediatamente bordata dai deserti nordafricani, pertanto l'area che rimarrebbe permanentemente forestata durante le diverse fluttuazioni climatiche sarebbe molto piccola.

### **Ricchezza floristica rispetto all'Europa centrale**

Le estinzioni pleistoceniche da un lato spiegano perché l'Italia presenti una certa povertà floristica rispetto a regioni di altri continenti con clima e geografia analoghi; dall'altro contribuiscono a motivare l'elevatissima diversità vegetale del nostro Paese quando comparato con l'Europa centrale e settentrionale. Infatti, oltre che alla grande eterogeneità dell'ambiente fisico, la ricchezza della flora italiana è dovuta in gran parte anche al fatto che la nostra Penisola è stata una delle aree di rifugio durante i glaciali.

### **Popolazioni separate dalle glaciazioni**

Durante i glaciali le Alpi erano coperte da un'unica grande calotta di ghiaccio; tuttavia alcune cime, per posizione periferica o per morfologia molto ripida, restavano libere dai ghiacci (cosiddetti *nunatakker*). Molti *taxa* dell'attuale flora alpina presentano una distribuzione che è perfettamente coincidente con quella dei *nunatakker* individuati su base geomorfologica, i quali formano essenzialmente due allineamenti a Nord e a Sud della catena montuosa. Si verificano quindi i seguenti casi: a) specie che tuttora presentano una distribuzione frammentata e corrispondente con i singoli *nunatakker* (es. *Cytisus emeriflorus*); b) serie di specie affini nate da una specie unitaria che durante i glaciali si è frammentata su questi rifugi (ad es. il gruppo di *Papaver alpinum*); c) coppie di specie affini nate dalla disgiunzione Nord-Sud sui due lati delle Alpi (ad es. *Callianthemum anemonoides*/*C. kernerianum*); d) specie che, pur essendo state separate dalle glaciazioni e pur presentandosi tuttora in due popolazioni disgiunte sui due lati della catena alpina, non si sono differenziate (es. *Rhododendron hirsutum*). Si ha quindi la formazione di veri e propri tipi di areale legati alla distribuzione dei *nunatakker* (PIGNATTI, 1994; CONTE e CRISTOFOLINI, 2000).

### **Relitti glaciali**

Specie a corologia ed ecologia boreale/alpina si trovano talora a quote molto basse: così ad es. le zone umide della costa toscana fra la Versilia e la Foce dell'Arno ospitano *Drosera rotundifolia*, *Eriophorum gracile*, *Rynchospora alba* ecc. (GIACOMINI, 1958). Queste specie sono state interpretate come relitti di un clima di tundra, sopravvissuti grazie alle particolari condizioni bioclimatiche (elevata oceanicità e scarsa aridità estiva) della Toscana settentrionale. Invece, i piccoli popolamenti di *Fagus sylvatica* a bassa quota presenti in varie località dell'Italia centrale e meridionale (cfr. ad es.: ANZALONE, 1961a e 1961b; SCOPPOLA e CAPORALI, 1998), talora citati anch'essi come "relitti glaciali", vanno in realtà interpretati esclusivamente in funzione delle particolarità attuali degli ambienti in cui si trovano (forre, versanti vulcanici, ecc.). Il faggio, infatti, non ha effettuato una "discesa" né altitudinale né latitudinale durante le glaciazioni, ma solo una esplosiva espansione (dai rifugi italiani e balcanici) durante l'ultimo interglaciale (anche nell'interglaciale precedente non ha avuto, nell'Europa centrale, il ruolo che ha oggi) (BENNETT *et al.*, 1991; POTT, 1997; MAGRI, 1998).

### ***Elementi steppici***

Da quanto si è detto più sopra sul carattere “steppico” dei glaciali nel Mediterraneo, consegue che nel nostro Paese bisogna considerare come tracce delle glaciazioni, oltre alle specie di tundra, anche e soprattutto i *taxa* ad attuale baricentro corologico nelle steppe asiatiche. Essi si rinvencono in Italia sia nelle praterie primarie di alta montagna, sia nelle praterie secondarie (in particolare in ambiti climatici submediterranei e/o con una certa impronta continentale).

### ***Influenza sulle flore insulari***

Come si è visto più sopra, durante i glaciali il livello del mare era di almeno 100 m più basso dell'attuale. Molte delle attuali isole minori italiane, pertanto, sono state a lungo collegate con la terraferma e fra loro (cfr. ad es. ARRIGONI, 1974).

### ***Affinità transadriatiche***

Un effetto notevole dell'abbassamento del livello marino è stato il prosciugamento dell'Adriatico, almeno fin quasi all'altezza del Gargano. Questo contribuì

scie a chiarire la grande somiglianza floristica e vegetazionale fra l'Appennino e i Balcani. Numerosissimi, infatti, i casi di disgiunzioni transadriatiche (MONTELUCCI, 1972; PIGNATTI, 1982; CONTI, 1998), particolarmente vistose nel caso di specie arboree o arbustive: talora il subareale italiano di queste fanerofite ha carattere relittuale (*Quercus trojana*, *Quercus macrolepis*, *Styrax officinalis*), ma più spesso accade che queste legnose balcaniche rivestano anche da noi un ruolo importante nella vegetazione (*Quercus frainetto*, *Carpinus orientalis*, *Paliurus spina-christi*, *Cercis siliquastrum*; sebbene non si tratti di vere disgiunzioni, non possiamo dimenticare che a baricentro balcanico sono anche due fra le specie che più dominano la fisionomia vegetazionale dell'Appennino: *Quercus cerris* e *Ostrya carpinifolia*). Tuttavia, allo stato attuale delle conoscenze non è facile riconoscere quali e quanti fra i casi di disgiunzione o vicarianza transadriatica siano dovuti alle variazioni di livello marino pleistoceniche e non invece a collegamenti più antichi, a loro volta riconducibili sia alla tettonica del Neogene sia al prosciugamento del Messiniano.

## MODELLI DI DISTRIBUZIONE DELLA FAUNA E DELLA FLORA

### Modelli di distribuzione della fauna

Confrontando la ricchezza di specie per unità di superficie delle diverse regioni italiane, si può osservare, nell'ambito del nostro paese, un gradiente latitudinale opposto a quello messo in luce a livello europeo, consistente in un impoverimento faunistico da Nord verso Sud. Questo gradiente, riscontrato per gruppi animali molto diversi, quali gli uccelli e vari gruppi di insetti, soprattutto coleotteri (MASSA, 1982; AUDISIO *et al.*, 1995; FOCHETTI *et al.*, 1998), può essere inquadrato nel cosiddetto "effetto penisola", cioè nel fatto che gli scambi con altre regioni sono limitati all'area di continuità con il resto della massa continentale.

Per studiare le relazioni di affinità faunistica tra diversi distretti del nostro paese, vari autori hanno proceduto a individuare delle regioni naturali (sostanzialmente corrispondenti alle regioni amministrative) e a studiarne le affinità in base al popolamento animale. Utilizzando diversi gruppi di coleotteri (carabidi e crisomelidi), BARONI URBANI *et al.* (1978) hanno evidenziato la presenza di tre gruppi di regioni nettamente distinti: (1) insulare (isole maggiori); (2) padano-alpino (regioni dell'arco alpino); (3) appenninico (tutte le altre regioni). Questi gruppi sono stati ribaditi in seguito su crisomelidi alticini (BIONDI, 1988), meloidi (BOLOGNA, 1991) e nuovamente su carabidi (VIGNA TAGLIANTI, 1999). Tali affinità sembrano ascrivibili più a fattori ecologici (climatici) che storici (paleogeografici e paleoecologici) e possono essere coerentemente interpretate con la diversa presenza degli elementi settentrionali (prevalenti nel distretto alpino) e meridionali (prevalenti nei distretti appenninico e insulare) a cui si accompagnano elementi peculiari. Questo *pattern* sembra quindi coerentemente interpretabile con la presenza di gradienti latitudinali, rappresentati dal contrapposto andamento delle specie ad areale più settentrionale e di quelle ad areale più meridionale. Risultati sostanzialmente simili sono stati anche ottenuti, partendo da un sistema di regioni basato sui singoli bacini fluviali, per plecoteri e coleotteri acquatici (AUDISIO *et al.*, 1995; FOCHETTI *et al.*, 1998). Utilizzando i dermatteri, VIGNA TAGLIANTI (1993) ha invece ottenuto un quadro meno definito, dove però le regioni tirreniche formano un gruppo molto omogeneo, in cui risultano incluse anche Sicilia e Sardegna. In questo caso, dunque, sembra che il popolamento rifletta una discontinuità opposta,

longitudinale, che probabilmente riflette la compresenza, nel nostro paese, di elementi occidentali (tirrenici) ed elementi orientali (adriatico-balcanici).

Approcci di sintesi di questo tipo, se permettono di cogliere la struttura generale del popolamento animale del nostro paese, vanno tuttavia affiancati ad analisi di maggior dettaglio, basate sullo studio di modelli di distribuzione ricorrenti (detti corotipi), che possano caratterizzare le peculiarità dei singoli gruppi di regioni. In particolare, appare evidente che il "gruppo appenninico" rappresenta un sistema di regioni molto complesso ed eterogeneo, in cui si possono senz'altro riconoscere componenti faunistiche con una storia molto diversa.

In generale, le specie italiane possono essere ascritte a corotipi relativi all'Asia paleartica (figura 2.3), all'Europa (figura 2.4) o all'area mediterranea (figura 2.5), mentre poche specie mostrano distribuzioni estese alle regioni paleotropicali o sono da considerare elementi cosmopoliti o subcosmopoliti. Per quanto riguarda gli elementi endemici o subendemici, questi vanno attribuiti a corotipi generali basandosi sulle loro affinità filogenetiche (VIGNA TAGLIANTI *et al.*, 1993): molti elementi alpini, alpino-appenninici e appenninici sono da riferire ai corotipi centroeuropeo o S-europeo, ma altri elementi appenninici (talora con diffusione transadriatica o transionica) (figura 2.6) vanno riferiti a corotipi mediterranei, così come gli elementi tirrenici, sicali (talora con diffusione siculo-maghrebina), sardi e sardo-corsi (figura 2.7).

Sul piano strettamente geografico, va osservato che la posizione dell'Italia al centro del bacino mediterraneo dà al nostro paese un carattere di "transizione", ove vengono a sovrapporsi faune tanto a gravitazione W-Mediterranea che E-mediterranea, nonché N-Africana. Per i più diversi gruppi animali, si possono infatti evidenziare, accanto ad una scontata componente Mediterranea in senso lato, elevate percentuali di corotipi W-Mediterranei ed E-Mediterranei. Questi ultimi comprendono gli elementi cosiddetti transadriatici e transionici, la cui importanza biogeografica, già enfatizzata dallo stesso GRIDELLI (1950), continua ad attrarre l'attenzione dei biogeografi, testimoniando i contatti ripetuti, e paleogeograficamente molto diversi, che l'Italia Sud-orientale ha avuto con la penisola balcanica (GIACHINO e VAILATI, 1993, CASALE *et al.*, 1996; LA GRECA, 1999; CIANFICCONI e TUCCIARELLI, 1999). Ad esempio, come già detto per la flora, distribuzioni di questo tipo possono essersi originate sia come conseguenza del prosciugamento messiniano del mediterraneo, sia per l'emersione di terre tra le coste italiane e balcaniche (ponte gargano-balcanico) nel Pleistocene.

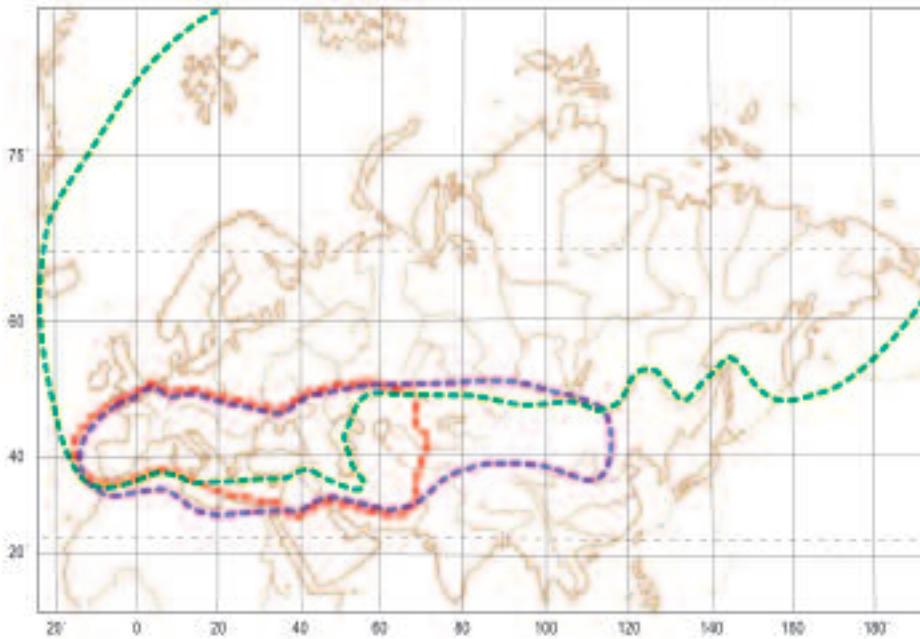


Fig. 2.3 - Alcuni corotipi di specie animali ad ampia distribuzione paleartica (Sibirico-Europeo, Centroasiatico-Europeo-Mediterraneo, Turanico-Europeo).

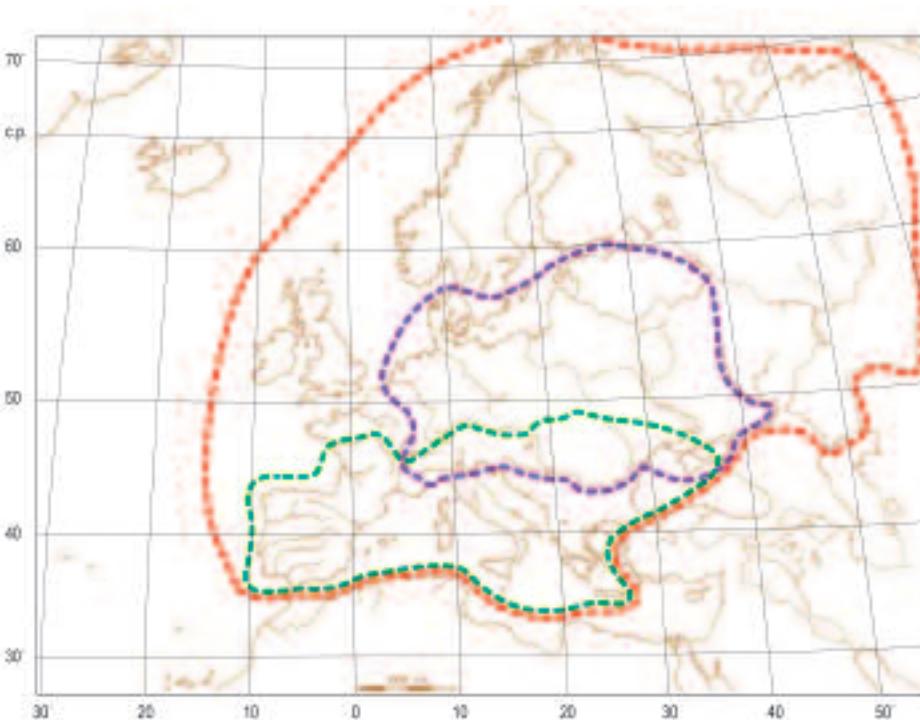


Fig. 2.4 - Alcuni corotipi di specie animali ad ampia distribuzione europea (Europeo, Centroeuropeo, S-Europeo).

Gli elementi N-Africani, pur complessivamente meno rappresentati, costituiscono un contingente faunistico non trascurabile in Sardegna e, soprattutto, in Sicilia, due regioni che mostrano interessanti affinità con l’Africa settentrionale, derivanti sia da fenomeni di vicarianza che hanno coinvolto antiche microplacche, sia da successivi eventi di dispersione (GIUSTI e MANGANELLI, 1984; STEI-

NINGER *et al.*, 1985; LA GRECA, 1990; ESTABROOK, 2001).

Nella fauna marina (BIANCHI *et al.*, 2002) si possono invece individuare solo tre tipi fondamentali di componenti faunistiche: le specie endemiche del Mediterraneo (tra cui i paleoendemiti relitti della Tetide), le specie atlantico-mediterranee e le specie ad ampia distribuzione (panoceaniche). A queste vanno aggiunte le componenti

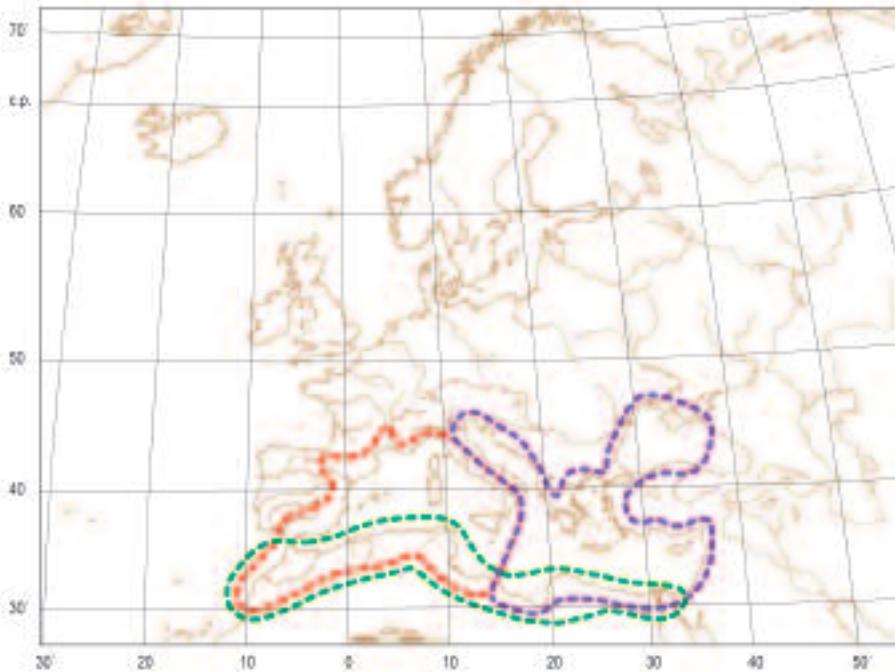


Fig. 2.5 - Alcuni corotipi di specie animali ad ampia distribuzione mediterranea (W-Mediterraneo, E-Mediterraneo, N-Africano).

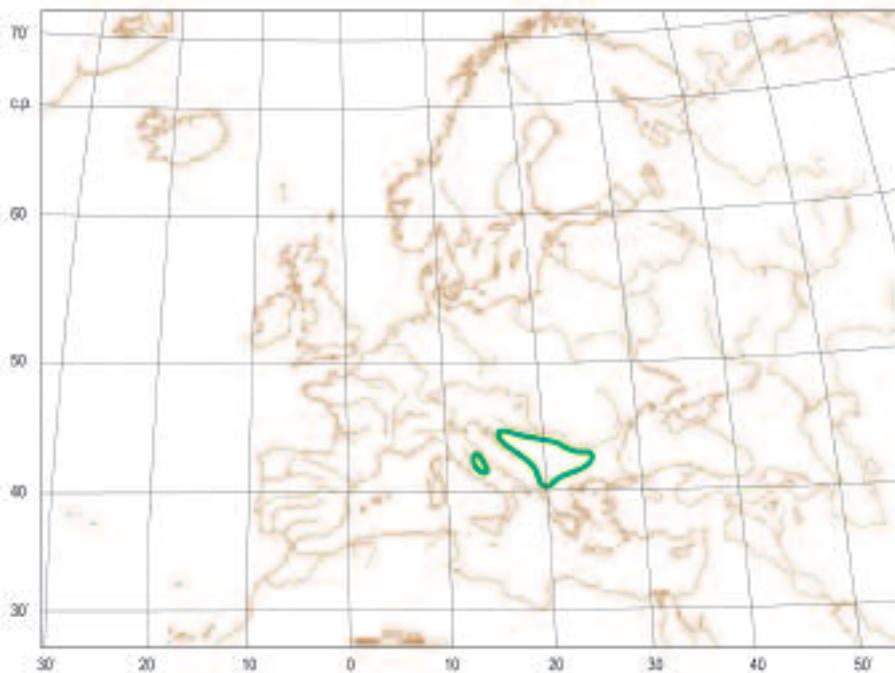


Fig. 2.6 - Un esempio di distribuzione disgiunta appenninico-dinarica: *Carabus cavernosus*, un coleottero carabide steppico, con diffusione transadriatica.

atlantiche subtropicali e boreali (penetrate nel Mediterraneo durante le fasi interglaciali e glaciali), i più recenti migranti dell'Atlantico orientale, tramite lo stretto di Gibilterra e le specie provenienti dal Mar Rosso dopo l'apertura del Canale di Suez (specie "lessepsiane", dal nome del diplomatico che ottenne la realizzazione del canale stesso, inaugurato nel 1869).

### Modelli di distribuzione della flora italiana

Per quel che riguarda la distribuzione della diversità floristica all'interno del Paese, rinviamo ai dati e alle considerazioni riportati da ABBATE *et al.* in questo stesso volume. Ci si può qui limitare a osservare che la distribuzione della ricchezza floristica in Italia non presenta l'effetto peni-



Fig 2.7 - La distribuzione delle specie del genere *Percus* (coleotteri carabidi): elementi W-mediterranei, prequaternari, la cui diffusione e speciazione sono correlate con fattori storici (crisi messiniana ed eventi plio-pleistocenici): 1. *villai*, 2. *corsicus*, 3. *reichei*, 4. *grandicollis*, 5. *strictus*, 6. *cylindricus*, 7. *lineatus*, 8. *lacertosus*, 9. *bilineatus*, 10. *dejeani*, 11. *paykulli*, 12. *passerinii*, 13. *andreinii* (non sono riportate le due specie delle Baleari).

sola citato per la fauna. Infatti, la massima diversità si osserva in aree quali l'Appennino centrale (3.000 entità in Abruzzo, 2.000 nel piccolo Molise e 1.900 in un elenco provvisorio del solo Parco Nazionale d'Abruzzo) (CONTI, 1995 e 1998; LUCCHESI, 1995) e nei settori costieri della Penisola (il promontorio di Monte Argentario, nella Toscana Meridionale, contiene 1.160 entità in una superficie di soli 6.000 ettari; 1.900 *taxa* sono stati rinvenuti sui Monti Aurunci, nel Lazio tirrenico; un elenco preliminare del comprensorio del Cilento, nella Campania meridionale, cita quasi 2.000 specie) (MORALDO *et al.*, 1990; BALDINI, 1995; MOGGI, 2001). Questa differenza di *pattern* fra ricchezza faunistica e ricchezza floristica può essere imputata a varie ragioni. Anzitutto, bisogna ricordare che la Penisola Italiana è stato uno dei rifugi a partire dal quale le specie vegetali hanno ricolonizzato l'Europa dopo l'ultima glaciazione; pertanto è logico che si abbia un gradiente di di-

versità che decresce dalla penisola verso il continente, contrariamente a quanto avviene in penisole colonizzate per dispersione a partire dalla massa continentale. Inoltre, l'Italia centrale e l'Italia meridionale presentano una elevata eterogeneità climatica, fattore che ha maggiore influenza sulla diversità vegetale che non sugli animali. Infine, gli ecosistemi mediterranei costituiscono, a livello mondiale, un *hot-spot* di ricchezza floristica, mentre non costituiscono un'area ad altrettanto elevata diversità faunistica (cfr. ad es. WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, 1992).

Per quel che concerne la distribuzione dei corotipi sul territorio italiano, secondo una elaborazione di PIGNATTI (1994) sulla base delle regioni amministrative, si può osservare che:

- le Eurimediterranee sono frequenti in tutte le regioni senza un chiaro gradiente;
- le Stenomediterranee hanno invece la massima frequenza in Sicilia, Sardegna, Puglia e Calabria; decrescono com'è logico verso Nord, raggiungendo il minimo in Trentino e Friuli;
- le Orofile Sud-Europee hanno i valori massimi nelle regioni alpine;
- le Eurasiatiche decrescono (anche se irregolarmente) da Nord verso Sud e presentano i minimi in Sicilia e Sardegna;
- le Atlantiche hanno valori assoluti molto bassi ovunque, ma è interessante il fatto che mostrano comunque una chiara concentrazione nelle regioni occidentali: nell'ordine, Sardegna, Toscana, Piemonte, Liguria, Lazio, Sicilia.

Nel complesso, anche per la flora vale quanto osservato per la fauna e cioè che la peculiare posizione geografica dell'Italia fa sì che nel nostro Paese si sovrappongano flore a diversa gravitazione e origine (cfr. MONTELUCCI, 1972 e 1977). Infatti, se la parte tirrenica settentrionale della Penisola presenta un forte contributo dell'elemento W-Mediterraneo e persino specie a corotipo Atlantico, i settori adriatici ma anche le stesse coste tirreniche centrali sono caratterizzati da una forte impronta E-Mediterranea e Illirica. D'altra parte, gli elementi Eurasiatico, Circumboreale e Orofile-S-Europeo discendono lungo tutta la catena appenninica fino a raggiungere la Sicilia, mescolandosi alla componente Mediterraneo-Montana. Non manca nel Sud e nelle Isole il contributo dell'elemento Stenomediterraneo-Meridionale (corrispondente all'elemento N-Africano degli zoologi) che, insieme ad elementi quali il Saharo-Sindico e il Mediterraneo-Turanico, mantiene un legame (in gran parte di origine messiniana?) con la fascia arida nordafricana-mediorientale.

## Zoogeografia regionale

La valutazione percentuale del numero di specie rispondenti ai vari corotipi nelle diverse regioni consente di riconoscere nel nostro paese sei province zoogeografiche che si distinguono per una peculiare composizione faunistica, dovuta a fattori paleogeografici, paleoecologici ed ecologici: alpina, padana, appenninica, pugliese, sicula, sarda (RUFFO e VIGNA TAGLIANTI, 2002).

### *Provincia alpina*

La fauna che nel Terziario popolava la nascente catena alpina è oggi rappresentata prevalentemente da artropodi del suolo o cavernicoli, con distribuzioni ristrette ai settori marginali delle Alpi che vennero risparmiati dalle glaciazioni quaternarie (“massicci di rifugio”), come le Alpi Liguri o le Prealpi Giulie, Venete e Lombarde. Ciò che caratterizza la fauna delle Alpi è l’altissima percentuale di specie aventi distribuzioni rispondenti a corotipi settentrionali (europei, asiatico-europei e sibirico-europei), conseguenza delle fasi climatiche fredde del Quaternario, durante le quali si sono verificati estesi spostamenti faunistici dall’Asia settentrionale verso l’Europa meridionale. La ricchezza della fauna è anche dovuta all’estensione altitudinale delle Alpi che ha consentito l’insediamento di specie aventi esigenze ecologiche differenti, da quelle forestali dei boschi di conifere e di latifoglie a quelle delle praterie di alta quota o della tundra alpina. Un’altra conseguenza del glacialismo quaternario è la presenza di numerose specie (circa 200) con distribuzione discontinua “boreoalpina” (Europa settentrionale e Alpi) (figura 2.8). Bassissima è invece la percentuale di corotipi mediterranei, che non superano il 2% della fauna, salvo che in particolari territori prealpini noti col nome di “oasi xerotermitiche”, caratterizzati da clima più caldo e secco, come i Colli Euganei, i Colli Berici, i versanti meridionali delle Prealpi Veronesi o a occidente la Val di Susa.

### *Provincia padana*

La pianura padano-veneta, formatasi in epoca relativamente recente, postpliocenica, per gli apporti alluvionali dei grandi fiumi alpini e di quelli appenninici, costituisce un territorio di transizione tra il mondo alpino e quello appenninico. I biotopi maggiormente interessanti sono i quercu-carpineti residui delle antiche selve padane, le brughiere, i boschi ripariali dei grandi fiumi e ciò che rimane delle vaste aree paludose, oggi estremamente ridotte. La fauna di questi ambienti va riferita perlopiù al corotipo centroeuropeo, soprattutto a Nord del Po, op-

pure mostra affinità orientali. Particolarmente significativa è la fauna delle acque dolci, sia superficiali che sotterranee, per la presenza di specie, anche endemiche, di origine orientale, penetrate molto addentro nella pianura padana, fino al Piemonte.

### *Provincia appenninica*

Corrisponde al territorio peninsulare che ha come asse la catena appenninica. L’Appennino era variamente frammentato durante il Miocene e il Pliocene in una serie di isole, che hanno avuto la possibilità di essere colonizzate da elementi delle antiche faune egeiche e tirreniche. Sullo stock faunistico paleomediterraneo relitto, percentualmente più ricco e diversificato che nelle Alpi, si è sovrapposta, durante le crisi climatiche del Quaternario, una fauna di origine settentrionale, costituita da elementi alpini, europei, asiatico-europei e sibirico-europei che hanno raggiunto l’estremo Sud della penisola e la Sicilia. In seguito al miglioramento climatico verificatosi durante l’ultima glaciazione würmiana, le specie di origine settentrionale hanno subito una vistosa diminuzione numerica e un progressivo accantonamento, da Nord a Sud, a



Fig. 2.8 - Un esempio di distribuzione disgiunta, “boreoalpina”, di una specie animale da riferire a un corotipo olartico: la pernice bianca, *Lagopus mutus*.

quote sempre più elevate. Contemporaneamente, gli elementi termofili mediterranei hanno subito una considerevole espansione in senso inverso.

### **Provincia pugliese**

Comprende i territori del Gargano, delle Murge e delle Serre salentine, la cui storia geologica è legata all'antica Egeide, di cui rappresenta forse l'estremo occidentale. La provincia pugliese è caratterizzata anche dalla modesta elevazione dei rilievi che non superano mai i 1.000 metri e sono costituiti da tavolati calcarei aridi, fortemente carsificati. Le peculiarità faunistiche della provincia pugliese sono relative soprattutto agli invertebrati, tra i quali sono molto numerose le specie con distribuzioni transadriatiche e transioniche (oltre 100 solo tra i coleotteri). Un'importante caratteristica biogeografica è la presenza, nell'ambiente acquatico sotterraneo delle aree carsiche murgiane e salentine, di specie endemiche d'origine marina, aventi affinità con specie indopacifiche e/o caraibiche, relitti dell'antica fauna del Mediterraneo quando esso era ancora parte della Tetide.

### **Provincia sicula**

La Sicilia rappresenta il prolungamento insulare della provincia appenninica. Le catene costiere dai Peloritani alle Madonie, nelle fasi di collegamento con il continente durante il Quaternario, sono state colonizzate da specie di origine settentrionale, che rappresentano circa il 30% della fauna sicula, concentrate soprattutto nei boschi di querce e faggi del versante tirrenico. A questa componente temperato-fredda si oppone una forte rappresentanza di specie xero-termofile, in particolare sui versanti meridionali interni, che accentuano il carattere mediterraneo arido dei monti della Sicilia. La fauna siciliana annovera inoltre un numero rilevante di specie paleomediterranee e paleotirreniche derivanti dalle faune terziarie delle aree tirreniche.

### **Provincia sarda**

La fauna della Sardegna presenta marcati caratteri di "insularità": biodiversità a livello specifico meno elevata (le specie viventi in Sardegna sono circa 10.500 contro le 14.000 della Sicilia) e assenza di molte specie tra le più frequenti e diffuse in Italia. La componente mediterranea della fauna sarda è la più elevata fra tutte le province zoogeografiche italiane, mentre le specie corrispondenti a corrotipi settentrionali sono in numero molto limitato. Si osserva invece la presenza di un alto numero di specie paleomediterranee e soprattutto paleotirreniche, ad affini-

tà occidentali, che ne rappresentano il contingente faunistico più antico (derivato dalla fauna premiocenica della microzolla sardo-corsa), con una percentuale elevata di endemiti (il 6,5% della fauna sarda contro il 4,2% di quella sicula). Tra questi, sono particolarmente significativi alcuni elementi della fauna troglobia. L'insularità della Sardegna fu interrotta durante il Miocene, quando la Sardegna ebbe collegamenti diretti o indiretti con la regione appenninica, con la Sicilia e con il nordafrica, confermati dalla presenza di elementi sardo-toscani, sardo-siculi o sardo-siculo-maghrebin.

### **Fitogeografia regionale**

In merito alla suddivisione dell'Italia in province fitogeografiche su base floristica, mancano purtroppo studi recenti e dettagliati. GIACOMINI (1958) suddivide il nostro Paese fra la Regione Medioeuropea e la Regione Mediterranea (figura 2.9). La prima comprende le Alpi, la Pianura Padana e l'Appennino fino all'Abruzzo e si suddivide in una provincia Alpina e una Provincia Appenni-



Fig. 2.9 – Suddivisioni fitogeografiche dell'Italia, secondo GIACOMINI (1958), ridisegnato. Legenda: 1.1 Prov. Alpina (1.1.1 Distr. Alpino, 1.1.2 Distr. Monferrino-Langhiano, 1.1.3 Distr. Insubrico, 1.1.4 Distr. Padano); 1.2 Dominio Illirico; 1.3 Prov. Appenninica; 2.1 Prov. Adriatica (2.1.1 Distr. Adriatico W, 2.1.2 Distr. Adriatico E, 2.1.3 Distr. garganico); 2.2 Prov. Ligure-Tirrenica (2.2.1 Distr. Tirrenico, 2.2.2 Distr. Cirimo-Corso, 2.2.3 Distr. Siculo).

nica; lungo la costa adriatica raggiunge il mare solo fino a Ravenna. La Regione Mediterranea comprende le Isole, tutta l'Italia meridionale e i settori costieri della parte settentrionale della Penisola, escluse le coste da Ravenna a Trieste che competono alla Regione Medioeuropea. Secondo questo schema, la Regione Mediterranea si suddivide in Italia fra una Provincia Ligure-Tirrenica, che al di fuori del nostro Paese comprende anche la Provenza e la Corsica, e una Provincia Adriatica, che comprende anche le coste dell'ex-Yugoslavia (per una fascia piuttosto sottile, mentre il retroterra è ascrivito alla Provincia Illirica della regione Medioeuropea). Questo modello è stato ripreso anche da TAKHTAJAN (1986), nella sua suddivisione floristica dell'intero pianeta.

Da questa impostazione si discosta la proposta di ARRIGONI (1980) (figura 2.10), sia in merito all'estensione relativa delle due Regioni, sia per la diversa articolazione interna. Questo Autore riconosce in Italia un Dominio Medioeuropeo della Regione Eurosibirica, suddiviso in un Settore Alpino (Alpi), un Settore Pannonico-Padano (che accomuna la Pianura Padana e le coste adriatiche settentrionali della Penisola all'area pannonica) e un Setto-

re Appenninico (che discende fino all'Aspromonte). Pertanto, secondo questo modello la Regione Eurosibirica discende lungo la costa Adriatica fino al Gargano escluso e nell'interno raggiunge l'Aspromonte. La Regione Mediterranea viene suddivisa in Italia fra un Dominio Italico-Provenzale (coste tirreniche della Penisola e Provenza), un Dominio Sardo-Corso (Sardegna e Corsica) e un Dominio Apulo-Siculo: quest'ultimo accomuna la Sicilia, le coste calabresi e la Puglia, ma non la costa balcanica che è inquadrata in un autonomo Dominio Illirico.

Più simile allo schema di GIACOMINI è l'impostazione di RIVAS-MARTINEZ *et al.* (2001) che, in una carta fitogeografica dell'Europa in scala 1:16.000.000, suddividono l'Italia come segue (figura 2.11). La Regione Eurosibiriana discende lungo l'Appennino fino alla Campania compresa. Sul versante adriatico raggiunge la costa fino all'altezza di Ancona, su quello tirrenico si ritira all'interno già all'altezza delle Apuane. Si suddivide, in Italia, in una Provincia Alpina limitata alle Alpi e in una Provincia Appennino-Balcanica, che accomuna la pianura Padana (Settore Padano), l'Appennino (Settore Appenninico), i Balcani (settore Illirico) nonché la Grecia interna e

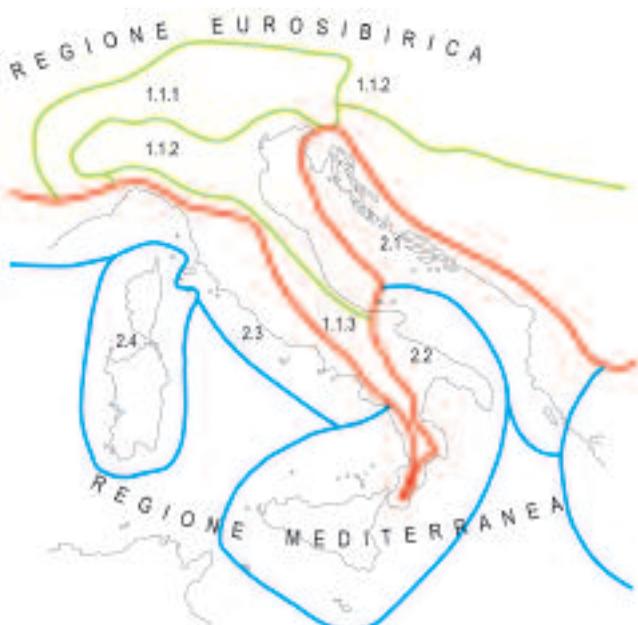


Fig. 2.10 – Suddivisioni fitogeografiche dell'Italia, secondo ARRIGONI (1980), ridisegnato. Legenda: 1.1 Dominio Medioeuropeo (1.1.1 Settore Alpino, 1.1.2 Settore Pannonico-Padano, 1.1.3 Settore Appenninico); 2.1 Dominio Illirico; 2.2 Dominio Apulo-Siculo; 2.3 Dominio Italico-Provenzale; 2.4 Dominio Sardo-Corso.



Fig. 2.11 – Suddivisioni fitogeografiche dell'Italia, secondo RIVAS-MARTINEZ *et al.* (2001), ridisegnato. Legenda: 1.1 Prov. Alpina; 1.2 Prov. Appennino-Balcanica (1.2.1 Sett. Padano, 1.2.2 Sett. Appenninico, 1.2.3 Sett. Illirico); 2.1 Prov. Adriatica (2.1.1 Sett. Apulo, 2.1.2 Sett. Epiro-Dalmatico); 2.2 Prov. tirrenica (2.2.1 Sett. Italico, 2.2.2 Sett. Siculo, 2.2.3 Sett. Sardo, 2.2.4 Sett. Corso).

la Bulgaria. La Regione Mediterranea nel nostro Paese prevede una Provincia Adriatica, che accomuna la Puglia (Settore Apulo) alla fascia costiera della ex-Yugoslavia e dell'Albania (Settore Epiro-Dalmatico) e alla Grecia (Settore Peloponnesiaco); una Provincia Tirrenica, che a differenza degli altri due modelli non si estende alla Provenza, ma comprende soltanto le coste occidentali della penisola (Settore Italico), la Sicilia (Settore Siculo), la Sardegna e la Corsica (Settore Sardo e Settore Corso).

### Gli endemiti

L'Italia è caratterizzata da un numero elevato di specie animali endemiche che rappresentano circa il 10% del totale della fauna. Allo stesso ordine di grandezza corrisponde la percentuale di endemismo tra le piante vascolari: circa il 13% se si comprendono anche le subendemiche, cioè specie con areale sconfinante su piccole zone oltre i confini politici italiani, circa il 10% limitandosi alle endemiche in senso stretto (PIGNATTI, 1982 e 1994; vedi § *Piante vascolari*).

La percentuale di endemiti della fauna italiana (specie esclusive dell'Italia "politica"), soprattutto fra gli animali terrestri e d'acqua dolce, è molto varia a seconda dei gruppi e può superare il 25% in parecchi ordini di insetti e in alcune grosse famiglie (ad es. plecoteri, ortotteri, coleotteri carabidi e stafilinidi) e giungere quasi al 60% negli pseudoscorpioni e nei diplopodi. Nella fauna marina le specie endemiche italiane sono in numero decisamente più basso (meno del 1,5%), data la maggiore continuità ambientale dei nostri mari nell'ambito del Mediterraneo, che ha viceversa un tasso di endemismo di oltre il 25%.

In generale, per quanto riguarda la fauna terrestre, si tratta per lo più di specie di alta quota, o cavernicole, o insulari. Di nuovo, sono proprio la complessa articolazione territoriale dell'Italia e le vicissitudini paleogeografiche e paleoclimatiche sopra ricordate a rendere conto di tali valori. Il sollevamento della catena alpina e di quella appenninica in massicci distinti, il successivo isolamento di queste aree montuose durante le glaciazioni pleistoceniche, nonché le variazioni nella distribuzione altimetrica dei piani vegetazionali causati dai cambiamenti climatici, sono stati fattori sicuramente importanti nei processi di speciazione, che hanno dato origine a popolazioni isolate (e quindi endemiche) nei diversi distretti montuosi (BRANDMAYR e ZETTO BRANDMAYR, 1994; ZUNINO e ZULLINI, 1995; LA GRECA, 1996; BULLINI *et al.*, 1998; BLONDEL e ARONSON, 1999). L'ampia estensione del fenomeno carsico, soprattutto nell'Italia Nord-orientale,

con una presenza massiccia di grotte, ha poi arricchito la nostra fauna di un elevato contingente di specie endemiche cavernicole. Infine, la presenza di due grandi isole (la Sicilia e la Sardegna) e di un numero enorme di piccole isole, anche se per lo più di origine recente (spesso vulcanica), ha portato a un notevole numero di endemiti insulari e microinsulari. Nel caso della Sardegna e della Corsica, è possibile riconoscere endemiti di origine molto antica, interpretabili come relitti della deriva della placca sardo-corsa (CACCONE *et al.*, 1994; PALMER e CAMBEFORT, 1997; PALMER, 1998). I numerosi endemiti delle piccole isole sono invece il risultato di fenomeni di speciazione probabilmente molto recenti e veloci, conseguenti alla formazione di piccolissime popolazioni insulari isolate andate incontro a deriva genica per effetto del fondatore.

### Bibliografia

- ALEFFI M., SCHUMACKER R., 1995 – *Check-list and red-list of the liverworts (Marchantiophyta) and hornworts (Anthocerotophyta) of Italy*. Fl. Medit., 5: 73-161.
- ANZALONE B., 1961a – *Sul limite altimetrico inferiore del faggio nella regione laziale*. Ann. Bot. (Roma), 27 (1): 80-106.
- ANZALONE B., 1961b – *Osservazioni fitosociologiche su alcune faggete depresse del Lazio*. Ann. Bot. (Roma), 27 (1): 120-133.
- ANZALONE B., 1996 – *Prodromo della Flora Romana (elenco preliminare delle piante vascolari spontanee del Lazio) (Aggiornamento). Parte 2*. Ann. Bot. (Roma), 54: 7-47.
- ARRIGONI P.V., 1974 – *Rapporti floristici tra l'Arcipelago Toscano e le terre vicine*. Lav. Soc. Ital. Biogeog., n.s., 5: 55-65.
- ARRIGONI P.V., 1980 – *Aspetti corologici della flora sarda*. Lav. Soc. Ital. Biogeog., n.s., 8: 83-109.
- ASHTON K.G., 2001 – *Are ecological and evolutionary rules being dismissed prematurely?* Diversity and Distribution, 7: 289-295.
- AUDISIO P., DE BIASE A., BELFIORE C., FOCHETTI R., 1995 – *A multithreshold approach to the zoogeography of the Italian river basins, based upon distributional data of freshwater invertebrates. I. The genus Hydraena Kugelann s.l. (Coleoptera, Hydraenidae)*. Bollettino di Zoologia, 62: 401-411.
- AZZAROLI A., 1990 – *Palaeogeography of terrestrial vertebrates in the peritethyrrhenian area*. Pal. Pal. Pal., 77: 83-90.
- BALDINI R.M., 1995 – *Flora vascolare del Monte Argentario (Arcipelago Toscano)*. Webbia, 50 (1): 67-191.
- BARONI URBANI C., RUFFO S., VIGNA TAGLIANTI A., 1978 – *Materiali per una biogeografia italiana fondata su alcuni generi di Coleotteri Cicindelidi, Carabidi e Crisomelidi*. Memorie della Società entomologica italiana. 56 (1977): 35-92.
- BENNETT K.D., TZEDAKIS P.C., WILLIS K.J., 1991 – *Quaternary refugia of north European trees*. Journ. Biogeogr., 18: 103-115.
- BIANCHI C.N., BOERO F., FRASCHETTI S., MORRI C., 2002 – *La fauna del Mediterraneo*. In: MINELLI A., CHEMINI C., ARGANO R., RUFFO S. (a cura di), *La fauna in Italia*. Touring Editore, Milano

- e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, pp. 248-335.
- BIONDI M., 1988 – *Considerazioni biogeografiche sui Crisomelidi Alticini della fauna italiana (Coleoptera)*. Atti del XV Congresso nazionale italiano di Entomologia, L'Aquila, 1988: 689-696.
- BLONDEL J., ARONSON J., 1999 – *Biology and wildlife in the Mediterranean region*. Oxford University Press, Oxford, 328 pp.
- BOCCALETTI M., MORATTI G. (eds.), 1990 – *Neogene Palaeogeography of the Perithyrrhenian Area*. Pal.Pal. Pal., 77:1-90.
- BOCQUET G., WIDLER B., KIEFER H., 1978 – *The Messinian Model: A new outlook for the floristic and systematics of the Mediterranean area*. Candollea, 33: 269-287.
- BOLOGNA M., 1991 – *Coleoptera Meloidae*. Fauna d'Italia, 28. Edizioni Calderini, Bologna, XIV + 541 pp.
- BRAMWELL D., 1985 – *Contribución a la biogeografía de las Islas Canarias*. Bot. Macaron., 14: 3-34.
- BRANDMAYR P., ZETTO BRANDMAYR T., 1994 – *The evolutionary history of the genus Abax (Coleoptera, Carabidae)*. In: DESENDER K., DUFRENE M., LOREAU M., LUFF M.L., MAELFAIT J.P. (eds.), *Carabid Beetles: Ecology and Evolution*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, pp. 19-24.
- BULLINI L., PIGNATTI S., VIRZO DE SANTO A., 1998 – *Ecologia generale*. UTET, Torino, XVI + 519 pp.
- CACCONE A., MILINKOVITCH M.C., SBORDONI V., POWELL J.R., 1994 – *Molecular biogeography: using the Corsica-Sardinia microplate disjunction to calibrate mitochondrial rDNA evolutionary rates in mountain newts (Euproctus)*. Journal of Evolutionary Biology, 7: 227-245.
- CAPANNA E., 1993 – *Emergenze sistematiche e biogeografiche sui micro-mammiferi della regione circummediterranea*. Faune attuali e faune fossili, XIX Seminario sulla Evoluzione biologica ed i grandi Problemi della Biologia. Accademia nazionale dei Lincei, Contributi del Centro Linco Interdisciplinare "Beniamino Segre", 86: 53-78.
- CARPANETO G.M., 1975 – *Note sulla distribuzione geografica ed ecologica dei Coleotteri Scarabeoidi Laparosticti nell'Italia appenninica (I Contributo)*. Bollettino dell'Associazione romana di Entomologia, 29 (1974): 32-54.
- CARRIÓN GARCÍA J.S., MUNUERA GINER M., NAVARRO CAMACHO C., SAÉZ SOTO F., 2000 – *Paleoclimas e historia de la vegetación cuaternaria en España a través del análisis polínico. Viejas falacias y nuevos paradigmas*. Complutum, 11: 115-142.
- CASALE A., GIACHINO P.M., VAILATI D., VIGNA TAGLIANTI A., 1996 – *Il genere Duvalius in Grecia: stato attuale delle conoscenze, interesse biogeografico e descrizione di una nuova specie (Coleoptera, Carabidae, Trechinae)*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 20 (1993): 303-335.
- CIANFICCONI F., TUCCIARELLI F., 1999 – *Considerazioni zoogeografiche sulla Tricotterofauna dell'Anatolia*. Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 20: 213-221.
- CONTE L., CRISTOFOLINI G., 2000 – *Intraspecific diversity of Cytisus emeriflorus Rchb. (Leguminosae), an endemic plant with disjunct distribution: evidence from isozyme data*. Plant Biosyst., 134 (3): 373-384.
- CONTI F., 1995 – *Prodromo della flora del Parco Nazionale d'Abruzzo*. Liste preliminari degli organismi viventi del Parco Nazionale d'Abruzzo: 7. Ente Autonomo PNA, Roma, 127 pp.
- CONTI F., 1998 – *An annotated checklist of the flora of the Abruzzo*. Biogeographia, 10: 1-274.
- CORTINI PEDROTTI C., 1992 – *Check-list of the Mosses of Italy*. Fl. Medit., 2: 119-221.
- COSENTINO D., PAROTTO M., PRATURLON A., 1993 – *Lazio*. Guide Geologiche Regionali, 5. Società Geologica Italiana, Roma.
- CRISTOFOLINI G., 1998 – *Qualche nota sulla diversità floristica, sulla biodiversità in generale, e sui modi per misurarla*. Inf. Bot. Ital., 30 (1-3): 7-10.
- DAVIS M., 1983 – *Quaternary history of deciduous forests of Eastern North America and Europe*. Ann. Missouri Bot. Gard., 70: 550-563.
- DAVIS P.H. (ed.), 1965-1985 – *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh University Press, Edinburgh. 9 voll.
- DE GIULI C., MASINI F., VALLERI G., 1987 – *Palaeogeographic evolution of the Adriatic area since Oligocene to Pleistocene*. Riv. It. Paleont. Strat., 93 (1): 109-126.
- DOGLIONI C., FLORES G., 1995 – *An introduction to the Italian geology*. Editrice Il Salice, Potenza.
- ELENGA H., PEYRON O., BONNEFILLE R., JOLLY D., CHEDDADI R., GUIOT J., ANDREU V., BOTTEMA S., BUCHET G., DE BEAULIEU J.-L., HAMILTON A.C., MALEY J., MARCHANT R., PEREZ-OBOL R., REILLE M., RIOLLET G., SCOTT L., STRAKA H., TAYLOR D., VAN CAMPO E., VINCENS A., LAARIF F., JONSON H., 2000 – *Pollen-based reconstruction for southern Europe and Africa 18,000 yr BP*. Journ. Biogeog., 27: 621-634.
- ESTABROOK G.F., 2001 – *Vicariance or dispersal: the use of natural historical data to test competing hypotheses of disjunction on the Tyrrhenian coast*. Journal of Biogeography, 28: 95-103.
- FOCHETTI R., DE BIASE A., BELFIORE C., AUDISIO P., 1998 – *Faunistica e biogeografia dei plecoteri italiani (Plecoptera)*. Memorie della Società entomologica italiana, 76: 3-19.
- FOLLIERI M., MAGRI D., 1994 – *Significati delle conoscenze palinologiche e paleobotaniche del Quaternario Laziale*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 49: 169-176.
- FOLLIERI M., MAGRI D., 1997 – *Paesaggi vegetali del Quaternario in Italia centrale*. Biogeographia, 19: 57-67.
- FOLLIERI M., MAGRI D., SADORI L., 1988 – *250,000-year pollen record from Valle di Castiglione (Roma)*. Pollen et Spores, 30 (3-4): 329-356.
- GIACHINO P.M., VAILATI D., 1993 – *Revisione degli Anemadini Hatch, 1928 (Coleoptera Cholevidae)*. Monografie di Natura Bresciana, 18: 314 pp.
- GIACOMINI V., 1958 – *Conosci l'Italia: La Flora*. TCI, Milano.
- GIUSTI F., MANGANELLI G., 1984 – *Relationships between geological land evolution and present distribution of terrestrial gastropods in the western Mediterranean area*. In: SOLEM A., VAN BRUGGEN A.C. (eds.), *World-wide snails - Biogeographical studies on non-marine Mollusca*. E.J. Brill/Dr. W. Backhuys, Leiden, pp. 70-91.
- GRIDELLI E., 1950 – *Il problema delle specie a diffusione transadriatica con particolare riguardo ai Coleotteri*. Memorie di Biogeografia adriatica, 1: 7-299.
- HEWITT G., 2000 – *The genetic legacy of the Quaternary ice ages*. Nature, 405: 907-913.
- HEWITT G.H., 1999 – *Post-glacial re-colonization of European biota*. Biological Journal of the Linnean Society, 68: 87-112.
- HUGOT J.-P., COSSON J.-F., 2000 – *Constructing general areas cladograms by matrix representation with parsimony: a western palearctic example*. Belgian Journal of Entomology, 2: 77-86.
- JOURAND E., 1999 – *Il glacialismo negli Appennini. Testimonianze geomorfologiche e riferimenti cronologici e paleoclimatici*. Boll. Soc. Geogr. Ital., serie 12, 4 (3): 399-432.
- LA GRECA M., 1990 – *The Insects Biogeography of West Mediterranean*

- Islands. Biogeographical Aspects of Insularity*. Accademia nazionale dei Lincei, Atti dei Convegni Lincei, 85: 469-491.
- LA GRECA M., 1996 – *Storia biogeografica degli Ortotteri d'Italia: origine e distribuzione*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 20 (1993): 1-46.
- LA GRECA M., 1999 – *Il contributo degli Ortotteri (Insecta) alla conoscenza della biogeografia dell'Anatolia: la componente gondwaniana*. Biogeographia, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 20: 179-200.
- LA GRECA M., 2002 – *Vicende paleogeografiche e componenti della fauna italiana*. In: MINELLI A., CHEMINI C., ARGANO R., RUFFO S. (a cura di), *La fauna in Italia*. Touring Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, pp. 360-376.
- LUCCHESI F., 1995 – *Elenco preliminare della Flora spontanea del Molise*. Ann. Bot. (Roma), 53 (12): 1-386.
- MAGRI D., SADORI L., 1999 – *Late Pleistocene and Holocene pollen stratigraphy at Lago di Vico, central Italy*. Veget. Hist. Archaeobot., 8: 247-260.
- MAGRI D., 1998 – *Quaternary history of Fagus in the Italian peninsula*. Ann. Bot. (Roma), 56 (1): 147-154.
- MASSA B., 1982 – *Il gradiente faunistico nella penisola italiana e nelle isole*. Atti della società italiana di scienze naturali e del Museo civico di Storia naturale di Milano, 123: 353-374.
- MINELLI S., 1996 – *La Checklist delle specie della fauna italiana - Un bilancio del progetto*. Bollettino del Museo civico di Storia naturale di Verona, 20 (1993): 249-261.
- MINELLI S., RUFFO S., LA POSTA S. (eds.), 1993-1995 – *Checklist delle specie della fauna italiana*. 1-110. Calderini, Bologna.
- MOGGI G., 2001 – *Catalogo della Flora del Cilento (Salerno)*. Inf. Bot. Ital., 33 (suppl. 3): 1-116.
- MONTELUCCI G., 1972 – *Considerazioni sul componente orientale nelle foreste della Penisola*. Ann. Acc. It. Sc. Forest., 21: 121-169.
- MONTELUCCI G., 1977 – *Lineamenti della vegetazione del Lazio*. Ann. Bot. (Roma), 35-36: 1-107.
- MORALDO B., MINUTILLO F., ROSSI W., 1990 – *Flora del Lazio meridionale*. Quaderni Acc. Naz. Linc., 264: 219-292.
- OESTERBROEK P., 1994 – *Biodiversity of the Mediterranean region*. In: FOREY P.L., HUMPHRIES C.J., VANE-WRIGHT R.I. (eds.), *Systematics and Conservation Evaluation*. The Systematics Association Special Volume No. 50, Clarendon Press, Oxford, pp. 289-307.
- PALMER M., CAMBEFORT Y., 1997 – *Aptérisme et diversité dans le genre Thorectes Mulsant, 1842 (Coleoptera: Geotrupidae): une étude phylogénétique et biogéographique des espèces méditerranéennes*. Annales de la Société entomologique de France, (n.s.) 33: 3-18.
- PALMER M., 1998 – *Taxonomy, Phylogeny, and Biogeography of a Species-Group of West-Mediterranean Tentyria (Coleoptera: Tenebrionidae)*. Annals of the Entomological Society of America, 91: 260-268.
- PIGNATTI S., 1982 – *Flora d'Italia*. I-III. Edagricole, Bologna, 790 + 732 + 780 pp.
- PIGNATTI S., 1994 – *Ecologia del paesaggio*. UTET, Torino.
- POTT R., 1997 – *Invasion of beech and establishment of beech forests in Europe*. Ann. Bot. (Roma), 55: 27-58.
- RIVAS-MARTINEZ S., PENAS A., DIAZ T.E., 2001 – *Biogeographic map of Europe 1:16 000 000*. University of Leon.
- ROHLING E.J., FENTON M., JORISSEN F.J., BERTRAND P., GANSSSEN G., CAULET J.P., 1998 – *Magnitudes of sea-level lowstands of the past 500,000 years*. Nature, 394: 162-165.
- RUFFO S., VIGNA TAGLIANTI A., 2002 – *Generalità sulla fauna italiana*. In: MINELLI A., CHEMINI C., ARGANO R., RUFFO S. (a cura di), *La fauna in Italia*. Touring Editore, Milano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, pp. 24-28.
- SCOPPOLA A., CAPORALI C., 1998 – *Mesophilous woods with Fagus sylvatica of northern Latium: synecology and syntaxonomy*. Plant Biosyst., 132 (2): 151-168.
- STACE C., 1991 – *New Flora of the British Isles*. CUP, Cambridge.
- STEINIGER F.F., RABEDER G., RÖGL F., 1985 – *Land mammal distribution in the Mediterranean Neogene: a consequence of geokinematic and climatic events*. In: STANLEY D.J., WEZEL F.-C. (eds.), *Geological evolution of the Mediterranean basin*. Springer-Verlag, New York-Berlin-Heidelberg-Tokyo, pp. 559-571.
- STOCH F., 2000 – *How many endemic species? Species richness assessment and conservation priorities in Italy*. Belgian Journal of Entomology, 2: 125-133.
- SUC J.-P., 1984 – *Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe*. Nature, 307: 429-432.
- TAKHTAJAN A.L., 1986 – *Floristic regions of the world*. University of California Press, Berkeley-Los Angeles-London.
- TARASOV P.E., VOLKOVA V.S., WEBB T. III, GUIOT J., ANDREEV A.A., BEZUSKO L.G., BEZUSKO T.V., BYKOVA G.V., DOROFYUK N.I., KVAVADZE E.V., OSIPOVA I.M., PANOVA N.K., SEVASTYANOV D.V., 2000 – *Last glacial maximum biomes reconstructed from pollen and plant macrofossil data from northern Eurasia*. Journ. Biogeogr., 27: 609-620.
- TZEDAKIS P.C., 1993 – *Long-term tree populations in northwest Greece through multiple Quaternary climatic cycles*. Nature, 364: 437-440.
- VIGNA TAGLIANTI A., 1993 – *Aspetti zoogeografici del popolamento italiano dei Dermatteri*. Atti dell'Accademia nazionale italiana di Entomologia, Rendiconti, 39-41 (1991-1993): 97-119.
- VIGNA TAGLIANTI A., 1999 – *I Carabidi nella faunistica e biogeografia*. Atti dell'Accademia nazionale italiana di Entomologia, Rendiconti, 46 (1998): 245-276.
- 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, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 16 (1992): 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, Lavori della Società italiana di Biogeografia, (n.s.) 20: 31-59.
- WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE, 1992 – *Global Biodiversity: Status of the Earth's living resources*. Chapman & Hall, London. XX+549 pp.
- ZUNINO M., ZULLINI A., 1995 – *Biogeografia. La dimensione spaziale dell'evoluzione*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano, IX + 310 pp.

## BIODIVERSITÀ E CLIMA

[Carlo Blasi, Leopoldo Michetti]

Il clima è generalmente definito come il *complesso delle condizioni meteorologiche* (temperatura, pressione atmosferica, ecc.) che caratterizzano una regione o una località relativamente a lunghi periodi di tempo e che sono determinate, o quanto meno influenzate, da fattori ambientali (latitudine, altitudine, ecc.). La distribuzione della vegetazione è principalmente correlata ai caratteri climatici e, in particolare dagli andamenti delle temperature e delle precipitazioni. In ambiti floristicamente omogenei, la struttura della vegetazione è determinata, oltre che dal clima, dai caratteri morfologici e pedologici che plasmano l'eterogeneità naturale del territorio, carattere principale per definire le potenzialità fitoclimatiche di un'area.

Nel corso di questo secolo si è sviluppata una nuova scienza (*fitoclimatologia*) finalizzata a studiare le relazioni esistenti tra andamento delle temperature e dei regimi di precipitazione e distribuzione delle fitocenosi. La fitoclimatologia, e più in generale la bioclimatologia, ha avuto una grande importanza negli ultimi decenni anche in relazione alla sempre maggiore disponibilità di dati sperimentali e alla più facile utilizzazione di grandi mole di dati che ha seguito la crescita e lo sviluppo delle discipline statistiche e informatiche.

Integrando i valori medi di temperatura, precipitazione e umidità relativa nel periodo vegetativo (maggio-luglio) con i valori della temperatura media minima e l'indicazione della data del primo e ultimo gelo, MAYR (1906-1908) individuò per l'emisfero Nord sei zone forestali definite su base fisionomica (*Palmetum, Lauretum, Castanetum, Fagetum, Picetum* e *Alpinetum* o *Polaretum*). Successivamente, PAVARI (1916) propose uno schema climatico che emendava in parte quello di MAYR: mediante l'utilizzazione di ulteriori parametri relativi all'intero anno (temperatura del mese più caldo e del mese più freddo, temperatura media massima, distribuzione delle piogge e quantità delle precipitazioni riferita sia all'intero anno e alla sola stagione più calda) contribuì a meglio definire le zone climatiche forestali in "tipi" e "sottozone". Dopo questi lavori, e in particolare dopo i lavori di KÖPPEN (1900-1931), aumentano le proposte di "classificazioni ecologiche" secondo cui più fattori climatici vengono combinati in indici che mettono in evidenza la correlazione esistente tra il clima e la distribuzione della vegetazione reale. Ad esempio la proposta di DE MARTONNE (1926) che, in relazione all'aridità, definisce la distribuzione della vegetazione in ambiente mediterraneo. Più recentemente furono definite per l'intero pia-

neta da BAGNOULS e GAUSSEN (1957) e WALTER e LIETH (1960) le nove *fasce climatiche* o *zonobiomi* che coincidono con aree zonali per vegetazione e suoli (WALTER, 1983).

A scala geografica più ristretta, dal 1949 al 1978 GIACOBBE fornì molti contributi relativamente al clima del bacino del Mediterraneo: in base all'escursione termica annua e al regime delle precipitazioni propone due indici (termico e di aridità) con i quali individua le biocore del territorio italiano (mediterranea sempreverde, montana mediterranea, submediterranea, subcontinentale, continentale, montana delle Alpi, cacuminale). Su questa base RIVAS MARTINEZ (1981-1996) ha proposto per la Penisola Iberica indici di mediterraneità per quantificare l'aridità estiva, da integrare con un indice termico, indicatore del freddo invernale, che portano all'individuazione di 3 regioni, 15 piani e 32 orizzonti.

Per l'Italia, i contributi che abbiano interessato sistematicamente tutto il territorio sono stati quelli di DE PHILIPPIS (1937), GIACOBBE (1978) e TOMASELLI *et al.* (1973).

A scala locale si hanno contributi di ARRIGONI per la Sardegna e la Toscana (1968, 1972), di MACCHIA per il Salento (1984) e di BIONDI e BALDONI (1995) per le Marche. Nel 1988 BLASI *et al.* formulano una nuova proposta metodologica finalizzata alla definizione del fitoclima della Campania (Blasi *et al.* 1992). Al posto degli indici gli Autori utilizzarono i dati grezzi delle stazioni termopluviometriche, ricavando la media mensile, calcolata lungo un trentennio, delle temperature minime, massime e delle precipitazioni. Successivamente diventano sempre più numerosi gli studi bioclimatici che prendono spunto dalla classificazione mediante analisi multivariata dei dati grezzi. È doveroso comunque ricordare che già DE PHILIPPIS (1937) aveva sottolineato l'importanza di integrare le informazioni emerse degli indici con i dati di temperatura e precipitazione dato che gli indici, empirici e fortemente collegati all'area ove vengono tarati, possono avere un grado di informazione comunque incompleto. Nel 1994 con il Fitoclima del Lazio (BLASI, 1994) si individuarono 15 tipi fitoclimatici in scala 1:250.000 ottenuti classificando le 36 variabili termopluviometriche utilizzate per la regione Campania. Questi tipi vengono collocati all'interno di due regioni principali (mediterranea e temperata) e due di transizione (mediterranea di transizione e temperata di transizione) che vanno a sostituire la regione submediterranea. I tipi, ottenuti su base prevalentemente climatica, hanno assunto una valenza fitoclimatica mediante i diagrammi termopluviometrici e il calcolo degli indici *ombrotermico* e *termico* di RIVAS MARTINEZ (1996). In questo modo si ha un'integrazione che ottimizza il valore dell'informazione dei dati grezzi con quella degli indici bioclimatici.

## IL CLIMA D'ITALIA<sup>1</sup>

L'elevata estensione latitudinale della Penisola Italiana, la presenza di complessi sistemi orografici orientati nel senso della longitudine e latitudine e la vicinanza delle masse continentali africana ed euroasiatica determinano una elevata diversità di Regioni climatiche, bioclimi e tipi climatici a seconda che prevalgano influenze tropicali o medio-europee. Essendo le specie vegetali coerenti con un determinato clima, maggiore sarà la variazione climatica, maggiore sarà la biodiversità.

La determinazione della variabilità climatica utile ai fini fitoclimatici segue la proposta già consolidata (BLASI, 1994; BLASI *et al.*, 1988) in cui si prendono in esame stazioni termopluviometriche e le relative variabili mensili (tmin, Tmax, P) per un intervallo temporale di un trentennio, periodo ritenuto sufficiente per essere considerato, una "normale climatica" dal punto di vista statistico.

L'analisi multivariata applicata ai dati grezzi (valori mensili delle temperature massima e minima e delle precipitazioni) di 400 stazioni termopluviometriche operanti dal 1955 al 1985 ha condotto alla individuazione di 28 "gruppi" o "classi" che si differenziano tra loro per l'andamento annuale delle 36 variabili considerate (figura 2.12).

<sup>1</sup> Analisi realizzata dal Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università 'La Sapienza' di Roma nell'ambito della convenzione "Completamento delle conoscenze naturalistiche di base" stipulata con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione per la Protezione della Natura.



Fig. 2.12 - Distribuzione delle 400 stazioni raggruppate per classi.

Distribuito geograficamente i 28 gruppi è stata ottenuta la cartografia del fitoclima d'Italia.

Per ogni classe è stata individuata la Regione climatica di appartenenza mediante l'applicazione dell'indice ombrotermico estivo normale e compensato (Ios2, Ios3, Ios4) di RIVAS MARTINEZ (1996). Se l'indice è maggiore di 2 siamo nella Regione Temperata, se è minore di 2 nella Regione Mediterranea.

La Regione Mediterranea si estende su tutto il versante tirrenico, ad esclusione di un tratto della Riviera di le-

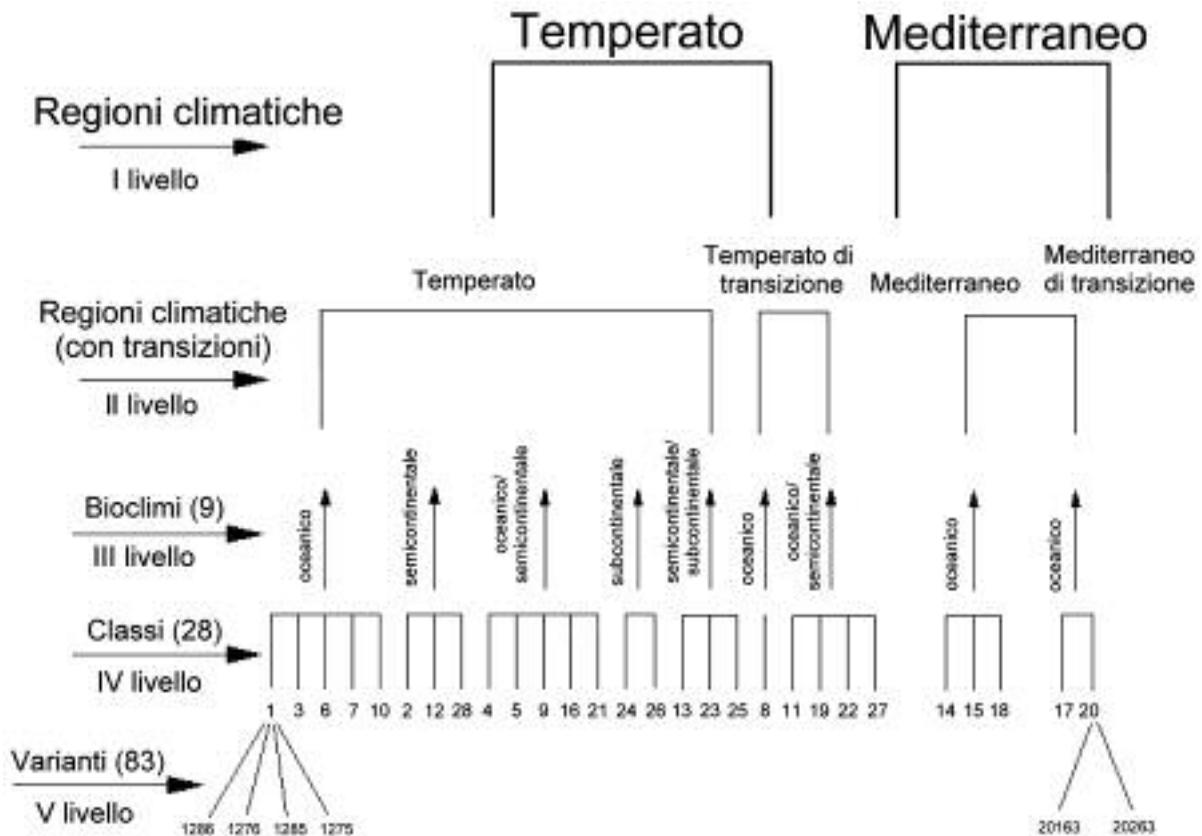


Fig. 2.13 - Schema gerarchico della classificazione fitoclimatica dalle regioni alle varianti.

vante in Liguria, continua nelle grandi e piccole isole, nella parte ionica e nel versante adriatico fino ad arrivare in Abruzzo all'altezza di Pescara.

La Regione Temperata è localizzata nell'Italia settentrionale, in tutto l'arco appenninico e antiappenninico e nelle isole maggiori a medie e alte quote.

La Regione Mediterranea di Transizione "borda" il clima mediterraneo e fa parte di quelle classi nel cui interno vi è un passaggio tra le stazioni mediterranee e temperate con prevalenza delle prime; la medesima cosa avviene per la Regione Temperata di Transizione, in cui le stazioni temperate prevalgono su quelle mediterranee.

Poiché una stessa Regione Climatica può caratterizzare più classi, queste sono state raggruppate in funzione del Bioclima evidenziato mediante il valore dell'indice di continentalità  $I_c$ : con valori di escursione termica fino a 18 °C si ha un bioclima *oceanico*, da 18 a 21 °C un bioclima *semicontinentale*, da 21 °C a 28 °C un bioclima *subcontinentale* e oltre 28 °C un bioclima *continentale*.

Il passaggio dalle 28 classi alle 83 varianti è stato ottenuto mediante il calcolo degli indici  $I_t$  (termico) e  $I_o$  (om-

brico o pluviometrico) di RIVAS MARTINEZ (l.c.).

Una sintesi dei passaggi effettuati è presente in figura 2.13.

È importante tenere presente che la spazializzazione delle classi (e quindi la cartografia) si basa sui dati grezzi mensili di temperatura massima, temperatura minima e precipitazione e che gli indici sono stati utilizzati per qualificare in termini bioclimatici i diversi campi della cartografia.

Come si è detto l'uso combinato di dati grezzi, indici bioclimatici e diagrammi termopluviometrici ha portato alla spazializzazione di 2 Regioni Climatiche con le relative transizioni: Mediterranea, Mediterranea di Transizione, Temperata e Temperata di transizione (figure 2.14 e 2.15).

I 9 bioclimi (complessi climatici) individuati evidenziano vaste regioni territoriali omogenee per caratteri fisici (altitudine, esposizione tirrenica o adriatica, morfologie particolari quali vallate alpine, vallate interne appenniniche e delle isole maggiori o pianure costiere) e andamento dei parametri climatici (temperature, precipitazioni) (figure 2.16 e 2.17).



Fig. 2.14 - Carta del fitoclima d'Italia. Le classi Temperate sono 18, quelle Temperate di transizione 5, quelle Mediterranee 3 e quelle Mediterranee di transizione 2.

## LEGENDA

- 1)  1) Clima temperato oceanico del settore alpino centrale ed occidentale, localmente presente nelle alte montagne dell'Appennino e della Sicilia (Criotemperato/ultraiperumido/iperumido).
- 2)  2) Clima temperato semicontinentale ubicato prevalentemente nel settore alpino occidentale ed orientale (Supratemperato/Orotemperato umido-subumido/iperumido).
- 3)  3) Clima temperato oceanico ubicato in tutto il settore alpino (Orotemperato/iperumido).
- 4)  4) Clima temperato semicontinentale-oceanico del settore prealpino ed alpino (Supratemperato/Orotemperato/iperumido-ultraiperumido).
- 5)  5) Clima temperato oceanico-semicontinentale ubicato prevalentemente lungo l'Appennino centro-settentrionale e localmente lungo le Alpi liguri (Supratemperato/iperumido/ultraiperumido).
- 6)  6) Clima temperato oceanico ubicato prevalentemente lungo tutta la dorsale appenninica e localmente nelle alte montagne della Sicilia (Supratemperato/ultraiperumido/iperumido).
- 7)  7) Clima temperato oceanico ubicato prevalentemente lungo l'Appennino centro-meridionale, nella catena costiera calabrese e nelle alte montagne della Sicilia e Sardegna (Supratemperato/iperumido).
- 8)  8) Clima temperato oceanico di transizione ubicato prevalentemente nei rilievi pre-appenninici e nella catena costiera ben rappresentato anche nei rilievi di Sicilia e Sardegna (Mesotemperato/Mesomediterraneo umido/iperumido).
- 9)  9) Clima temperato oceanico-semicontinentale ubicato prevalentemente nel pre-appennino adriatico e nella zona montuosa interna tirrenica; localmente presente nelle aree montuose della Sardegna (Supratemperato/Mesotemperato umido/iperumido).
- 10)  10) Clima temperato oceanico localizzato lungo tutto l'arco Appenninico e localmente nelle Alpi liguri. Presente anche nelle aree più elevate delle isole (Supratemperato/Mesotemperato/iperumido/umido).
- 11)  11) Clima temperato semicontinentale-oceanico localizzato prevalentemente nelle aree di media altitudine di tutto l'arco appenninico con esposizione adriatica (Supratemperato/Mesotemperato umido).
- 12)  12) Clima temperato semicontinentale localizzato principalmente nelle vallate alpine occidentali e centrali (Supratemperato umido/iperumido).
- 13)  13) Clima temperato semicontinentale-subcontinentale localizzato esclusivamente nell'Italia settentrionale. Nella parte occidentale e centrale in aree di lieve altitudine, in pianura nella parte orientale (Supratemperato/iperumido/umido).
- 14)  14) Clima mediterraneo oceanico dell'Italia meridionale e delle isole maggiori, con locali presenze nelle altre regioni tirreniche (Temomediterraneo/Mesomediterraneo/Infra-mediterraneo secco/subumido).
- 15)  15) Clima mediterraneo oceanico-semicontinentale del medio e basso Adriatico dello Ionio e delle isole maggiori; discreta presenza anche nelle regioni del medio e alto Tirreno (Mesomediterraneo/Temomediterraneo secco-subumido).
- 16)  16) Clima temperato oceanico-semicontinentale localizzato nelle pianure alluvionali del medio Adriatico, sui primi rilievi di media altitudine del basso Adriatico, nelle vallate interne dell'Italia centro-settentr. ed in Sardegna (Mesotemp. umido/subumido).
- 17)  17) Clima mediterraneo oceanico di transizione delle aree di bassa e media altitudine del Tirreno, dello Ionio e delle isole maggiori al contatto delle zone montuose (Mesomediterraneo/Temotemperato umido/subumido).
- 18)  18) Clima mediterraneo oceanico dalle pianure alluvionali del medio e basso Tirreno e dallo Ionio; presente anche nella zona orientale della Sicilia (Temomediterraneo/Mesomediterraneo subumido).
- 19)  19) Clima temperato oceanico-semicontinentale di transizione dell'entroterra marchigiano, abruzzese e toscano; presente nelle aree a contatto con i primi contrafforti in Liguria (Mesotemperato/Mesomediterraneo subumido).
- 20)  20) Clima mediterraneo oceanico debolmente di transizione presente nelle pianure alluvionali del medio e alto Tirreno; presenze significative nelle aree interne delle isole maggiori (Mesomediterraneo subumido).
- 21)  21) Clima temperato oceanico-semicontinentale delle aree collinari interne dell'Italia centrale (Mesotemperato subumido/umido).
- 22)  22) Clima temperato oceanico-semicontinentale di transizione delle aree costiere del medio Adriatico, delle pianure interne di tutto il pre-appennino e della Sicilia (Mesotemperato-Mesomediterraneo umido-subumido).
- 23)  23) Clima temperato subcontinentale/bemicontinentale delle pianure alluvionali dell'Italia settentrionale e delle aree collinari interne del medio-alto Adriatico (Supratemperato/Mesotemperato umido-subumido).
- 24)  24) Clima temperato subcontinentale della Pianura Padana e delle pianure alluvionali contigue (Supratemperato umido-subumido).
- 25)  25) Clima temperato dell'Italia settentrionale, presente nelle pianure alluvionali orientali e nelle pianure e valli moreniche della parte centrale (Mesotemperato/Supratemperato umido).
- 26)  26) Clima temperato subcontinentale dell'Italia settentrionale, presente nella media e alta Pianura Padana, nelle pianure moreniche occidentali e localmente orientali (Supratemperato/Mesotemperato umido-subumido).
- 27)  27) Clima semicontinentale-oceanico di transizione delle valli interne dell'Appennino centro-meridionale (Supratemperato/Supramediterraneo umido-subumido).
- 28)  28) Clima temperato semicontinentale delle valli interne dell'Appennino centro-settentrionale e Alpi occidentali (Supratemperato umido-subumido).

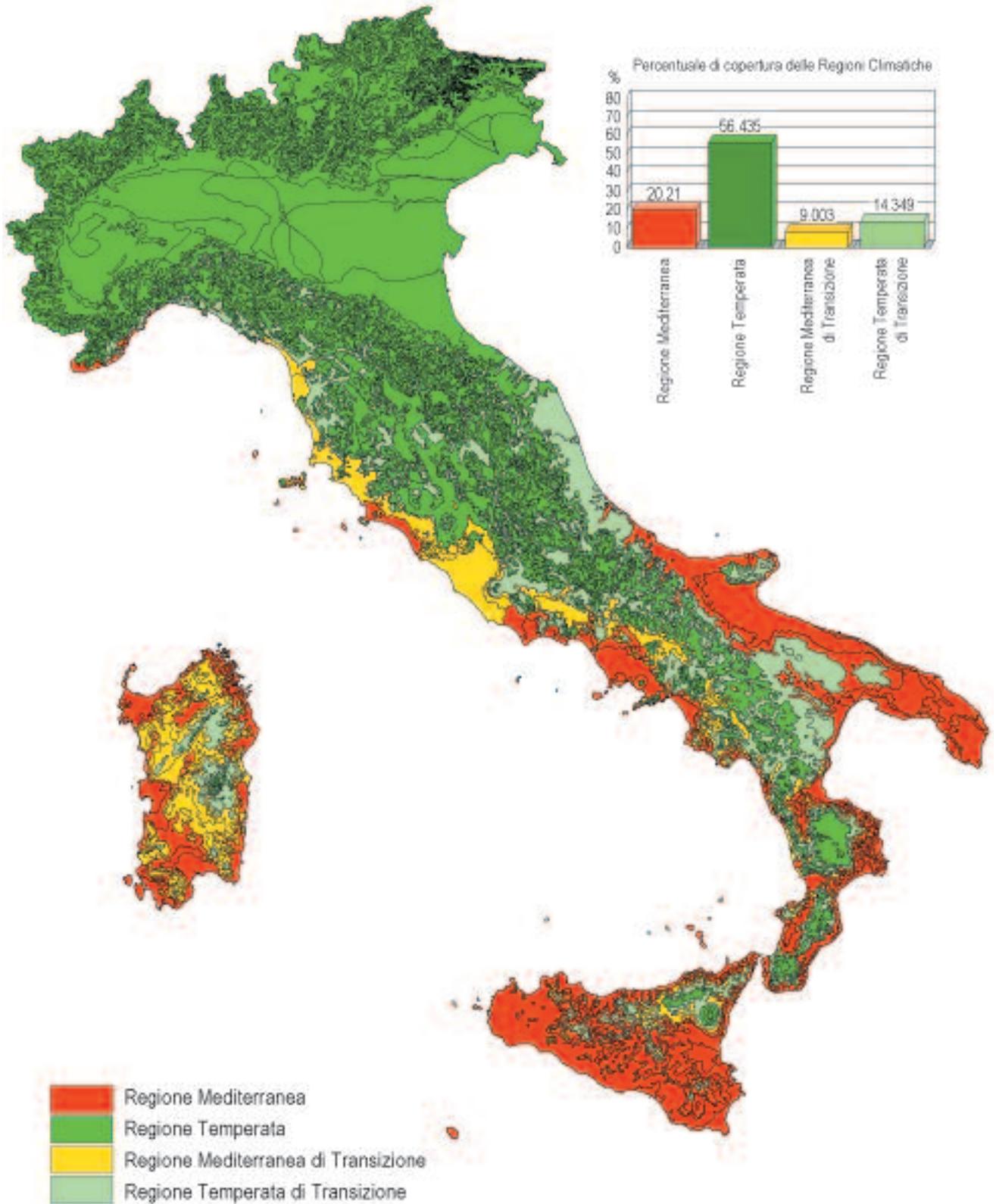


Fig. 2.15 - Distribuzione spaziale e percentuale delle regioni fitoclimatiche in Italia.

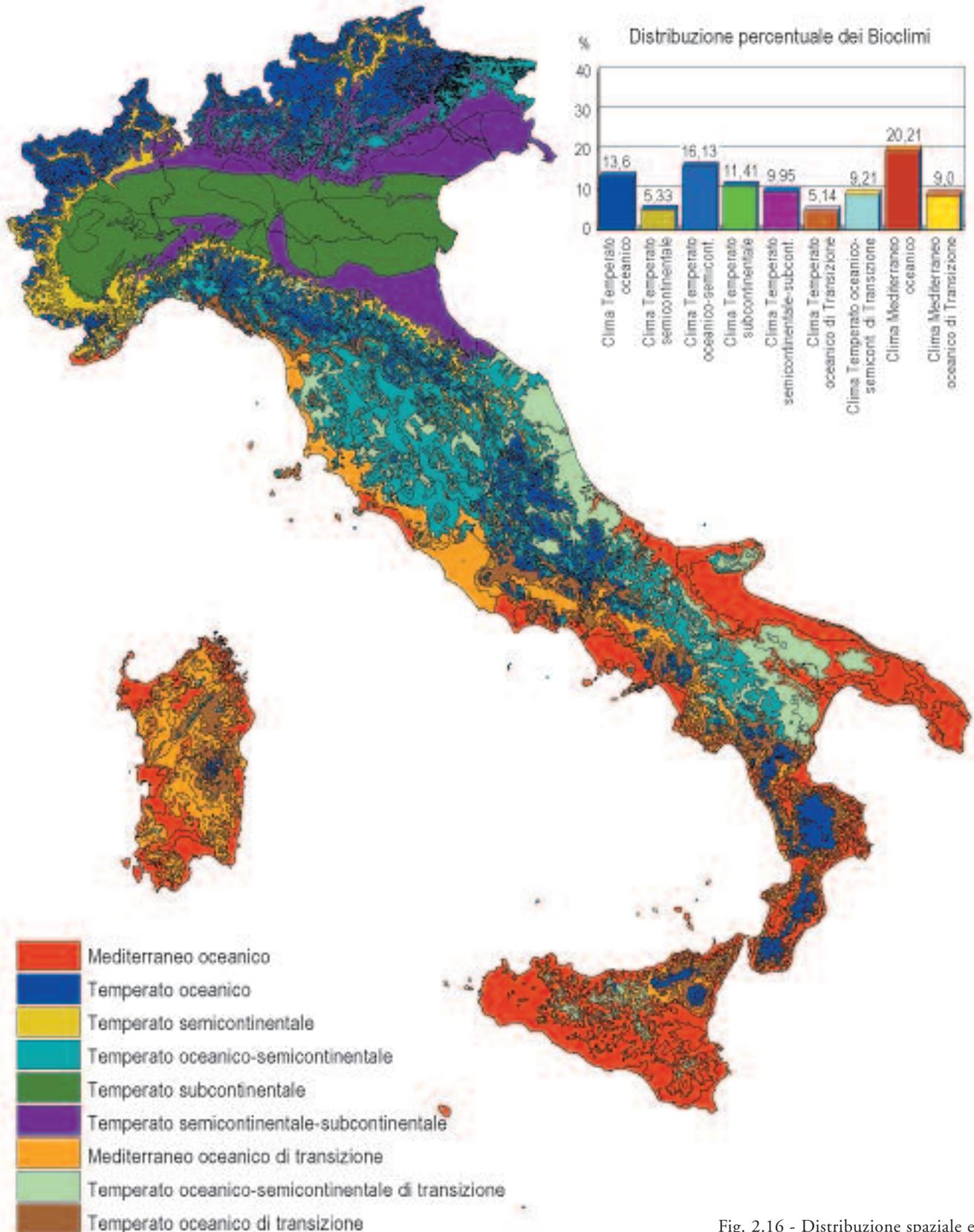


Fig. 2.16 - Distribuzione spaziale e percentuale dei bioclimi in Italia.

Percentuale di presenza delle classi nelle regioni

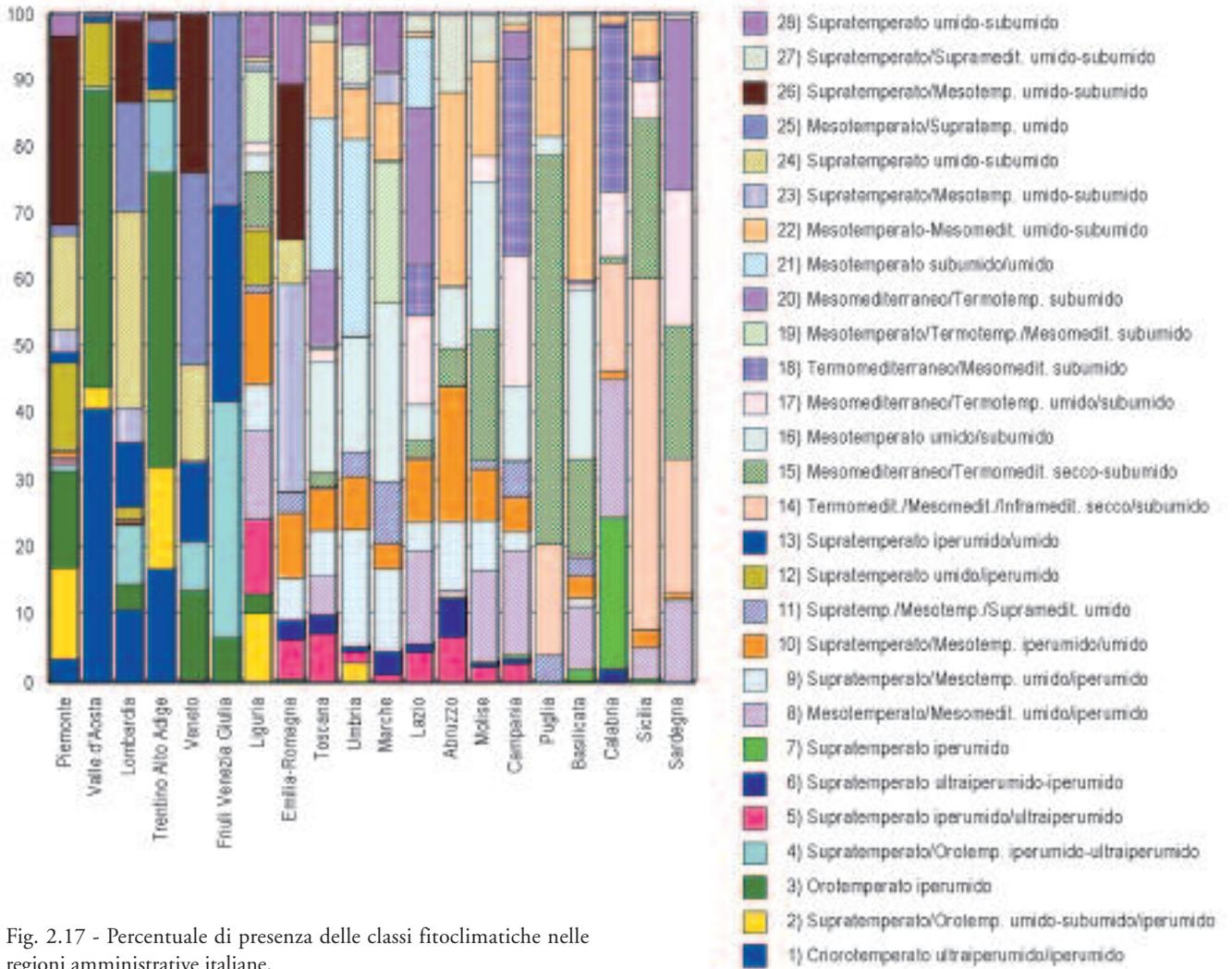


Fig. 2.17 - Percentuale di presenza delle classi fitoclimatiche nelle regioni amministrative italiane.

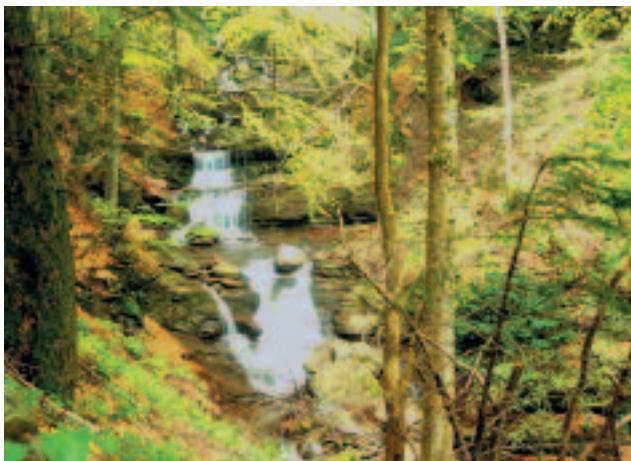


Fig. 2.18 - Clima temperato oceanico (Foresta della Lama. Foto di L. Rosati).

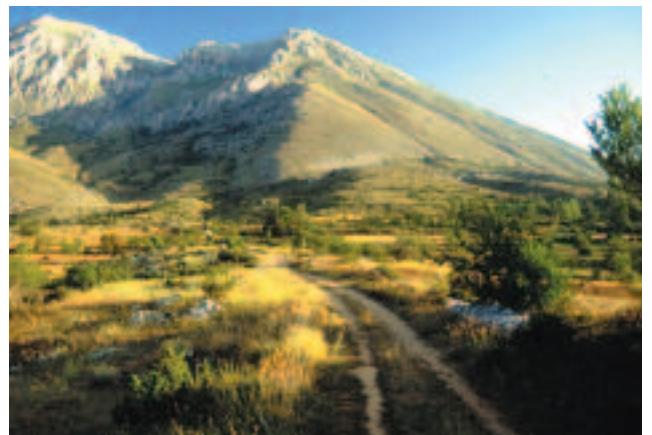


Fig. 2.19 - Clima temperato semicontinentale (Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi M.Velino-Cafornia, versante della Piana del Fucino presso Massa d'Albe. Foto di L. Rosati).

In sintesi la distribuzione dei 9 bioclimi in Italia è la seguente:

**1. Clima temperato oceanico** (figura 2.18): comprende le classi 1-3-6-7-10 ed è tipico di tutto l'arco alpino, appenninico ad alta e media quota e Sicilia altomontana. I tipi climatici variano da criorotemperato ultraiperumido-iperumido a mesotemperato iperumido-umido.

**2. Clima temperato semicontinentale** (figura 2.19): comprende le classi 2-12-28 ed è localizzato nelle vallate alpine e nelle vallate interne dell'Appennino centro-settentrionale a esposizione prevalentemente adriatica. I tipi climatici variano da orotemperato umido-subumido/iperumido a supratemperato umido-subumido.

**3. Clima temperato oceanico-semicontinentale** (figura 2.20): comprende le classi 4-5-9-16-21 ed è ubicato nelle prealpi centrali e orientali, in zone collinari del medio adriatico e nelle valli interne di tutto l'Appennino fino alla Basilicata con esposizione tirrenica. Locali presenze in Sardegna. I tipi climatici variano da supratemperato/orotemperato iperumido-ultraiperumido a mesotemperato umido subumido.

**4. Clima temperato subcontinentale**: comprende le classi 24-26 ed è tipico della Pianura Padana dal Piemonte alla foce del Po. I tipi climatici variano da supratemperato umido-subumido a mesotemperato umido-subumido.

**5. Clima temperato semicontinentale-subcontinentale**: comprende le classi 13-23-25 ed è localizzato a Sud del Po, nelle valli moreniche prealpine centrali e nelle pianure alluvionali della parte orientale dell'Italia settentrionale. I tipi climatici variano da supratemperato iperumido/umido a mesotemperato umido-subumido.

**6. Clima temperato oceanico di transizione** (figura 2.21): comprende la classe 8 ed è ubicato prevalentemente in tutte le valli dell'antiappennino tirrenico e ionico, con significative presenze nelle grandi isole. I tipi climatici variano da mesotemperato a mesomediterraneo umido/iperumido.

**7. Clima temperato oceanico-semicontinentale di transizione** (figura 2.22): comprende le classi 11-19-22-27 ed è localizzato prevalentemente nelle pianure e nei primi contrafforti collinari del medio e basso Adriatico e Ionio; presenze significative nelle zone interne delle Madonie in alcune aree della Sardegna. I tipi climatici variano da supratemperato umido-subumido a mesomediterraneo umido-subumido.

**8. Clima mediterraneo oceanico** (figura 2.23): comprende le classi 14-15-18 e contorna tutta l'Italia dalla Liguria all'Abruzzo (Pescara) e le grandi isole. I tipi climatici variano da un inframediterraneo secco-subumido a un termomediterraneo subumido.



Fig. 2.20 - Clima temperato oceanico-semicontinentale (Alto viterbese tra Vico e Tuscania. Foto di L. Rosati).



Fig. 2.21 - Clima temperato oceanico di transizione (Lago del Turano. Foto di L. Rosati).



Fig. 2.22 - Clima temperato oceanico-semicontinentale di transizione (Calanchi della Val Marecchia. Foto di L. Rosati).

**9. Clima mediterraneo oceanico di transizione** (figura 2.24): comprende le classi 17-20 e ha una presenza continua sulle coste del medio e alto Tirreno. Risulta più frammentato nel basso Tirreno e Sicilia: si segnala una importante presenza nelle pianure interne e nei primi contrafforti della Sardegna. I tipi climatici variano da un termotemperato umido-subumido a un mesomediterraneo umido-subumido.



Fig. 2.23 - Clima mediterraneo oceanico (Gargano, la costa tra Vieste e Mattinata. Foto di L. Rosati).



Fig. 2.24 - Clima mediterraneo oceanico di transizione (Sardegna, Supramonte, la Valle di Lanaittu. Foto di L. Rosati).

## Bibliografia

- ARRIGONI P.V., 1968 – *Fitoclimatologia della Sardegna*. Webbia 23 (1) : 1-100.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1957 – *Les climats biologiques et leur classification*. Ann. Geogr., 66, 355: 193-220.
- BIONDI E., BALDONI M., 1991 – *Bio-climatic characteristics of the Italian peninsula*. Atti del Convegno “Effetti degli inquinanti atmosferici sul clima e la vegetazione”, Taormina 26-29 Settembre, 1991. A cura di Gea Program s.r.l. Roma. Pp. 225-250.
- BIONDI E., BALDONI M., 1995 – *A possible method for geographic delimitation of phytoclimatic types: with application to the phytoclimatic of the Marche region of Italy*. Doc. Phytosoc., n.s., XV: 15-28.
- BLASI C., 1994 – *Fitoclimatologia del Lazio*. Fitosociologia, 27: 151-175.
- BLASI C., MAZZOLENI S., PAURA B., 1988 – *Proposte per una regionalizzazione fitoclimatica della Campania, Italia meridionale*. Atti II Colloquio “Probl. Def. Amb. Fis. Biol. Medit.”, Castro Marina (Lecce).
- GIACOBBE A., 1964 – *La misura del bioclima mediterraneo*. Ann. Acc. Ital. Sc. Forest., 10: 37-68.
- GIACOBBE A., 1978 – *Pioggia e mediterraneismo*. Ann. Acc. It. Sc. Forest., 27: 3-10.
- KOPPEN W., 1931 – *Grundriss der Klimakunde*. Berlin u. Leipzig (II ed. Di Klimate der Erde) Berlin, 1923.
- MARTONNE E., DE, 1926 – *L'indice d'aridité*. Bull. Ass. Geogr. Fr. 9: 3-5.
- MAYR H., 1906 – *Freilaendische Wald- und Parkbaeume fuer Europa*. Berlin.
- MAZZOLENI S., LO PORTO A., BLASI C., 1992 – *Multivariate analysis of climatic patterns of the Mediterranean basin*. Vegetatio, 98: 1-12.
- PAVARI A., 1916 – *Studio preliminare sulla coltura di specie forestali esotiche in Italia*. Ann. R. Ist. Sup. For. Naz., 1.
- PHILIPPIS A., DE 1937 – *Classificazione ed indici del clima in rapporto alla vegetazione forestale italiana*. Nuovo Gior. Bot. Ital., n.s., 54: 1-169.
- PIGNATTI S., 1998 – *I boschi d'Italia*. UTET, Torino
- PINNA M., 1977 – *Climatologia*. UTET, Torino.
- RIVAS MARTINEZ S., 1996 – *Clasificación Bioclimatica de la Tierra*. Folia Bot. Madrit., 16: 1-32.
- THORNTHWAITE C.W., 1948 – *An approach toward a rational classification of climate*. Geogr. Rev., 38: 55-94.
- TOMASELLI R., BALDUZZI A., FILIPELLO S., 1973 – *Carta bioclimatica d'Italia*. La vegetazione forestale d'Italia. Minist. Agric., Collana Verde, 33. Roma
- WALTER H., 1983 – *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geo-Biosphere*. Springer, Berlin.
- WALTER H., LIETH H., 1960-1967 – *Klima-Diagramm-Weltatlas*. Gustav Fischer, Jena.

## BIODIVERSITÀ E GENETICA

### DIVERSITÀ GENETICA E CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ

[Luciano Bullini, Maria Cristina Mosco]

#### La diversità biologica: componenti genetiche e ambientali

La diversità biologica ha due componenti strettamente connesse, quella genetica e quella ambientale e ciò ha reso particolarmente difficile la sua analisi sperimentale. Attualmente le ricerche su questo tema si sono moltiplicate per le sue implicazioni teoriche e pratiche. Per esempio nella specie umana le interazioni geni-ambiente vengono indagate: 1) nello sviluppo delle capacità cognitive, intellettuali e “creative”, anche in rapporto al sesso; 2) nella predisposizione alle più varie patologie infettive, dismetaboliche, vascolari e neoplastiche; 3) in rapporto ai disturbi della sfera comportamentale (schizofrenia, psicosi, mania, aggressività, asocialità, tendenza a sviluppare tossicodipendenze), ecc.

È possibile confrontare sperimentalmente in alcune specie ceppi con differenze genetiche note per un numero significativo di geni (molto pochi se considerati in percentuale). L'approccio sperimentale che in passato ha dato i risultati migliori si basa sull'eliminazione della variabilità di una delle due componenti, genetica o ambientale. Poiché è assai più facile eliminare la variabilità della prima componente rispetto alla seconda, molte ricerche sono state realizzate con quest'ultima tecnica. Organismi geneticamente omogenei (*linee pure, cloni*) possono essere ottenuti con metodi diversi a seconda delle modalità riproduttive e capacità di rigenerazione delle specie di appartenenza. In quelle a riproduzione sessuale obbligata le linee pure vengono prodotte mediante successivi incroci tra stretti consanguinei (genitore-figlio o fratello-sorella, *inincrocio*); nelle specie ermafrodite si procede con generazioni successive di autofecondazione, che è la forma più estrema di *inincrocio*; negli organismi che possono riprodursi per via vegetativa la discendenza di un singolo individuo è geneticamente omogenea e costituisce un clone. Nelle piante ad esempio è possibile ottenere cloni partendo da cellule somatiche differenziate di un singolo individuo, che si sdifferenziano e tornano totipotenti, cioè in grado di formare nuovi individui. Nella specie umana la totipotenza delle cellule staminali (in particolare di quelle embrionali, i cui blastomeri possono dare origi-

ne ad individui geneticamente identici) renderebbe tecnicamente possibile la clonazione riproduttiva, che però non è accettabile per motivi etici; si ricorre pertanto ai *gemelli monovulari*, che si originano spontaneamente dai blastomeri di un singolo uovo fecondato. Queste ricerche hanno dimostrato che la variabilità di origine ambientale (*variabilità clonale*) non si trasmette alle generazioni successive (*non ereditarietà dei caratteri acquisiti*). All'interno di un clone la selezione naturale è del tutto inefficace. Ciò spiega perché le capacità di adattamento delle popolazioni con bassa variabilità genetica siano minime; l'*erosione genetica* in una popolazione prelude spesso alla sua estinzione.

Per descrivere il ruolo dei geni e dell'ambiente nella variabilità biologica è necessario introdurre alcuni termini. La costituzione ereditaria (o patrimonio ereditario) di un individuo è detta *genotipo*; esso è l'insieme dei geni che quell'individuo ha ricevuto dai suoi genitori e rimane sostanzialmente immutato nel corso della vita. L'insieme delle caratteristiche morfologiche, fisiologiche e comportamentali di un individuo viene detta *fenotipo*; esso è il risultato dell'interazione tra il suo genotipo e l'ambiente in cui esso si è sviluppato ed è vissuto; il fenotipo, a differenza del genotipo, si modifica continuamente nel corso della vita. L'insieme dei fenotipi cui un dato genotipo può dare origine nei vari contesti ambientali è detto *norma di reazione*.

Ricerche divenute classiche sulla norma di reazione di vari genotipi di una pianta, la composita *Achillea lanulosa*, sono state realizzate da CLAUSEN e dai suoi collaboratori (1948) in California. Vari individui, geneticamente identici in quanto originati per riproduzione vegetativa di una singola pianta, venivano coltivati a quote diverse, dal livello del mare a più di 3.000 metri. Gli individui progenitori di ciascun clone erano stati raccolti in stazioni a quote e con microclimi diversi. Il confronto tra le varie piante ha mostrato che, pur condividendo lo stesso genotipo, esse differivano nell'aspetto, nella velocità di crescita, nella fertilità, ecc. a causa delle differenti condizioni ambientali (figura 2.25). D'altra parte anche gli individui geneticamente diversi, ma coltivati nelle medesime condizioni ambientali, davano origine a fenotipi diversi.

Va notato che non vi è un genotipo “migliore” in tutte le condizioni ambientali: genotipi che danno piante rigogliose a livello del mare non si sviluppano a 3.000 metri; viceversa genotipi che crescono bene a 3.000 metri non si sviluppano o si sviluppano assai poco al livello del mare. Più ampia è la norma di reazione dei geni che controllano un carattere, più estesa sarà la sua

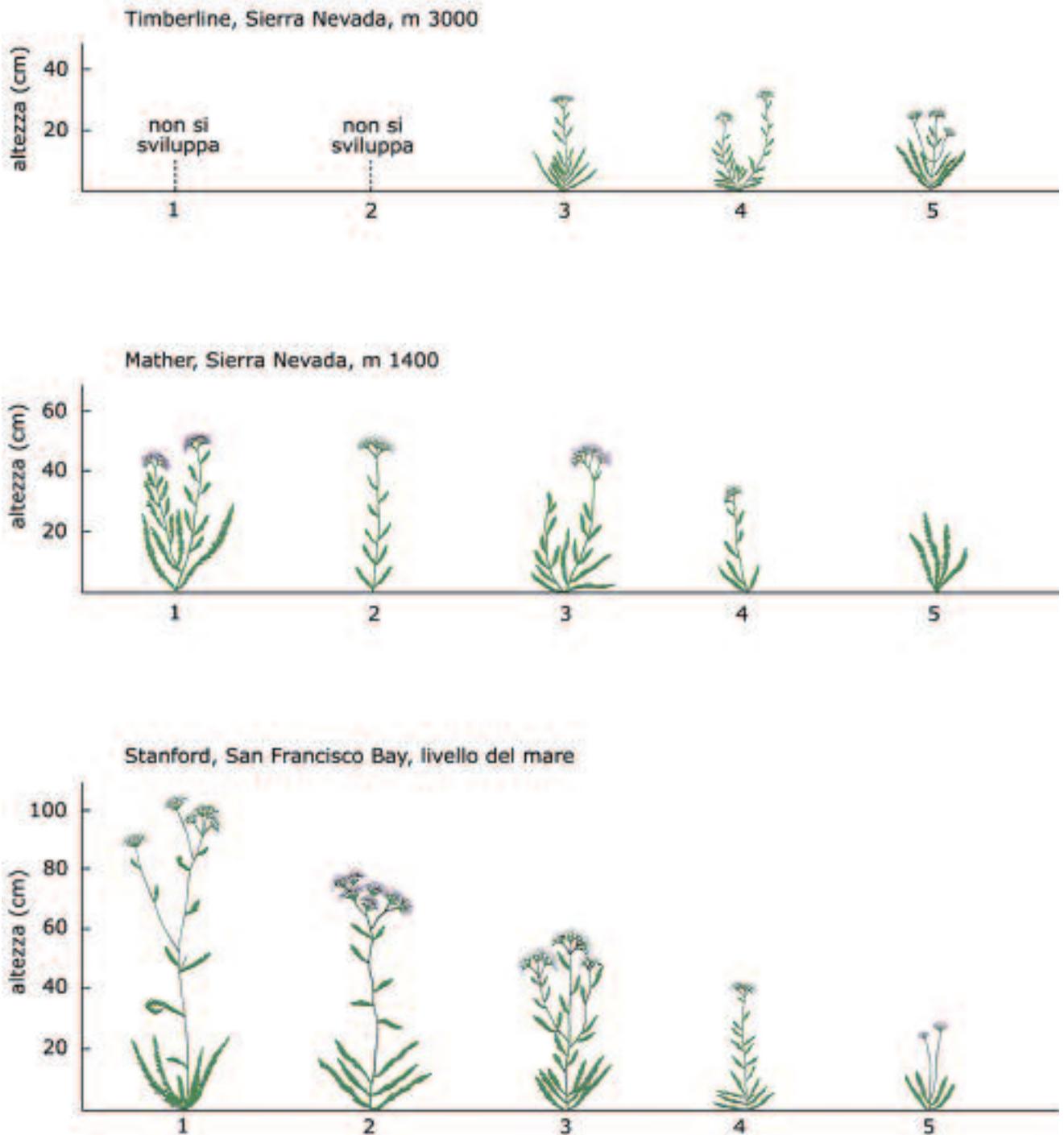


Fig. 2.25 - Variazione fenotipica in cloni (numerati da 1 a 5) della composita *Achillea lanulosa*. Ogni clone è stato ottenuto mediante riproduzione vegetativa a partire da una singola pianta; le piante progenitrici dei cloni sono state raccolte nelle seguenti località della California: San Gregorio, m 300 (clone 1), Knight's Ferry, m 300 (clone 2), Aspen Valley, m 2.000 (clone 3), Tenaya Lake, m 2.400 (clone 4) e Big Horn Lake, m 3.600 (clone 5). Individui dello stesso clone sono stati fatti crescere in giardini botanici a quote diverse: Stanford, San Francisco Bay, livello del mare; Mather, Sierra Nevada, m 1.400; Timberline, Sierra Nevada, m 3.000.

Si osserva che: 1) lo stesso genotipo, posto in differenti condizioni ambientali, dà origine a fenotipi diversi (alla quota più elevata: Timberline, m 3.000, le piante dei cloni 1 e 2) non si sono sviluppate; 2) genotipi differenti, sviluppatasi in differenti condizioni ambientali, danno origine a fenotipi diversi. Ogni genotipo ha infatti la sua *norma di reazione*, che può essere definita come l'insieme dei fenotipi cui quel genotipo può dare origine a seconda delle condizioni ambientali in cui si sviluppa (CLAUSEN *et al.* 1948, modificato).

variazione fenotipica; all'opposto, se la norma di reazione dei geni è ristretta, il carattere presenterà un unico fenotipo, indipendentemente dalle condizioni ambientali in cui l'individuo si è sviluppato e vive. Il gene non determina quindi necessariamente un dato carattere, o non ne determina la sua espressione più intensa. Esso stabilisce una norma di reazione ai fattori esterni, per cui l'espressione del carattere controllato da quel gene è il risultato di un'interazione del fattore genetico con i fattori ambientali che agiscono durante lo sviluppo dell'individuo. La primula *Primula sinensis rubra*, coltivata a temperatura ordinaria, forma fiori rossi, se invece è mantenuta in serra sopra i 30 °C dà fiori bianchi. La primula affine *P. sinensis alba*, invece, dà fiori bianchi a qualunque temperatura. È evidente che il colore dei fiori nelle due varietà è controllato da geni diversi, che hanno diversa norma di reazione. Analogamente, l'albinismo nel coniglio di razza Himalaya è influenzato dalla temperatura: i peli che si formano in regioni del corpo più esposte al raffreddamento (estremità delle zampe, delle orecchie, del muso) sono di color bruno, anziché bianco. In base a questo principio si spiega come una costituzione genetica sfavorevole possa essere corretta con particolari terapie (per esempio somministrazione di ormoni e vitamine, o di medicinali). Inversamente, una costituzione normale può essere profondamente modificata e resa anormale dall'azione di determinati fattori esterni: ad esempio la somministrazione alla gestante di un farmaco, la talidomide, provoca una grave disfunzione nello sviluppo fetale, che determina la formazione di un individuo focomelico; la rosolia contratta dalla madre durante la gestazione può indurre gravi malattie nel feto; ecc. Nell'uomo la possibilità di modificare l'espressione dei geni consente molti interventi terapeutici che "correggono" condizioni ereditarie patologiche o mortali. L'eredità perde così il carattere di una fatalità ineluttabile; non sempre, tuttavia, è possibile, almeno per ora, correggere del tutto le conseguenze di alcune condizioni genetiche, tra cui alcune anomalie cromosomiche, come quella che provoca il mongolismo, legate a mutazioni o eventi meiotici particolari come la non disgiunzione.

Altri casi ben noti di interazioni tra genotipo e ambiente sono quelli delle "forme stagionali" e delle *somazioni*, varianti fenotipiche di individui geneticamente simili, note anche come *ecotipi*. Nella farfalla *Araschnia levana*, ad esempio, la colorazione delle ali è chiara (forma *levana*) nella generazione che sfarfalla in pri-

mavera e assai più scura (forma *prorsa*) in quella estiva; è inoltre possibile ottenere individui con fenotipi diversi, spesso intermedi tra *levana* e *prorsa*, sottoponendoli a shock termico all'inizio della vita pupale (figura 2.26). Risultati simili sono stati ottenuti in altre specie di farfalle, come *Precis octavia* (figura 2.27) e *Inachis io* (figura 2.28).

### L'origine della diversità genetica

Ogni organismo sviluppa sia strutture che funzioni proprie della specie cui appartiene, sia caratteristiche individuali; ciò avviene grazie all'informazione genetica contenuta nella cellula che ha dato origine all'organismo e nelle cellule che lo costituiscono. L'informazione genetica ha la sua base fisica nelle molecole dell'acido desossiribonucleico o, nelle forme di vita più antiche e in alcuni virus attuali, in quelle dell'acido ribonucleico (RNA); essa è codificata dalla sequenza delle basi azotate (adenina, timina, guanina e citosina) dei nucleotidi del DNA (negli organismi a RNA al posto della timina v'è l'uracile) ed è uguale nei diversi organismi.

La diversità genetica è presente a tutti i livelli di organizzazione dell'informazione ereditaria: dai *codoni*, segmenti di DNA costituiti da tre paia di nucleotidi che codificano per gli aminoacidi (i "mattoni" che costituiscono le proteine), ai *geni*, le unità fisiche e funzionali dell'informazione ereditaria che dirigono la sintesi delle molecole proteiche (geni *strutturali*) o controllano l'espressione di altri geni (geni *regolatori*), ai *cromosomi*, unità discrete del patrimonio ereditario (*genoma*) costituite da sequenze lineari di geni e di altro DNA, all'intero genoma.

Alla base della diversità genetica vi sono le *mutazioni*, variazioni a livello genico, cromosomico o genomico del patrimonio ereditario degli individui, che vengono trasmesse alla discendenza. Le mutazioni *geniche* sono alterazioni nella sequenza del DNA del gene (*sostituzioni*, *inserzioni* o *delezioni* di basi); il meccanismo più frequente con cui si originano è rappresentato dagli errori nel corso della duplicazione del DNA, ma importanti sono anche: *a*) gli errori durante i processi di riparazione del DNA; *b*) l'esposizione a varie sostanze chimiche mutagene (iprite, anilina, ecc.); *c*) vari agenti fisici (raggi X, radioattività sia corpuscolare che non, ecc.). Le mutazioni *cromosomiche* modificano la struttura o il numero dei cromosomi; le mutazioni *genomiche* cambiano il numero dei set cromosomici e/o la loro origine; se essi derivano dalla medesima specie si parla



Fig. 2.26 - Forme stagionali e somazioni nella vanessa *Araschnia levana*; generazione primaverile, forma *levana* (A-E); generazione estiva, *f. prorsa* (G-M); *f. porrima* (F); *f. obscura*: (N) (POZZI, 1990, modificato).

di *autopoliploidia*, se da specie diverse di *alloploidia*.

Le mutazioni che insorgono in un individuo sono di solito svantaggiose perché alterano geni, cromosomi e/o genomi che la selezione naturale ha modificato nel corso della storia evolutiva della popolazione, adattandola alle condizioni ambientali in cui essa vive. Se, tuttavia, l'ambiente cambia per cause naturali o ad opera dell'uomo, per esempio in seguito all'immissione massiccia nell'ambiente di una molecola di sintesi tossica per alcuni organismi, la comparsa di un mutante in grado di detossificarla consentirà la sopravvivenza di popolazioni che vivano a contatto con tale sostanza.

La presenza, in una popolazione, di due o più forme diverse di un dato carattere è detta *polimorfismo*. Se il carattere è sotto il controllo di un singolo gene, la popolazione polimorfica avrà due o più forme alternative di tale gene, dette *alleli*. Con due alleli ( $A'$  e  $A''$ ) si hanno tre genotipi, due omozigoti ( $A'A'$  e  $A''A''$ ) e uno eterozigote ( $A'A''$ ). Gli esempi di polimorfismo genico con vari alleli sono innumerevoli; uno di questi, che riguarda varie specie di coccinelle, è mostrato in figura 2.29.

Un polimorfismo può mantenersi in una popolazione per un numero indefinito di generazioni, oppure

dopo poche generazioni essa può tornare al *monomorfismo*. Ad esempio, nel caso della mutazione per la resistenza al DDT in una popolazione di insetto, l'allele mutato scomparirà in poche generazioni se nell'ambiente in cui la popolazione vive non è presente DDT, oppure sostituirà completamente l'allele normale se il DDT è presente. In entrambi i casi il polimorfismo si manterrà solo per alcune generazioni (*polimorfismo transeunte*). Molti adattamenti biologici si basano su polimorfismi genetici stabili (*polimorfismi bilanciati*). Per esempio la resistenza genetica alla malaria di alcune popolazioni della specie umana è legata ad anomalie biochimiche dei globuli rossi, determinate da mutazioni a geni distinti, comparse in modo indipendente; tali geni presentano, nelle regioni malariche, polimorfismi bilanciati con vantaggio del genotipo eterozigote (figura 2.30). Esempi di polimorfismi bilanciati a livello cromosomico sono quelli per *inversioni* e per *traslocazioni*, che consentono alle popolazioni di una specie di adattarsi alle diverse stagioni, oppure a quote più o meno elevate, come nel moscerino *Drosophila pseudoobscura* (figura 2.31) e nella pianta *Clarkia williamsonii* (figura 2.32).

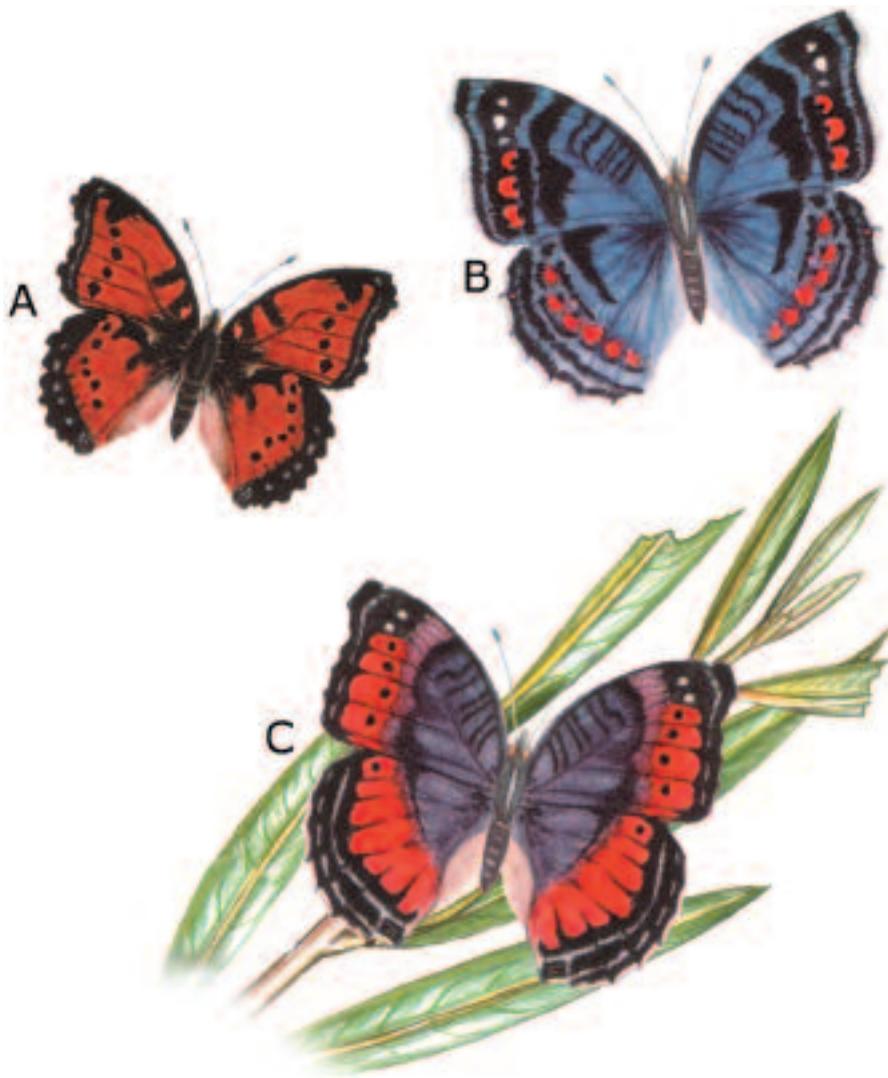


Fig. 2.27 - Forme stagionali nel ninfale africano *Precis octavia*; forma della stagione umida (A); forma stagione secca (B); forma intermedia (C).

Anche il polimorfismo per il colore e il bandeggio del guscio di alcune chioccioline (per esempio *Cepaea nemoralis*) è di tipo bilanciato; la frequenza delle varie forme muta infatti da popolazione a popolazione a seconda delle caratteristiche del substrato e della sua vegetazione, poiché nelle diverse tessere ambientali cambia la probabilità delle varie forme di sfuggire alla predazione a vista ad opera degli uccelli (figura 2.33).

Un caso ben noto di polimorfismo adattativo stabile è rappresentato dall'*eterostilia*, cioè dalla presenza nei fiori di individui della stessa specie di stili di diversa lunghezza (piante a fiori longistili o brevistili); tale adattamento, presente ad esempio in varie specie del genere *Primula*, impedisce l'autofecondazione (figura 2.34).

Un altro meccanismo che mantiene stabile il polimorfismo è la selezione dipendente dalla frequenza. In

questo caso la fitness di un genotipo varia col il variare della sua frequenza nella popolazione; esempi di tale fenomeno si osservano nel mimetismo batesiano e mülleriano. Ad esempio le femmine della farfalla *Papilio dardanus*, commestibile e non protetta dai predatori, presentano uno spiccato polimorfismo per il colore, il disegno e la forma delle ali; le varie forme, che hanno una peculiare distribuzione geografica nell'Africa sub-sahariana, imitano ciascuna specie diverse di farfalle inappetibili e protette dalla predazione, presenti con diversa frequenza nelle varie regioni dove vive *P. dardanus*. L'imitazione da parte di specie non protette di specie evitate dai predatori perché incommestibili è detto *mimetismo batesiano*; le specie non protette sono dette *mimi*, quelle incommestibili *modelli*. I maschi di *P. dardanus* non sono mimetici, probabilmente per mo-

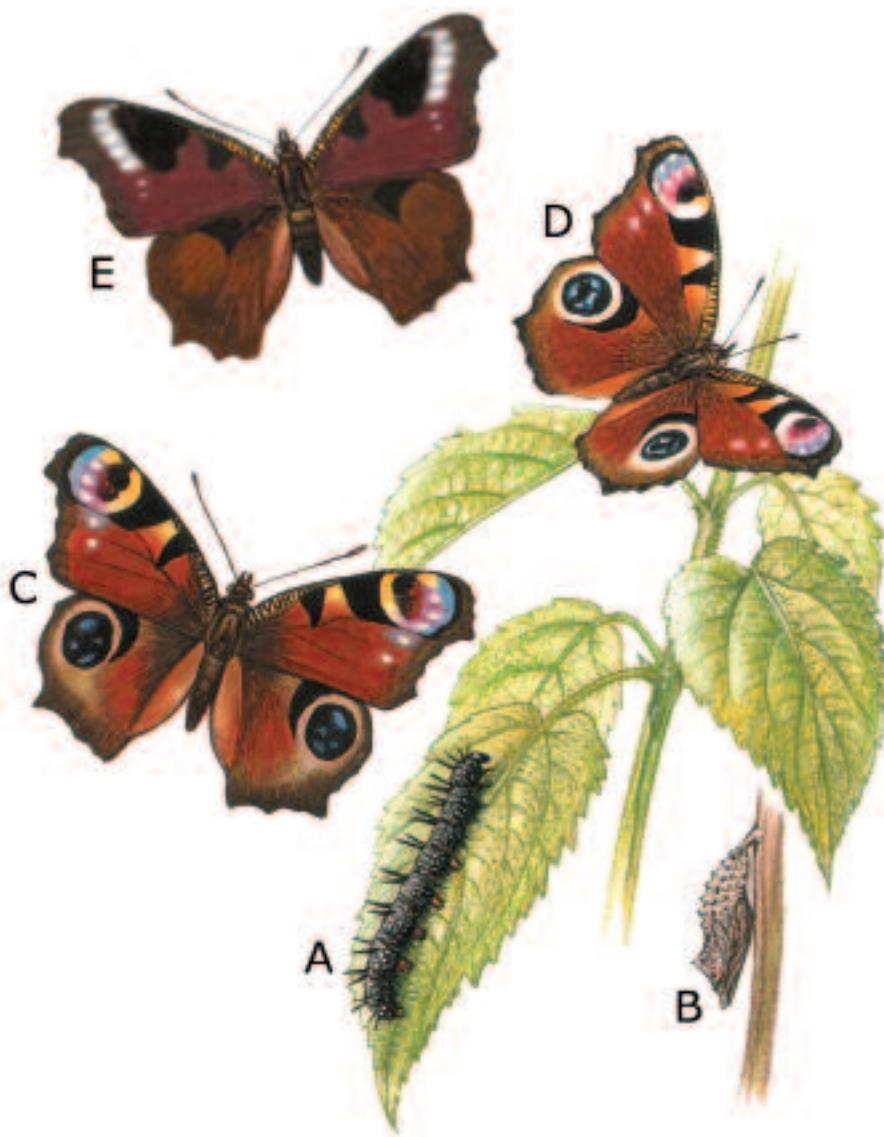


Fig. 2.28 - La vanessa *Inachis io* in vari stadi del ciclo biologico; larva (A); crisalide (B); adulti della forma *typica* (C, D) e una somazione (E) ottenuta mediante shock termico (24 ore a  $-10^{\circ}\text{C}$  all'inizio della vita pupale).

tivi di selezione sessuale; ogni maschio, d'altra parte, feconda più femmine; la sopravvivenza di queste ultime, invece, è essenziale per la specie.

Vari insetti incommestibili presentano livree simili, anche appartenendo a famiglie e a ordini diversi, in modo che il predatore, dovendo associare l'incommestibilità delle prede a un numero ristretto di modelli, realizzi l'apprendimento uccidendo un minor numero di individui per ciascuna delle specie appartenenti al complesso mimetico (*mimetismo mülleriano*). Anche specie incommestibili e vistosamente colorate (*colorazioni aposematiche*) possono presentare un polimorfismo per il colore e per il disegno; è il caso dei lepidotteri del genere *Zygaena* (figura 2.35). Ad esempio *Zygaena ephialtes*

nella sua vasta area di distribuzione, che comprende gran parte della regione paleartica, imita due distinti modelli aposematici, uno con segnali rossi e neri, l'altro con segnali bianchi, neri e gialli. Il primo di tali modelli è di gran lunga il più frequente in Europa continentale e in Asia centrale, mentre il secondo è particolarmente abbondante in Italia peninsulare e nei Balcani, grazie soprattutto alla grande numerosità delle specie incommestibili del genere *Syntomis*.

Alla base dei polimorfismi genici e cromosomici vi sono le mutazioni che, come si è detto, rappresentano la fonte primaria della diversità genetica. I tassi di mutazione, tuttavia, sono bassi, e non generano una variabilità genetica sufficientemente grande da consentire

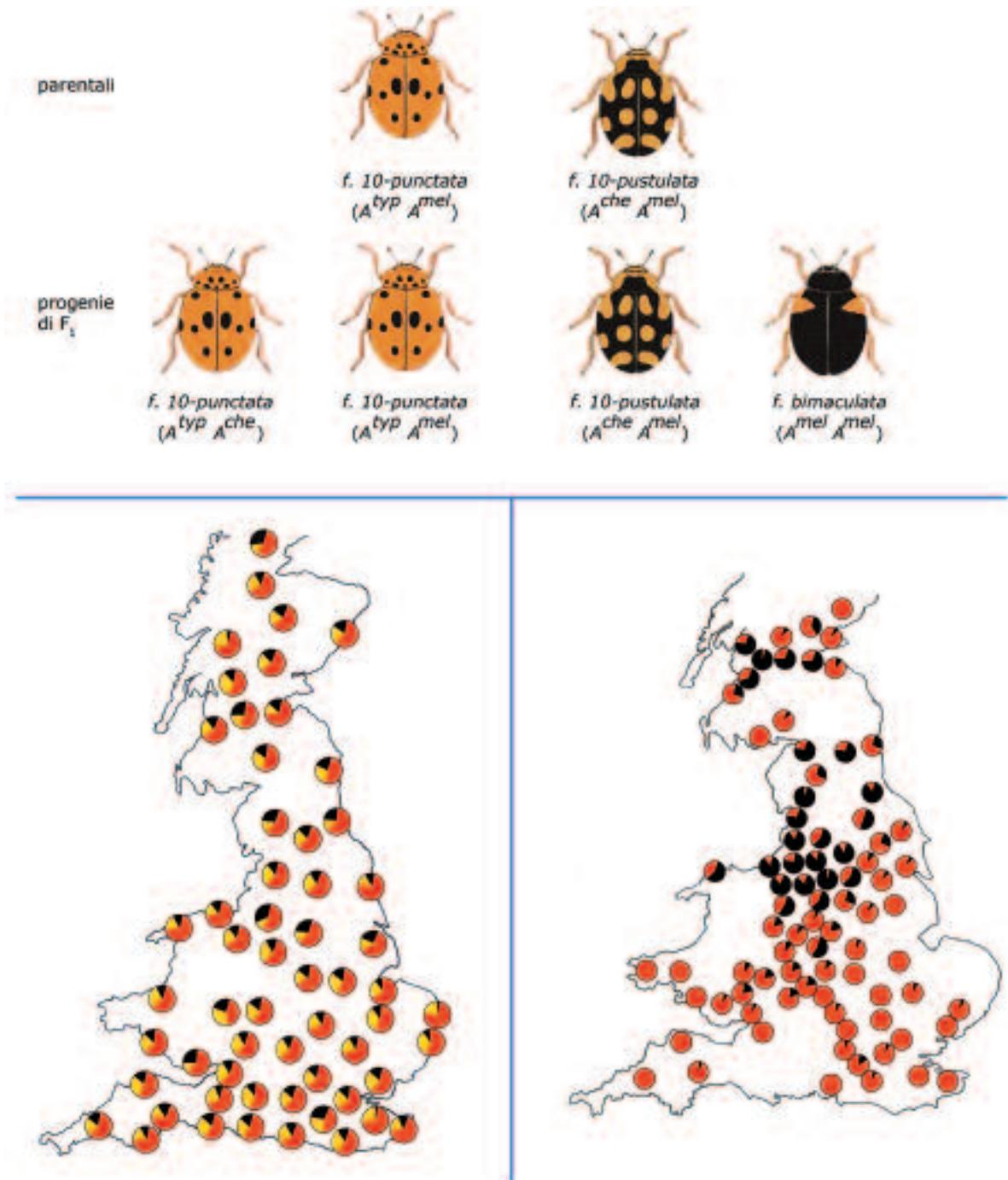


Fig. 2.29 – Basi genetiche del polimorfismo cromatico di due coccinelle del genere *Adalia*.

In alto: polimorfismo cromatico nella coccinella *Adalia decempunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). Il gene *A* è polimorfico con tre alleli:  $A^{typ}$  (dominante sia su  $A^{che}$  che su  $A^{mel}$ ),  $A^{che}$  (dominante su  $A^{mel}$ , ma recessivo rispetto a  $A^{typ}$ ),  $A^{mel}$  (recessivo sia rispetto a  $A^{typ}$ , che rispetto a  $A^{che}$ ). È schematizzato l'incrocio tra un individuo della forma *10-punctata* (genotipo  $A^{typ} A^{mel}$ ) e uno della forma *10-pustulata* (genotipo  $A^{che} A^{mel}$ ); nella progenie di  $F_1$  il 50% degli individui appartiene alla forma *10-punctata* (25% con genotipo  $A^{typ} A^{che}$  e 25% con genotipo  $A^{typ} A^{mel}$ ), il 25% alla forma *10-pustulata* (genotipo  $A^{che} A^{mel}$ ) e il restante 25% alla forma *bimaculata* (genotipo  $A^{mel} A^{mel}$ ) (MAJERUS, 1994, modificato).

In basso a sinistra: frequenza relativa delle forme *10-punctata* (in rosso), *10-pustulata* (in giallo) e *bimaculata* (in nero) di *A. decempunctata* in Gran Bretagna (MAJERUS, 1998, modificato).

In basso a destra: frequenza relativa delle forme melaniche (in nero) e non melaniche (in rosso) di *A. bipunctata* in Gran Bretagna (LEES, 1981, modificato).

catene  $\beta$  dell'emoglobina:

$Hb^A$  → emoglobina A  
(acido glutammico  
in posizione 6)

$Hb^S$  → emoglobina S  
(valina in posizione 6)

$Hb^A Hb^A$   
genotipo  
omozigote  
normale

non protetto  
dalla malaria

$Hb^A Hb^S$   
genotipo  
eterozigote

anemia lieve,  
protetto dalla malaria

$Hb^S Hb^S$   
genotipo  
omozigote  
mutato

anemia grave  
circa l'80% degli  
individui muore  
prima di riprodursi

Fig. 2.30 - Polimorfismo bilanciato al gene *Hb* in popolazioni umane adattate alla malaria; gli individui eterozigoti  $Hb_A Hb_S$  sono protetti dalla malattia.

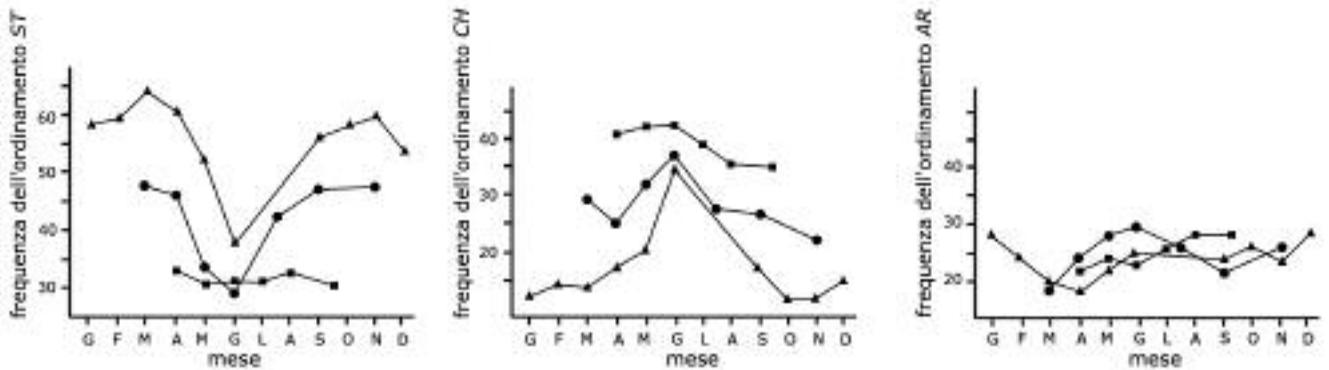


Fig. 2.31 – Cambiamenti nel tempo delle frequenze di tre ordinamenti cromosomici polimorfici (inversioni) in popolazioni della California del moscerino *Drosophila pseudoobscura*. Gli ordinamenti cromosomici considerati sono: Standard (*ST*), Chiricahua (*CH*) e Arrowhead (*AR*). Ogni figura riporta la frequenza di un particolare ordinamento cromosomico nel corso dell'anno nelle tre località: Andreas Camp ▲, Pinon Flats ●, Keen Camp ■. Le frequenze delle inversioni *ST* e *CH* cambiano drasticamente nelle prime due popolazioni, che vivono a bassa quota, raggiungendo rispettivamente il minimo e il massimo all'inizio dell'estate, e rimanendo relativamente costanti a Keen Camp. La frequenza di *AR* rimane invece relativamente costante nel corso dell'anno in tutte e tre le località (WRIGHT e DOBZHANSKY, 1946, modificato).

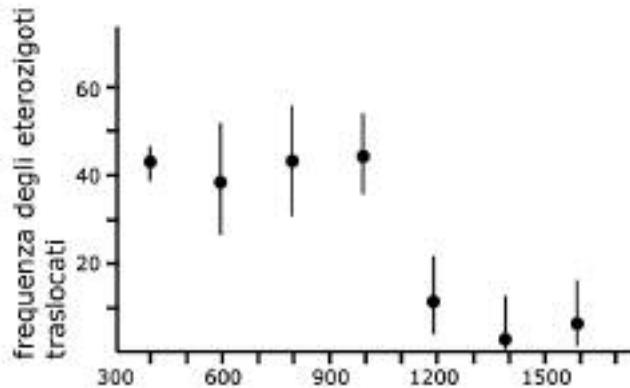


Fig. 2.32 - Polimorfismo cromosomico per una traslocazione nella pianta *Clarkia williamsoni*; nella figura sono riportate le frequenze degli eterozigoti traslocati in popolazioni a quote diverse, dai 300 ai 1.600 m: il pallino nero dà il valore medio nella popolazione, le linee i limiti di confidenza al 95% (WEDBERG *et al.*, 1968, modificato).

alle popolazioni di adattarsi, via selezione naturale, ai cambiamenti nello spazio e nel tempo delle condizioni ambientali (una parziale eccezione è rappresentata da alcuni microorganismi con tempi di generazione estremamente brevi). Partendo dalle mutazioni la riproduzione sessuale moltiplica pressoché all'infinito il numero delle combinazioni genetiche. In questa modalità di riproduzione la formazione di un nuovo individuo avviene attraverso l'unione di due cellule specializzate, i gameti. A differenza delle cellule somatiche, che hanno due set di cromosomi omologhi, uno di origine paterna e l'altro di origine materna (*diploidia*), i gameti hanno un solo set cromosomico (*aploidia*, simbolo: *n*). La fusione del gamete maschile con quello femminile, detta fecondazione o *anfimissi*, ristabilisce la diploidia e dà origine allo zigote, da cui si sviluppa il nuovo indivi-

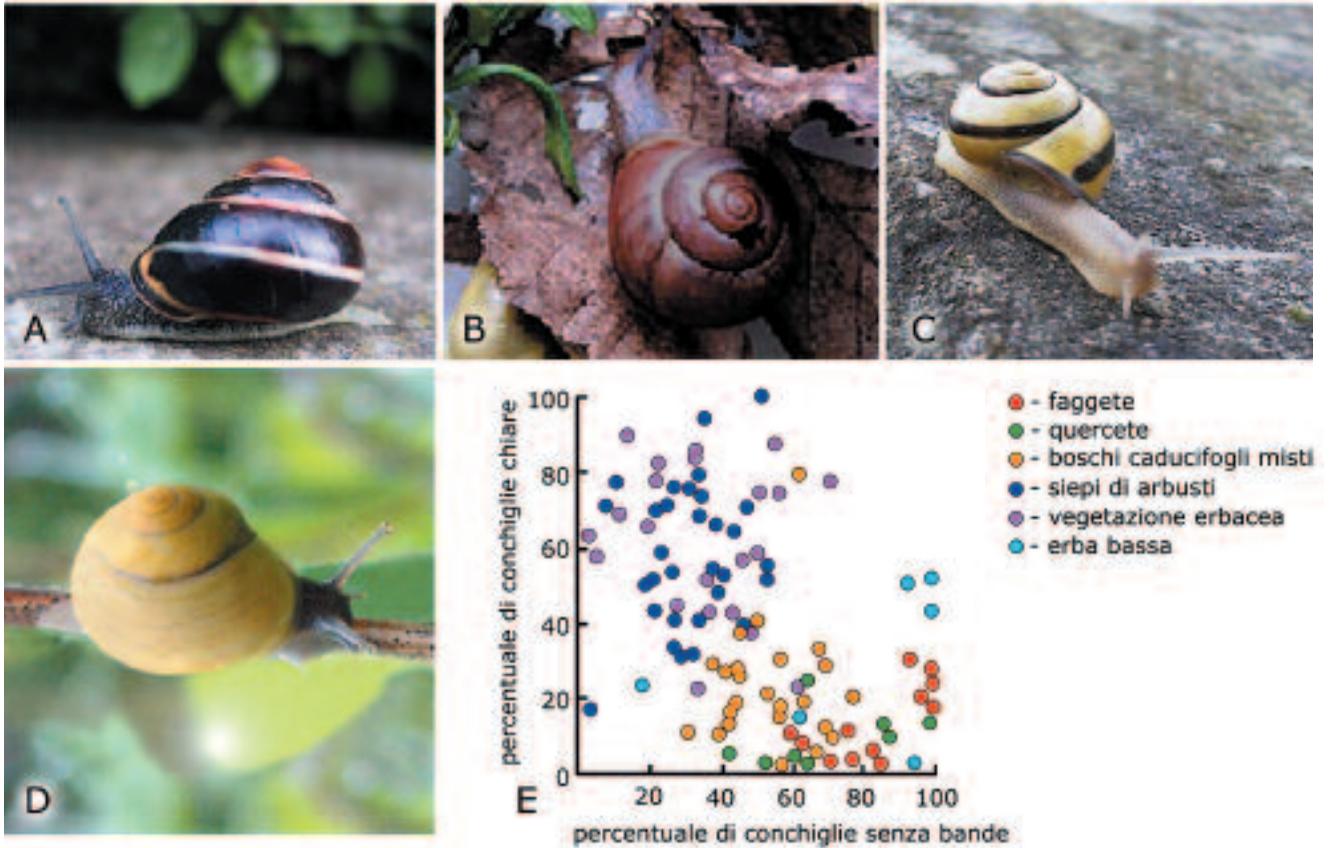


Fig. 2.33 - Polimorfismo per il colore e il bandeggio del guscio nella chiocciola *Cepaea nemoralis*. A: guscio scuro con bande; B: guscio scuro senza bande; C: guscio chiaro con bande; D: guscio chiaro senza bande; E: frequenza del carattere guscio con o senza bande (sull'asse delle ascisse) e guscio scuro o chiaro (sull'asse delle ordinate); la frequenza delle varie forme differisce da popolazione a popolazione, a seconda delle caratteristiche dell'habitat (tipo di substrato e di vegetazione); ogni cerchio corrisponde a una popolazione di *C. nemoralis*; il colore del cerchio indica il tipo di vegetazione nella stazione in cui la popolazione è stata osservata. La base genetica del polimorfismo cromatico di *C. nemoralis* è relativamente complessa e si basa sulla variazione di un supergene (CAIN e SHEPPARD, 1954, modificato).

duo. Nella sessualità ha un ruolo centrale la *meiosi*, il processo che porta alla formazione dei *gameti* (più esattamente la meiosi dà origine ai gameti negli animali, mentre dà origine alle *spore* nelle piante; da queste si sviluppano i gametofiti, aploidi, che producono i gameti). La meiosi è derivata dalla *mitosi*, il processo di duplicazione delle cellule somatiche. La meiosi consiste in due divisioni cellulari consecutive che, a partire da una cellula diploide della linea germinale, danno origine a quattro cellule aploidi; la prima divisione meiotica è *riduzionale*: i cromosomi omologhi, dapprima strettamente appaiati, si separano e migrano ai due poli della cellula, che si divide dando origine a due cellule aploidi; la seconda divisione meiotica è *equazionale* e non differisce dalla mitosi se non per il fatto di realizzarsi in una cellula aploide.

Nella meiosi i cromosomi di origine paterna e materna di ciascuna coppia si distribuiscono in modo indipendente nelle quattro cellule aploidi prodotte; il numero di combinazioni generato dall'*assortimento indipendente* dei cromosomi omologhi dipende da quante sono le coppie cromosomiche (figura 2.36); nella specie umana, in cui  $n = 23$ , il numero di combinazioni è  $2^{23}$ ; nei gameti di un uomo si realizzano, cioè, quasi dieci milioni di combinazioni genetiche. Ancor più rilevante come meccanismo generatore di nuove combinazioni genetiche è la *ricombinazione* o *crossing over*, cioè lo scambio di segmenti di un cromosoma con segmenti corrispondenti del suo omologo, che avviene durante la prima divisione meiotica, quando gli omologhi sono strettamente appaiati (figura 2.37). Come conseguenza dei due fenomeni meiotici dell'assorti-

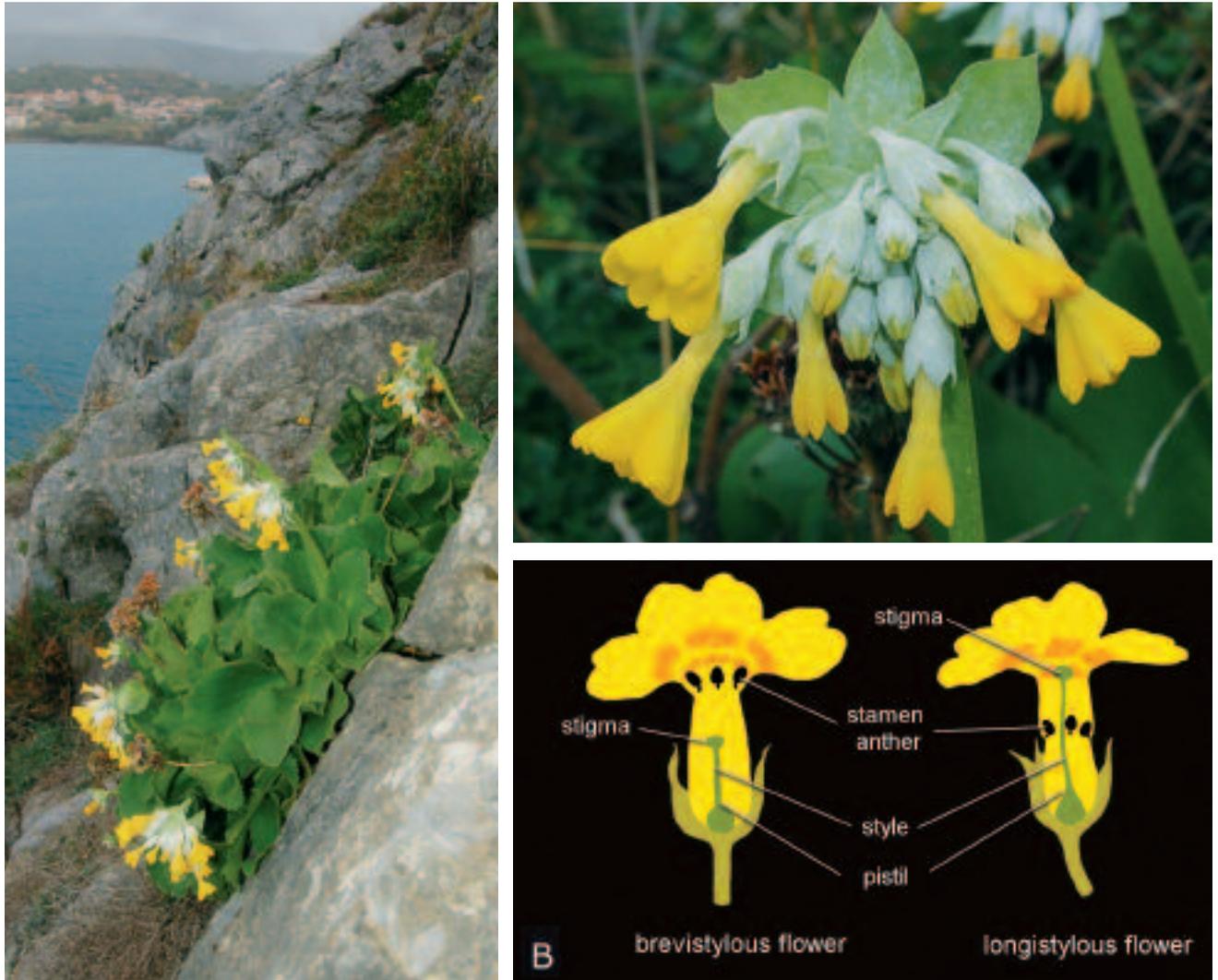
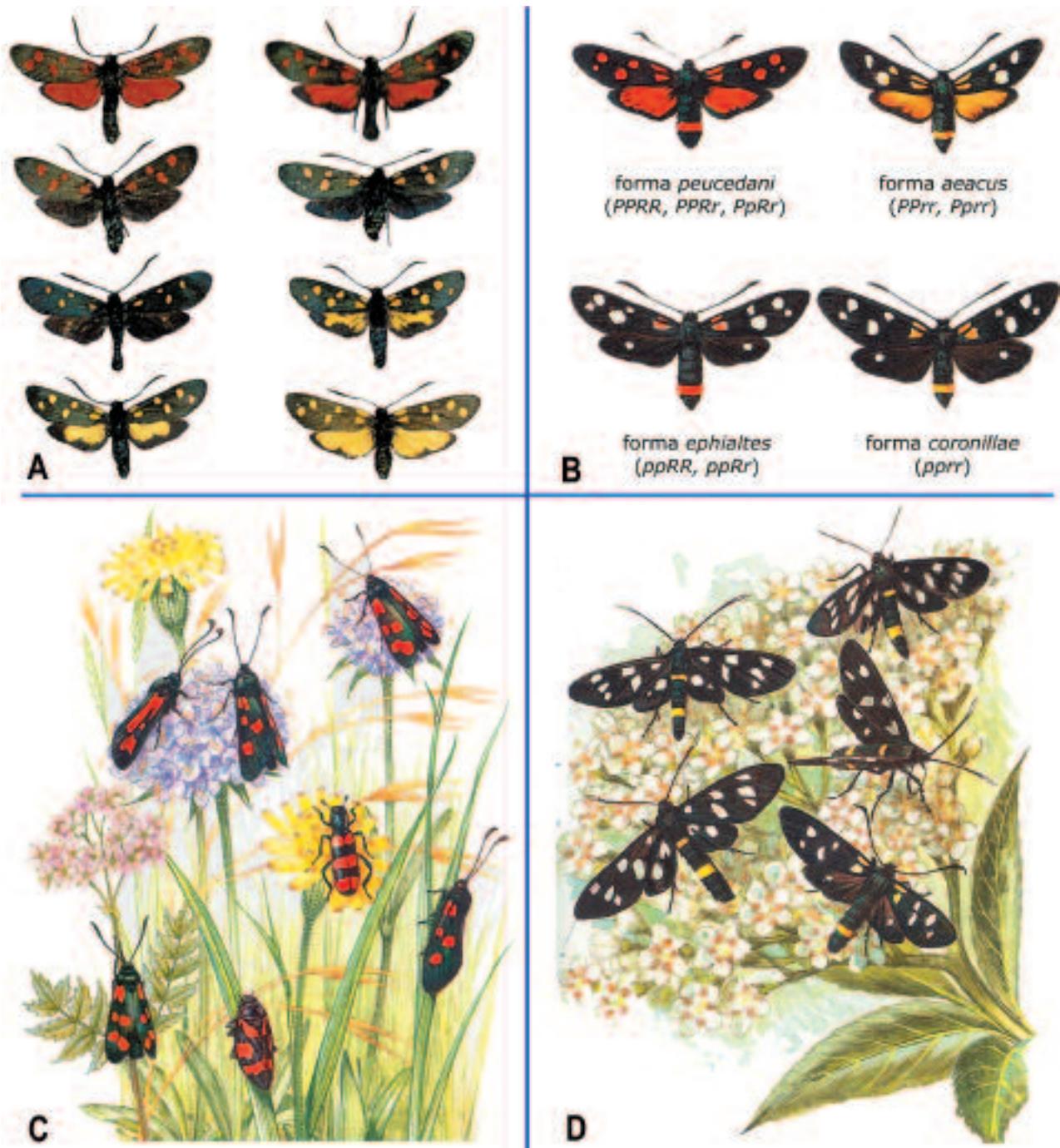


Fig. 2.34 - Eterostilia nel genere *Primula*. Le primule, come molte altre angiosperme, hanno fiori *ermafroditi*, cioè con stami e pistillo nello stesso fiore; tuttavia l'autoimpollinazione è rara. Vari meccanismi favoriscono la fecondazione crociata, cioè l'unione dei gameti maschili e femminili prodotti da individui diversi, conspecifici ma geneticamente differenziati (*allogamia*). Nella figura viene illustrato il meccanismo della eterostilia, un polimorfismo genetico che porta alla formazione di piante con due tipi di fiori: *longistili*, con stilo lungo, stigma all'estremità superiore del tubo della corolla, stami a metà circa del tubo, e *brevistili*, con stilo corto, stigma a metà circa del tubo della corolla, stami all'estremità superiore del tubo. Le piante possono avere fiori brevistili e longistili, ma non entrambi. Molte popolazioni di quasi tutte le specie del genere *Primula* presentano piante sia a fiori longistili che brevistili, con frequenza simile. In A è raffigurata un'infiorescenza della primula *P. veris*, a fiori brevistili, in B un fiore brevistilo (a sinistra) e uno longistilo; in C e in D sono mostrate sezioni di fiori brevistili (a sinistra) e longistili (a destra). Alcuni insetti impollinatori (*pronubi*) penetrano profondamente nella corolla e raccolgono polline dalle antere delle piante a fiori longistili per depositarlo poi sullo stigma di piante a fiori brevistili; altri pronubi visitano la parte superiore dei fiori e raccolgono polline dalle piante a fiori brevistili per depositarlo poi sugli stigmi di quelle a fiori longistili. L'eterostilia evita l'autoimpollinazione, favorendo l'incrocio *assortativo* (cioè non casuale) *negativo* (cioè tra piante fenotipicamente diverse). Il polimorfismo per l'eterostilia è controllato da almeno tre geni strettamente associati (*loci linked*), che costituiscono il *supergene* per l'eterostilia.

Fig. 2.35 (pagina a fianco) - Mimetismo mülleriano e polimorfismo in lepidotteri del genere *Zygaena*.

A - Polimorfismo per il colore e per il disegno nella farfalla *Zygaena transalpina* (Lepidoptera, Zygaenidae), inappetibile per quasi tutti i potenziali predatori; nella prima fila il alto forme rosse non melaniche, diffuse in Italia settentrionale e nelle Alpi, appartenenti al complesso mimetico mülleriano a pattern rosso e nero illustrato nella Fig. C; nella seconda fila forme rosse melaniche della sottospecie *xanthographa*, presente in Italia centro-meridionale; nella terza fila forme gialle più o meno melaniche della sottospecie *xanthographa*; nella quarta fila, in basso, forme gialle non melaniche della sottospecie *tilaventa*, diffuse in Friuli e nella Venezia Giulia.



B - Polimorfismo nella farfalla *Zygaena ephialtes*: in alto a sinistra forma peucedanoide rossa (*peucedani*) appartenente al complesso mimetico mülleriano a pattern rosso e nero illustrato in Fig. 3; in alto a destra forma peucedanoide gialla (*aeacus*); in basso a sinistra forma ephialtoide rossa (*ephialtes*); in basso a destra forma ephialtoide gialla (*coronillae*), appartenente al complesso mimetico mülleriano a pattern nero, bianco e giallo, comprendente le specie del genere *Syntomis* (Lepidoptera, Ctenuchidae), illustrato in Fig. D.

C - Complesso mimetico mülleriano comprendente varie specie del genere *Zygaena*, coleotteri del genere *Trichodes* ed emitteri del genere *Cercopis*. A tale complesso mimetico, diffuso in Europa, appartengono anche le forme rosse non melaniche di *Z. transalpina* e la forma peucedanoide rossa di *Zygaena ephialtes* (SBORDONI e FORESTIERO, 1984, modificato).

D - Complesso mimetico mülleriano comprendente le specie *Syntomis* e la forma ephialtoide gialla di *Zygaena ephialtes*, sono raffigurati in alto a sinistra un esemplare di *S. ragazzii*, in alto a destra e sotto tre esemplari di *S. phegea*, in basso a destra un esemplare della forma ephialtoide gialla di *Z. ephialtes*; tale complesso mimetico è diffuso abbondantemente in Italia peninsulare e nei Balcani centrali (SBORDONI e FORESTIERO, 1984, modificato).

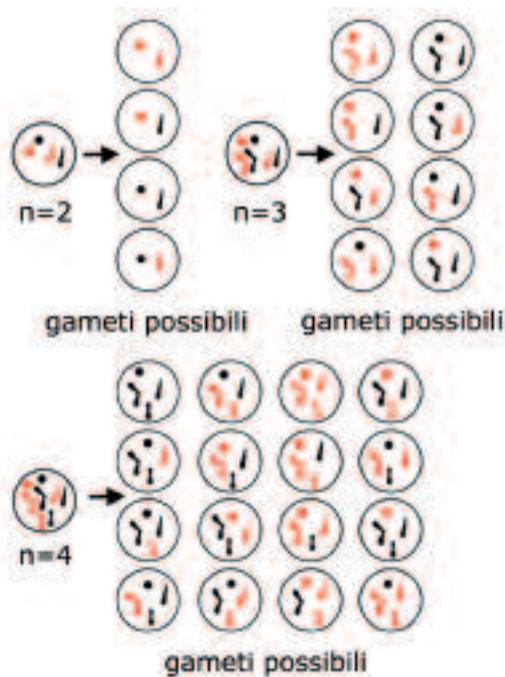


Fig. 2.36 - Assortimento indipendente dei cromosomi omologhi durante la prima divisione meiotica (CURTIS e BARNES, 1985).

mento indipendente dei cromosomi e della ricombinazione una progenie originatasi per via sessuale, per quanto numerosa, è costituita da individui geneticamente diversi tra loro (i gemelli monozigoti, geneticamente identici, derivano da un singolo uovo fecondato). La riproduzione sessuale, benché molto più complessa ed energeticamente assai più costosa delle altre modalità riproduttive, si è evoluta indipendentemente in vari gruppi di organismi ed è attualmente presente nella loro grande maggioranza. La perdita della sessualità (per esempio nelle popolazioni di angiosperme che a causa dell'estinzione locale dei pronubi si riproducono clonalmente) prelude spesso all'estinzione della popolazione.

La diversità genetica delle specie è influenzata dal *flusso genico*: quando un individuo si sposta da una popolazione a un'altra, e in quest'ultima si riproduce, trasferisce ad essa i suoi geni contribuendo ad aumentarne la variabilità genetica. Il flusso genico, se intenso e prolungato nel tempo, è un'importante forza "antievolutiva"; esso, infatti, tende a mantenere geneticamente uniformi le popolazioni di una specie, riducendo le differenze che tra esse insorgono come conseguenza: 1) delle mutazioni, che compaiono in modo indipendente nelle varie popolazioni; 2) della selezione naturale, cioè del-

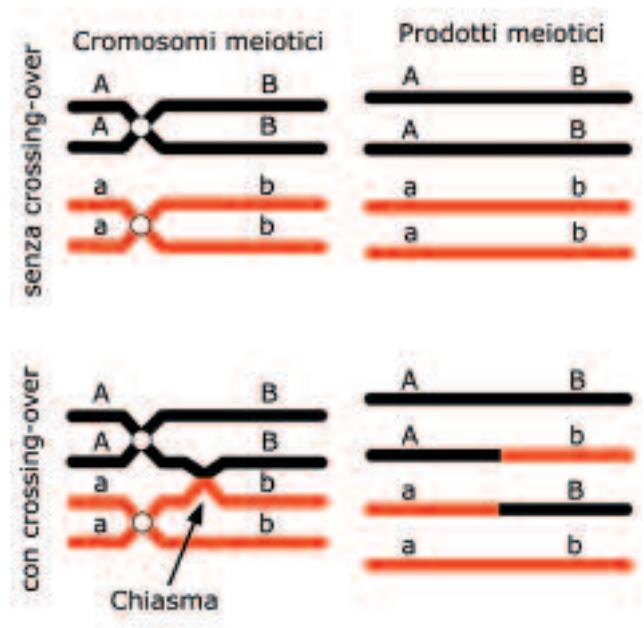


Fig. 2.37 - Coppia di cromosomi omologhi, ciascuno formato da due cromatidi identici, uniti nel centromero, alla fine della profase I; sono mostrati i prodotti meiotici senza *crossing-over* (sopra) e con un evento di *crossing-over* (sotto).

la riproduzione differenziale (*fitness*) dei vari genotipi, che rende più frequenti in ciascuna popolazione geni e combinazioni geniche che meglio si adattano alle particolari condizioni ambientali in cui la popolazione vive; 3) dei fenomeni di *deriva genetica*, cioè dei cambiamenti stocastici (cioè casuali) delle frequenze geniche e cromosomiche causati dalle variazioni nel numero degli individui che compongono una popolazione. L'interruzione prolungata del flusso genico tra popolazioni (causata per esempio dall'insorgere di barriere geografiche) ne favorisce il differenziamento genetico e può culminare con la formazione di nuove specie (*speciazione allopatrica* - figure 2.38 e 2.39).

### La diversità genetica delle popolazioni e la minaccia di estinzione

Come si è detto la diversità genetica, oggi studiabile quantitativamente con vari *marcatori genetici*, è essenziale per la sopravvivenza delle popolazioni. Essa è infatti alla base dei processi adattativi, grazie ai quali le popolazioni riescono a fronteggiare con successo il continuo variare nel tempo e nello spazio dei diversi fattori ecologici (condizioni climatiche, specie competitive, predatori, parassiti, risorse trofiche utilizzabili,

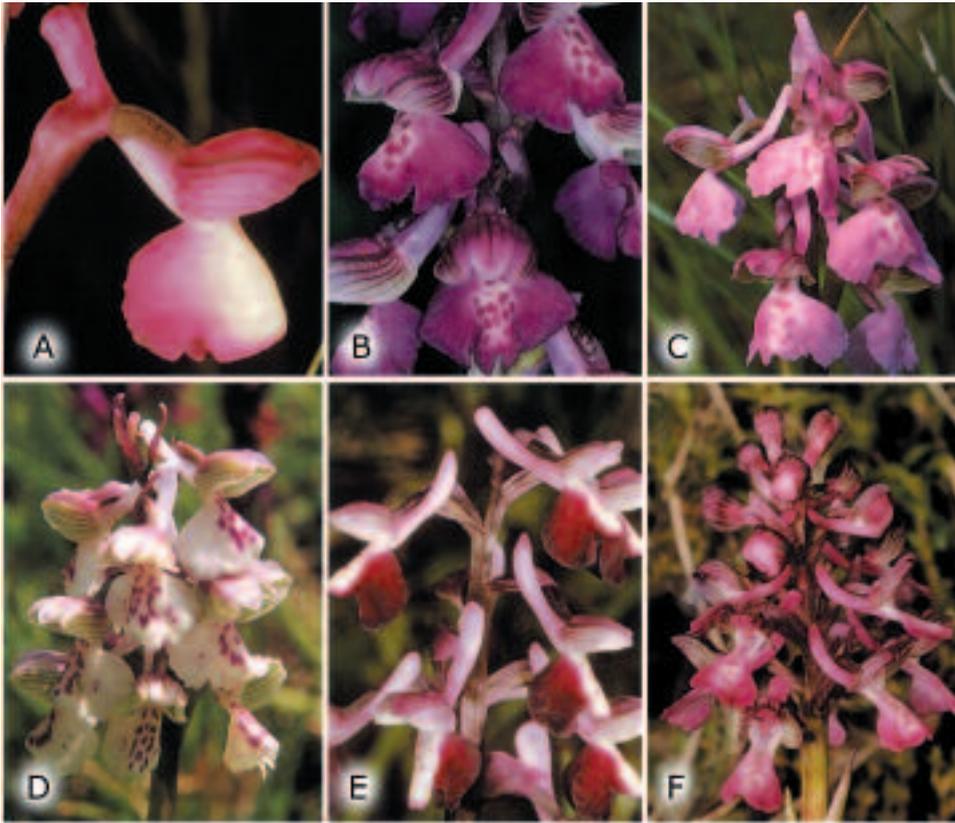


Fig. 2.38 - Differenziamento morfologico e genetico in orchidee diploidi e autotetraploidi del complesso *Anacamptis morio*. A: *A. champagneuxii*,  $2n=36$  (Francia meridionale; DELFORGE, 2001); B: *A. morio morio*,  $2n=36$  (Francia settentrionale; BOURNÉRIAS *et al.*, 1998); C: *A. morio* A,  $2n=36$  (Trentino, Italia; PERAZZA, 1992); D: *A. morio* A forma *albiflora*,  $2n=36$  (Italia; CRESCENTINI e KLAVER 1997); E: *A. longicornu*,  $2n=36$  (Sicilia; DELFORGE, 2001); F: *A. morio* E,  $2n=36$  (Macedonia; DELFORGE, 2001).



Fig. 2.39 - Frequenze alleliche al gene *Dia-2*, codificante per la proteina enzimatica diaforasi, nel complesso *A. morio* ( $2n$ ). 1, 2, 5: *A. champagneuxii* ( $2n$ ); 3: *A. champagneuxii* ( $4x$ ); 4, 6-9: *A. morio morio* ( $2n$ ); 10-22: *A. morio* A ( $2n$ ); 23-26: *A. longicornu* ( $2n$ ); 27-29: *A. morio* E ( $2n$ ).

composizione chimica del medium, ecc.), come esemplificato dalla cosiddetta *Red Queen Hypothesis* di VAN VALEN (1973).

Perché una popolazione mantenga la sua variabilità genetica e la sua flessibilità adattativa è necessario che le sue dimensioni rimangano al di sopra di un certo livello (concetto di *minima popolazione vitale*, MVP, Shaffer, 1981). Nelle piccole popolazioni, infatti, stress ambientali possono provocare fluttuazioni della natalità e della mortalità tali da portare all'estinzione; inoltre, le piccole popolazioni perdono variabilità genetica, come predetto da modelli matematici e confermato da esperimenti sul campo, a causa dell'*inincrocio* (o *inbreeding*, cioè la riproduzione tra individui imparentati,) e della *deriva genetica*. Inoltre, poiché nel patrimonio ereditario di ciascun membro della popolazione sono presenti allo stato eterozigote alleli svantaggiosi o letali (*genetic load* o *carico genetico*), l'incrocio tra parenti (e, nelle specie ermafrodite, l'autofecondazione) aumenta di molto la probabilità che tali alleli siano presenti nella discendenza allo stato omozigote (*depressione da inbreeding*); come conseguenza molti individui non raggiungono la maturità sessuale o, se la raggiungono, hanno prole poco numerosa, poco vitale, con basso successo riproduttivo o addirittura sterile. In natura operano molti meccanismi che prevengono l'inbreeding. Per esempio in molti primati gregari i maschi, giunti all'età riproduttiva, abbandonano il gruppo in cui sono nati e vanno a riprodursi in un altro gruppo; in molte specie animali è stata dimostrata una particolare forma di selezione sessuale, detta *vantaggio della forma rara*: gli individui con caratteristiche fenotipiche diverse da quelle più frequenti nella popolazione hanno maggiore probabilità di accoppiarsi; nelle piante l'*allogamia*, cioè l'impollinazione tra fiori di piante diverse, è favorita da vari adattamenti, mentre l'autogamia è ostacolata; nelle piante con fiori ermafroditi gli organi sessuali maschili e femminili spesso maturano i gameti in tempi diversi, oppure sono collocati in modo da rendere improbabile l'autofecondazione. Quando le popolazioni diventano piccole molti di tali meccanismi cessano di operare.

Per il mantenimento della variabilità genetica di una popolazione ciò che conta non è, tuttavia, il numero totale degli individui che la compongono ( $N$ ), ma il numero degli individui che si riproducono ( $N_e$  = *dimensione effettiva della popolazione*). Nelle popolazioni naturali  $N$  e  $N_e$  possono essere molto diversi; negli insetti, per esempio, il numero di uova e di larve nella popo-

lazione può essere assai elevato; la gran parte degli individui, tuttavia, muore prima della metamorfosi uccisa da infezioni, endoparassiti, a predatori, o a causa della scarsità di risorse trofiche, o ancora per le condizioni climatiche avverse. Anche in altri gruppi animali, soprattutto ove manchino le cure parentali, la mortalità durante gli stadi giovanili è elevata. Nelle stime della dimensione che una popolazione deve avere per mantenere nel tempo un'elevata variabilità genetica vanno quindi distinte le specie che subiscono forti fluttuazioni demografiche (per esempio molti invertebrati, molte piante annue), da quelle in cui tali fluttuazioni sono minori (per esempio mammiferi e uccelli). In entrambi i casi vanno presi in considerazione anche gli eventi ambientali e demografici negativi per la popolazione, prevedibili a medio e a lungo termine.

Come abbiamo visto la variabilità genetica intrapopolazionale è fortemente influenzata, oltreché dalla dimensione della popolazione, dalla presenza o meno di flusso genico con altre popolazioni conspecifiche. Nelle popolazioni isolate la perdita di variabilità genetica in seguito a deriva è infatti un fenomeno difficilmente reversibile, che può essere bilanciato solo da eventi di mutazione. Ciò rende queste popolazioni ad alto rischio di estinzione. Attualmente le popolazioni isolate sono assai più numerose che in passato a causa di barriere di vario tipo create dall'uomo, per esempio vaste aree ad agricoltura intensiva, conurbazioni, insediamenti industriali, grandi opere viarie, ecc.

Gli esempi di popolazioni e specie attualmente a rischio di estinzione, molte delle quali mostrato una variabilità genetica fortemente ridotta (*erosione genetica*), sono numerosi. Vanno ricordati: l'elefante di mare *Mirounga angustirostris*, che ha subito nel secolo scorso un pronunciato crollo demografico, soprattutto a causa della caccia indiscriminata; il ghepardo *Acinonyx jubatus*, che ha mostrato completa assenza di variabilità genetica ai marcatori studiati; il leone asiatico *Panthera leo persica*, la cui popolazione residua, ibridata con individui della sottospecie africana *Panthera leo leo*, ha mostrato un rapido e significativo aumento della fecondità; il bisonte *Bison bison*, di cui si pensa fossero presenti da 50 a 100 milioni di individui prima della colonizzazione dell'America settentrionale da parte degli europei, e che sopravvive oggi solo all'interno di parchi e riserve; il bisonte europeo *Bison bonasus*, la cui popolazione attuale, distribuita soprattutto nel Parco di Bialowieza in Polonia, deriva da pochi individui e mostra gli effetti della depressione da inbreeding (aumen-

to della mortalità e riduzione della fertilità, HART e PUCEK, 1994); il panda maggiore *Ailuropoda melanoleuca*, la cui sopravvivenza è minacciata soprattutto dalla deforestazione ad opera dell'uomo, i pesci *Hoplostetetus atlanticus*, *Gadus morhua*, *Thunnus thynnus*, *Xiphias gladius*, *Salvelinus fontinalis*, di cui è stata documentata la perdita di variabilità genetica in seguito a pesca intensiva (le gravi infezioni e parassitosi osservate recentemente nelle popolazioni mediterranee di tonno e pesce spada sono probabilmente una conseguenza della perdita di variabilità genetica che esse hanno subito). Tra le specie italiane ricordiamo la Scarpetta di Venere *Cypridium calceolus*, estinta o a rischio di estinzione in vari paesi europei non tanto per la raccolta indiscriminata, come si è a lungo creduto, quanto per la mancata maturazione dei frutti (*fruiting failure*) legata alla rarefazione degli insetti pronubi, con l'importante conseguenza dell'intensificarsi, in molte popolazioni, della riproduzione vegetativa (figura 2.40); l'orchidea delle paludi *Anacamptis palustris*, ridotta a piccole popolazioni a causa della rarefazione del suo habitat naturale (dovuta alle bonifiche e al prosciugamento delle zone umide), la cui variabilità genetica è risultata significativamente minore di quella della specie affine *A. laxiflora*; il cervo del Boscone della Mesola *Cervus elaphus*, le cui piccole dimensioni, scarsa resistenza alle malattie e scarsissime fecondità sono dovute a inbreeding depression; il camoscio d'Abruzzo *Rupicapra pyrenaica ornata*, risultato quasi privo di variabilità ai marcatori studiati; il lupo *Canis lupus*, ridotto fino a poco tempo fa a poche decine di individui con bassa variabilità genetica e depressione da inbreeding.

Per la gestione delle popolazioni e delle specie minacciate di estinzione è necessario conoscerne la struttura genetica. Per esempio nelle popolazioni minacciate in cui i fenomeni di depressione da inbreeding sono evidenti e il numero degli individui che si riproducono diminuisce di generazione in generazione, può risultare necessaria l'immissione di individui di origine geografica diversa; tuttavia tale pratica non è priva di rischi e va impiegata con cautela. I geni di una popolazione sono, infatti, il risultato di lunghi ed estesi processi di coadattamento; l'*outbreeding* potrebbe provocare una diminuzione del livello di coadattamento genico (*outbreeding depression*).

La conservazione della diversità genetica degli organismi, sia all'interno che tra le popolazioni, ha un'importanza cruciale per la loro salvaguardia; ciò ha determinato la nascita di una nuova disciplina: la Genetica

della Conservazione (*Conservation Genetics*) con riviste e pubblicazioni specializzate. Due sono gli obiettivi principali che tale disciplina persegue: 1) preservare la diversità genetica esistente; 2) consentire ai processi evolutivi che la determinano di continuare a operare. In particolare è necessario monitorare la variabilità genetica delle popolazioni animali e vegetali sottoposte a sfruttamento ad opera dell'uomo con la caccia, la pesca o la raccolta indiscriminata e stabilire caso per caso l'entità dei prelievi compatibili con il mantenimento della diversità genetica. Va, inoltre, caratterizzata su scala geografica la struttura genetica delle popolazioni (*filogeografia*), per identificare le unità significative di evoluzione (*Evolutionary Significant Unit* - ESU); tali unità sono costituite da gruppi di popolazioni geneticamente differenziati in seguito a un isolamento geografico più o meno prolungato; ogni unità merita di essere conservata, in quanto rappresenta una frazione significativa della diversità genetica della specie (AVISE e HAMRICK, 1996). Vanno, infine, identificate e protette le aree geografiche che risultino centri di diversità genetica per la presenza di specie endemiche, di popolazioni numerose e geneticamente variabili di specie altrove depauperate, o di *zone ibride* (cioè aree di contatto tra popolazioni geneticamente differenziate).

La realizzazione di riserve per la conservazione della diversità genetica sia nel nostro paese che nel resto del mondo è necessaria e urgente; i parchi e le riserve naturali tradizionali infatti spesso non comprendono nei loro confini i centri di diversità genetica; inoltre, i criteri e i metodi di gestione delle riserve di diversità genetica non sono gli stessi utilizzati nei parchi e nelle riserve naturali tradizionali.



*C. calceolus*



*C. californicum*



*C. guttatum*



*C. macranthos*



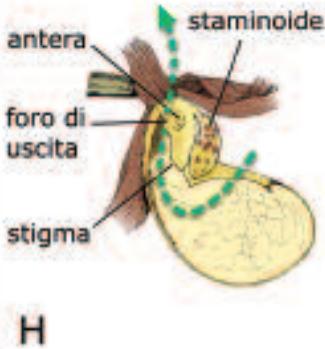
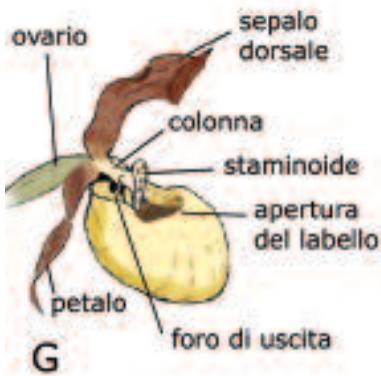
*Andrena* sp. sull'apertura del labello di *C. calceolus*



*Andrena haemorrhoa*



*C. calceolus*



H

## Bibliografia

- AVISE J.C., HAMRICK J.L., 1996 – *Conservation Genetics*. Chapman & Hall, New York.
- BOURNÉRIAS M. (ed.), 1998 – *Les Orchidées de France, Belgique et Luxembourg*. Collection Parthénope, Paris.
- CAIN A.J., SHEPPARD P.M., 1954 – *Natural selection in Cepaea*. *Genetics*, 39: 89-116.
- CLAUSEN J., KECK D.D., HIESEY W.M., 1948 – *Experimental studies on the nature of species. III Environmental responses of climatic races of Achillea*. Carnegie Inst. Washington Publ., 581: 1-129.
- CRESCENTINI R., KLAVER J.M.I., 1997 – *Orchidee spontanee della provincia di Pesaro e Urbino*. Prov. di Pesaro e Urbino, Quaderni dell'ambiente, vol. 1, a cura dell'Ass.to Ambiente.
- CURTIS H., BARNES N.S., 1985 – *Invitation to Biology*. 4<sup>th</sup> ed. Worth Publishers, New York. Trad. it.: *Invito alla Biologia*. 3° ed., Zanichelli, Bologna, 1987.
- DE JONG C.F., 2002 – *Artificial Pollination of Cypripedium Species*. <<http://www.cypripedium.de/forum/pollination.pdf>>
- DELFORGE P., 2001 – *Guide des orchidées d'Europe, d'Afrique du Nord et du Proche-Orient*. Delachaux et Nestlé S.A., Lausanne, Switzerland.
- GIBBONS B., 1995 – *Field Guide to Insects of Britain and Northern Europe*. The Crowood Press, Ramsbury, Wiltshire.
- HARTL G.B., PUCEK Z., 1994 – *Genetic Depletion in the European Bison (Bison bonasus) and the Significance of Electrophoretic Heterozygosity for Conservation*. *Cons. Biol.*, 8: 167-174.
- LEES D.R., 1981 – *Industrial melanism: Genetic adaptation of animals to air pollution*. In: BISHOP J.A., COOK L.M. (eds.), *Genetic Consequences of Man Made Change*. Academic Press, London, pp. 129-176.
- MAJERUS M.E.N., 1994 – *Ladybirds*. New Naturalist Series, N. 81. HarperCollins, London.
- MAJERUS M.E.N., 1998 – *Melanism. Evolution in Action*. Oxford University Press, New York.
- PERAZZA G., 1992 – *Orchidee spontanee in Trentino-Alto Adige*. Manfrini editori, Calliano, Trento.
- POZZI G., 1990 – *Farfalle d'Italia e d'Europa*. Editoriale Giorgio Mondadori.
- SBORDONI V., FORESTIERO S., 1984 – *Il mondo delle farfalle*. Mondadori, Milano.
- SHAFFER M.L., 1981 – *Minimum population sizes for species conservation*. *BioScience*, 31: 131-134.
- VAN VALEN L., 1973 – *A new evolutionary law*. *Evol. Theory*, 1, 1-30.
- WEDBERG H.L., LEWIS H., VENKATESH C.S., 1968 – *Translocation heterozygotes and supernumerary chromosomes in wild populations of Clarkia williamsonii*. *Evolution*, 22: 93-107.
- WRIGHT S., DOBZHANSKY TH., 1946 – *Genetics of natural populations. XII. Experimental reproduction of some of the changes caused by natural selection in certain populations of Drosophila pseudoobscura*. *Genetics*, 31: 125-150.

Fig. 2.40 – Orchidee del genere *Cypripedium* e loro pronubi.

Sono raffigurate alcune specie di orchidee del genere *Cypripedium* (figg. A-E, I), con fiori grandi e vistosamente colorati e col caratteristico labello a forma di scarpa, da cui i nomi popolari di “scarpetta di venere” o “scarpetta della Madonna”. I fiori di queste orchidee sono privi di nettare e non danno alcuna “ricompensa” ai pronubi (*deceptive orchids*). Il fiore funge da “trappola” temporanea; vari insetti, attirati da stimoli visivi e olfattivi, vi penetrano attraverso l'ampia apertura imbutiforme del labello (figg. E, G, H). Se l'insetto ha dimensioni troppo grandi, come nel caso dell'ape domestica (*Apis mellifera*), può rimanere intrappolato nel fiore e morirvi; se l'insetto è troppo piccolo, esce da uno dei due fori laterali senza sporcarsi di polline. I pronubi specifici, in *C. calceolus* alcuni apoidei del genere *Andrena* di dimensioni medie, specialmente *A. haemorrhoea* (fig. F), penetrano nel fiore e, sfregando il corpo peloso su stigma e antere, si coprono di polline; quindi fuoriescono da uno dei fori laterali; successivamente, visitando il fiore di un'altra orchidea conspecifica, la impollinano. L'uso massiccio di DDT e di altri insetticidi di sintesi ha provocato il declino dei pronubi delle *Cypripediaceae*; la grande maggioranza dei fiori nelle specie europee e nord-americane non vengono fecondati e non producono semi (*fruiting failure*). Poiché nel genere *Cypripedium* non è possibile l'autofecondazione naturale, la riproduzione avviene spesso per via vegetativa, mediante propagazione di rizomi ipogei. Nelle popolazioni in cui ciò avviene si hanno livelli elevati di *inbreeding* e conseguente riduzione della variabilità genetica (*genetic erosion*). La fig. G mostra schematicamente la morfologia di un fiore di *C. calceolus*; nella fig. H una sezione sagittale mostra la struttura interna del fiore; una freccia indica il percorso di un pronubo dal suo ingresso attraverso l'apertura imbutiforme del labello alla sua fuoriuscita da uno dei due fori laterali. (Figg. A e D da DELFORGE, 2001; B e C da CRIBB, 1997; E da BUTLER, 1991; F da GIBBONS 1995; G da JONG, 2002; H da PROCTOR *et al.*, 1996; I da BOURNERIAS, 1998, modificati).

## DIVERSITÀ GENETICA DELLE SPECIE VEGETALI DI INTERESSE AGRARIO

[Oronzo Antonio Tanzarella, Enrico Porceddu, Gian Tommaso Scarascia Mugnozza]

Per biodiversità delle piante agrarie si intendono le risorse genetiche, cioè ogni materiale di origine vegetale, di valore attuale o potenziale per l'agricoltura e l'alimentazione e per i prodotti anche non-alimentari che dall'agricoltura, selvicoltura inclusa, si possono ottenere: tessuti, farmaceutici, biocombustibili, materiali da costruzione e per bioindustria, ecc. La transizione delle comunità umane primitive da cacciatori-raccoglitori nomadi a comunità stanziali di agricoltori ha permesso di soddisfare le esigenze alimentari di un numero crescente di individui e di limitare il numero di componenti che si dedicavano al reperimento dei mezzi di sostentamento. Ciò ha determinato il rapido incremento demografico del Neolitico e, successivamente, lo sviluppo grazie alla diversificazione



Fig. 2.41 - Alcuni prodotti agricoli.

Grano	Sorgo
Riso	Canna da zucchero
Mais	Miglio
Patata	Banana
Orzo	Pomodoro
Patata americana	Barbabietola da zucchero
Tapioca	Segale
Vite	Arancio
Soia	Cocco
Avena	Semi di girasole

Tabella 2.1 – Le 20 specie principali su cui si basa l'alimentazione umana (HARLAN, 1976, modificata), in ordine decrescente di importanza.

delle attività umane, delle civiltà e della cultura. La riduzione della biodiversità nell'ambito dei materiali coltivati rappresenta una conseguenza inerente all'attività agricola che ha dovuto, inevitabilmente, scegliere e selezionare le specie più idonee per soddisfare le esigenze alimentari dell'uomo e quelle degli animali domestici nell'ambito della variabilità esistente in natura. Ciò è dimostrato dal fatto che, nel corso della sua storia come agricoltore, l'uomo ha utilizzato per la produzione agricola circa 3000 delle 75.000 specie potenzialmente eduli che, a loro volta, rappresentano circa un quarto delle specie vegetali conosciute (figura 2.41). Le specie attualmente coltivate sono 150 e l'alimentazione umana si basa su 20 (tabella 2.1) di esse, mentre tre sole specie, il frumento, il riso e il mais, forniscono il 60% delle calorie e il 56% delle proteine consumate dall'uomo.

La storia del miglioramento genetico vegetale negli ultimi 100 anni è stata quella di un successo straordinario. Con la nascita della genetica all'inizio del ventesimo secolo divenne possibile dare un'impostazione scientifica rigorosa ai programmi di miglioramento genetico che, nel



Fig. 2.42 - Spighe in un campo di frumento.

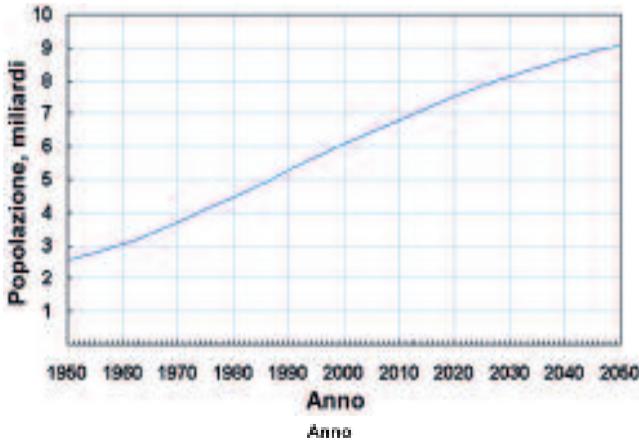


Fig. 2.43 - Crescita della popolazione mondiale dal 1950 al 2050 (Fonte: U.S. Census Bureau).

corso degli anni, sono ricorsi a strumenti sempre più sofisticati per modificare le caratteristiche genetiche delle piante coltivate. Negli anni '50 e '60 l'introduzione nei paesi in via di sviluppo di varietà di cereali altamente produttive, in grado di avvalersi del perfezionamento delle tecniche agronomiche e, in particolare, dell'introduzione della meccanizzazione, del miglioramento delle tecniche di fertilizzazione e dell'uso di fitofarmaci, ha determinato incrementi produttivi straordinari, dando luogo a quella che è stata definita "Rivoluzione verde" (figura 2.42).

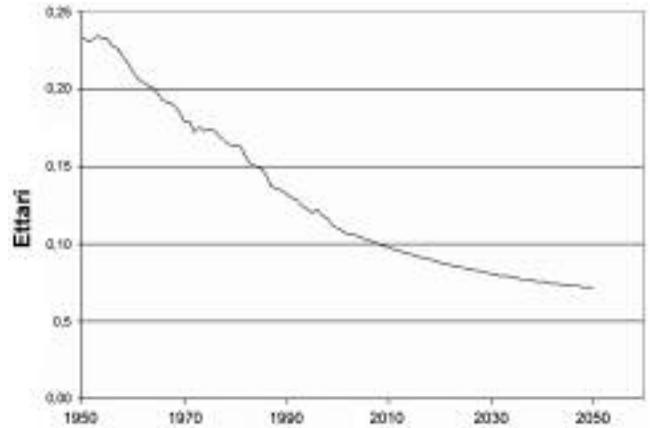


Fig. 2.44 - Variazione dell'area coltivata a cereali per persona dal 1950 al 2050.

L'aumentata produttività ha permesso di soddisfare le esigenze alimentari di una popolazione mondiale in crescita esplosiva e di limitare la messa in coltura di nuove aree, riducendo il tasso di deforestazione (figure 2.43 e 2.44). L'attività di miglioramento genetico ha prodotto anche una più avanzata standardizzazione qualitativa, nutrizionale e tecnologica dei prodotti agricoli, soddisfacendo le richieste dei consumatori e dell'industria di trasformazione alimentare (figure 2.45 e 2.46). Come spesso accade nelle attività umane, tuttavia, anche i risultati più



Fig. 2.45 - Variabilità tra diverse varietà di mele.

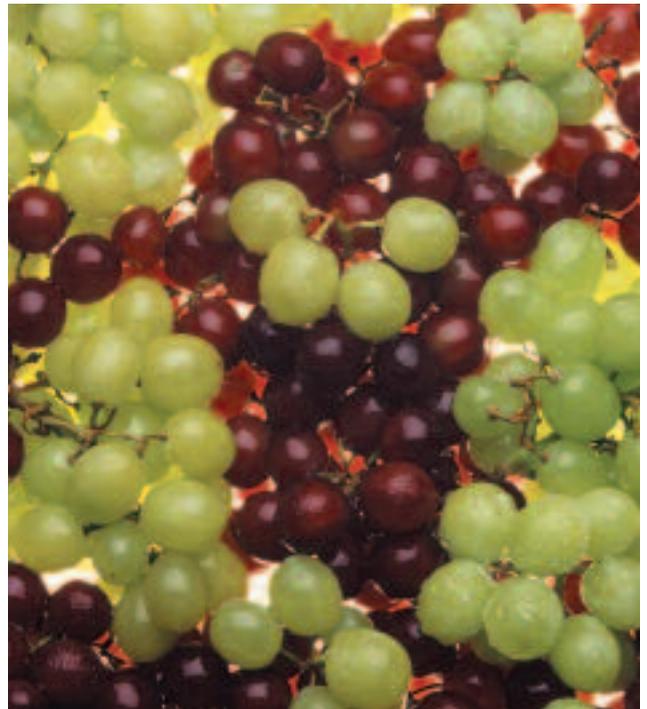


Fig. 2.46 - Acini di uva di diverso colore.



Fig. 2.47 - Variabilità per il colore e la forma delle cariossidi e per le dimensioni della spiga in mais.



Fig. 2.48 - Variabilità tra spighe di frumento.

straordinari non sono scervi da zone d'ombra e inconvenienti. La diffusione delle varietà altamente produttive, infatti, ha provocato un'intensa erosione delle risorse genetiche delle specie coltivate, con la scomparsa delle vecchie razze locali che presentavano un'elevata variabilità genetica e una buona adattabilità ad ambienti specifici. Ciò, a lungo termine, potrebbe pregiudicare gravemente il conseguimento di ulteriori miglioramenti produttivi, qualitativi e resistenti a stress biotici e abiotici a causa della ridotta variabilità genetica alla quale attingere per il reperimento di nuovi geni e blocchi genici da introdurre nelle varietà coltivate.

Una parte dell'immenso patrimonio di variabilità genetica esistente nelle vecchie varietà locali coltivate nella prima metà del secolo scorso si è salvata grazie all'attività di raccolta e conservazione del germoplasma delle specie coltivate (figure 2.47, 2.48, 2.49 e 2.50).

Esistono (vedi § *Salvaguardia e monitoraggio della biodiversità in Italia*) due possibili approcci alla conservazione della biodiversità: *in situ* ed *ex situ*. La conservazione *in situ* della biodiversità in agricoltura è stata definita da BROWN (1999) come il mantenimento della diversità presente all'interno e tra popolazioni delle specie utilizzate direttamente in agricoltura o come fonti di geni negli habitat in cui tale diversità ha avuto origine e continua a svilupparsi. Essa riguarda interi ecosistemi agricoli e comprende sia le specie utilizzabili direttamente, sia le specie selvatiche affini presenti. Fin dai primordi dell'agricoltu-

ra le specie selvatiche hanno contribuito ad arricchire la biodiversità delle specie coltivate attraverso gli eventi di ibridazioni spontanee che si sono verificati ai margini dei campi coltivati. Numerosi caratteri incorporati nelle moderne varietà coltivate di patata, frumento, orzo, riso, mais, avena, ecc., importanti soprattutto per l'adattabilità (ad esempio resistenze a stress biotici e abiotici) hanno avuto origine dalle specie selvatiche. Questo processo è ancora in atto nei centri di domesticazione delle piante coltivate, che si trovano prevalentemente in paesi in via di sviluppo. Le specie selvatiche rappresentano una fonte preziosa e insostituibile di geni utili, soprattutto per resistenze a malattie e a parassiti, da trasferire nelle varietà coltivate altamente produttive attraverso i programmi di miglioramento genetico. È necessario, infatti, reperire continuamente nuovi geni di resistenza che permettano di contrastare lo sviluppo di ceppi patogeni in grado di superare le resistenze introdotte precedentemente. La disponibilità di più fonti di resistenza consente, inoltre, di accumulare più geni di resistenza, il cui effetto combinato ostacola e procrastina lo sviluppo di ceppi virulenti da parte del patogeno. La riduzione dell'uso di fitofarmaci, possibile grazie all'uso di genotipi resistenti, ha una duplice ricaduta positiva: limita l'impatto ambientale dell'attività agricola, evitando l'immissione di sostanze tossiche nocive per l'uomo e per la fauna, e riduce i costi di produzione, aspetto particolarmente importante per i paesi in via di sviluppo. Sono innumerevoli i geni di resisten-



Fig. 2.49 - Variabilità per le dimensioni e il colore in semi di *Phaseolus coccineus*.



Fig. 2.50 - Variabilità tra cariossidi di diverse varietà di riso.

za a patogeni trasferiti da specie selvatiche nei materiali coltivati mediante programmi di miglioramento genetico, ad esempio: in frumento resistenze a ruggini e oidio da varie specie selvatiche dei generi *Triticum* e *Aegilops*; in riso resistenze a virus, batteri e funghi da specie selvatiche del genere *Oryza*; in patata resistenza alla peronospora e in pomodoro resistenze a vari funghi, batteri e virus da molte specie selvatiche del genere *Solanum*; ecc. Dai materiali selvatici è possibile però trasferire anche ge-

ni per il miglioramento delle qualità nutrizionali e tecnologiche, ad esempio, geni per aumentare il contenuto proteico delle cariossidi di frumento e per una maggiore concentrazione di vitamina C in pomodoro. In molti casi, purtroppo, la sopravvivenza dei materiali selvatici è seriamente minacciata dalla distruzione o dal deterioramento dei loro habitat naturali. Numerose specie selvatiche affini a cereali coltivati quali frumento e miglio, ad esempio, sono notevolmente a rischio per l'eccessivo pascolamento e dai processi di desertificazione. Altre specie selvatiche utilizzabili per il trasferimento di geni in patata, pomodoro e fagiolo crescono in aree montuose del Sudamerica e dell'America centrale, tali ecosistemi sono estremamente fragili e vulnerabili a causa dell'intensa erosione determinata dalla crescente pressione delle popolazioni umane. Alcune specie selvatiche affini a quelle coltivate crescono, generalmente, negli ecosistemi agricoli, all'interno e intorno alle aziende agricole; l'industrializzazione dell'agricoltura, con un'estesa meccanizzazione e l'uso di erbicidi, compromette gravemente, quindi, la sopravvivenza di queste specie. L'antropizzazione sempre più estesa e diffusa, anche nei paesi in via di sviluppo, con la conseguente distruzione di habitat e di ambienti naturali, pone in termini molto gravi e urgenti l'esigenza di adottare misure adeguate di supporto economico e tecnico per la salvaguardia di queste fondamentali risorse genetiche nei paesi di origine. Spesso, infatti, questi paesi non possiedono le risorse economiche necessarie per attuare le opportune misure di conservazione della biodiversità.

La conservazione *in situ*, naturalmente, rappresenta il sistema ottimale di conservazione delle risorse genetiche vegetali, perché le popolazioni possono continuare a evolversi nel proprio ambiente di origine, nel quale è possibile il raggiungimento del giusto punto di equilibrio tra conservazione della variabilità genetica preesistente e adeguamento ai cambiamenti climatici e ambientali. Tale evoluzione, tuttavia, può essere troppo rapida, deteriorando la struttura genetica originaria e la variabilità esistente nei materiali di partenza. La soluzione ideale potrebbe essere quella di una conservazione a lungo termine del seme, per bloccare la struttura genetica e la sua rigenerazione nelle regioni da cui deriva, per limitare l'effetto deleterio della selezione in un ambiente diverso. Spesso, per una serie di motivi, non esistono alternative alla conservazione *ex situ*, in paesi e ambienti diversi da quelli di origine dei materiali conservati. La conservazione *ex situ* è indispensabile, ad esempio, per le vecchie varietà locali, la cui coltura è sta-

ta abbandonata dagli agricoltori. Questi materiali rappresentano una fonte inestimabile di geni utili, che possono essere adoperati agevolmente per il trasferimento nelle moderne varietà altamente produttive. Trattandosi della stessa specie e di genotipi che, essendo stati coltivati, possiedono un elevato grado di domesticazione, infatti, non presentano i problemi che derivano dall'uso di specie selvatiche, che richiedono un lungo lavoro di "ripulitura" dei geni sfavorevoli introdotti con l'ibridazione, attraverso ripetuti reincroci o con tecniche di ingegneria cromosomica. Un altro vantaggio della conservazione *ex situ* è che la custodia delle stesse accessioni in centri dislocati in diversi paesi, evita che eventuali incidenti possano distruggere irrevocabilmente questi materiali insostituibili. La conservazione *ex situ* comporta una serie di attività che comprendono: la raccolta, la gestione e la conservazione delle collezioni di germoplasma, la rigenerazione del materiale custodito, la caratterizzazione e valutazione delle accessioni, la documentazione e la distribuzione agli utilizzatori. Tutte le fasi richiedono grande precisione e accuratezza, ma l'elemento più critico per gli inconvenienti insiti nella procedura è la rigenerazione del seme per il ripristino della germinabilità. Durante la rigenerazione al di fuori dell'ambiente di origine, infatti, è inevitabile che si verifichi una modificazione della struttura genetica e, quindi, della variabilità dei materiali custoditi.

Le tecniche rese disponibili dai progressi della biologia molecolare e del DNA ricombinante, in particolare i marcatori molecolari, possono contribuire in maniera sostanziale a rendere più efficaci le azioni di conservazione del germoplasma sia *in situ* che *ex situ*. Utilizzando i marcatori molecolari è possibile effettuare una valutazione accurata dell'entità e della distribuzione della variabilità genetica esistente nelle popolazioni naturali, ciò permette di scegliere in maniera mirata le aree dove è presente il massimo della variabilità e di indirizzare verso di esse le azioni più opportune di conservazione *in situ* o la raccolta di campioni per la conservazione *ex situ*. Nella fase successiva, di conservazione, i marcatori molecolari possono essere impiegati per il monitoraggio della variabilità genetica, verificando che questa non venga erosa, soprattutto durante la rigenerazione dei semi. La conoscenza della variabilità esistente nelle collezioni e, soprattutto, l'individuazione ed eliminazione delle eventuali ridondanze consentono di realizzare "core collections", che racchiudono il massimo di variabilità genetica all'interno di un numero ridotto di accessioni rappresentative dell'intera collezione, razionalizzando la gestione dei ma-

teriali e la loro distribuzione agli utilizzatori. Altrettanto fondamentale è l'uso dei marcatori molecolari nella fase successiva, di uso del germoplasma per il miglioramento genetico, soprattutto quando sono disponibili mappe cromosomiche sature, mediante le quali è possibile trovare sempre uno o più marcatori strettamente associati al gene che si intende selezionare. La disponibilità di marcatori strettamente associati al gene di interesse facilita il suo trasferimento mediante la MAS (*Map Assisted Selection*), perchè rende possibile la selezione nelle piante appena germinate, senza dover attendere la manifestazione del carattere nella pianta adulta, con risparmio di tempo e spazio, aspetto particolarmente importante nelle piante arboree.

Il trasferimento mirato di geni che controllano caratteri utili dal germoplasma nei materiali coltivati è stato possibile, fino all'avvento dei marcatori molecolari e all'ottenimento di mappe genetiche sature, solo per caratteri semplici a controllo monogenico. Ciò costituisce un serio inconveniente, perchè la maggior parte dei caratteri di interesse agronomico sono caratteri quantitativi, con controllo poligenico. L'analisi QTL (*Quantitative Trait Loci* - loci di caratteri quantitativi), che permette di sezionare i caratteri quantitativi complessi in singole componenti mendeliane localizzandole sui cromosomi grazie alla loro cosegregazione con marcatori molecolari, rende possibile l'ipotesi di trasferire blocchi genici che controllano caratteri quantitativi di rilievo da materiali di germoplasma. Tra i caratteri più interessanti che potrebbero essere reperiti nelle collezioni di germoplasma e trasferiti nelle varietà coltivate, grazie all'individuazione e localizzazione di QTL, vi sono, in particolare, geni per la produttività, per caratteristiche qualitative e nutrizionali, per resistenze a stress abiotici e per resistenze a patogeni e insetti. Molte resistenze, comunemente definite orizzontali, infatti, hanno un controllo poligenico e, pur presentando un livello di resistenza inferiore rispetto a quelle controllate da geni singoli (resistenze verticali), vengono superate più difficilmente da ceppi virulenti del patogeno.

Fino a 30 anni fa la caratterizzazione della biodiversità in Italia si limitava a iniziative sporadiche e frammentarie di singoli ricercatori. La svolta avvenne all'inizio degli anni '70, con l'istituzione, da parte del Comitato Nazionale per le Scienze Agrarie presso il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), del Laboratorio del Germoplasma di Bari, successivamente divenuto istituto permanente. Durante gli ultimi trent'anni l'Istituto del Germoplasma ha svolto un'intensa attività di rac-

colta, conservazione e valutazione di numerose specie coltivate e di specie selvatiche affini importanti nei paesi del Bacino Mediterraneo. Il CNR ha promosso anche la creazione di una rete nazionale per la salvaguardia delle risorse genetiche degli alberi da frutto, alla quale partecipano istituti del CNR, università e istituti del Ministero dell'Agricoltura. L'istituzione del Ministero dell'Ambiente ha rappresentato un punto di svolta fondamentale nella pianificazione della ricerca nel settore ambientale e nella gestione e conservazione della biodiversità vegetale e animale in Italia. La conservazione degli ecosistemi naturali, d'altronde, per le innumerevoli implicazioni, relazioni e interazioni reciproche, non può prescindere dai problemi connessi con l'attività agricola, con una sua gestione sostenibile ed ecocompatibile e con i materiali vegetali utilizzati.

Tre tipi di iniziative possono essere intraprese per preservare la biodiversità alla base dell'agricoltura italiana:

protezione, in parchi e riserve al di fuori di essi, di ampi tratti di ecosistemi naturali, che contengano progenitori selvatici di specie agrarie importanti, sia vegetali che animali;

protezione e utilizzazione in azienda (*on farm*) di *cultivar* rare o minacciate e/o di progenitori selvatici (ad esempio portainnesti), nonché di razze di animali domestici in via di estinzione;

stoccaggio e mantenimento *ex situ* di germoplasma di specie agrarie.

Nell'ambito del primo tipo di iniziative, si può procedere alla individuazione e salvaguardia di ampi tratti di habitat naturali che, con le loro popolazioni di piante, animali e microrganismi, possono contribuire a un generale equilibrio della natura e assicurare la conservazione delle risorse genetiche delle piante coltivate. Si tenga presente, a tal riguardo, che non sempre i progenitori selvatici delle piante agrarie sono sufficientemente protetti in natura negli habitat selvatici. È quindi opportuno che tale istanza venga adeguatamente presa in conto nell'identificazione delle aree da assoggettare a protezione.

Nell'ambito del secondo tipo di iniziative, è essenziale che siffatti materiali vengano conservati assieme alla variabilità genetica che scaturisce dalla loro ibridazione.

Al terzo tipo di iniziative appartengono gli interventi di stoccaggio a lungo termine *ex situ* dei materiali genetici. Ne possono essere oggetto in particolare *cultivar*, razze e, almeno per ora in misura assai minore, progenitori selvatici con scarse prospettive di sopravvivenza *in situ*. Tali interventi assumono, e assumeranno, per lo più la forma di banche di geni.

Nelle piante agrarie, la perdita di diversità genetica è connessa con l'adozione di varietà caratterizzate, tra l'altro, da: rapida e uniforme germinazione dei semi; fioritura e maturazione quasi contemporanee; taglia e forme adatte alla coltivazione e raccolta meccanica; fioritura e maturazione il più possibile contemporanee; prodotto uniforme dal punto di vista gustativo, di pezzatura, di composizione chimica; stabilità produttiva anno dopo anno. L'uniformità genetica conseguente, però, favorisce il rapido diffondersi di nuove popolazioni di patogeni che, a seguito di mutazione, ricombinazione o altro, possono manifestare virulenza rispetto a piante e animali già utilizzati in agricoltura e in precedenza tolleranti o resistenti.

Il superamento di tale vulnerabilità richiede che i moderni sistemi agricoli siano dotati di un ampio mosaico di diversità genetica sia nell'ambito delle singole specie agrarie che tra le specie stesse. Per questo è indispensabile che gli Enti promotori e finanziatori di programmi di ricerca nel settore agricolo organizzino e supportino progetti di ricerca volti a:

- valutare la distanza genetica tra le varietà di una specie e determinare la natura della resistenza ai patogeni e della interazione ospite-parassita, da attuarsi assieme a un tempestivo rilevamento delle variazioni nella virulenza dei parassiti e nel panorama varietale della specie agraria considerata;
- valutare l'erosione genetica e la vulnerabilità e monitorare l'uso e la distribuzione geografica di germoplasma di élite;
- costituire *pool* genici nuovi, alternativi, con funzioni di riserva genica da mettere a disposizione dei miglioratori genetici e dei genetisti agrari. In particolare, è necessario individuare nuove fonti geniche e incorporare i geni reperiti in materiali di base per il miglioramento genetico.

Queste e altre misure potrebbero garantire il mantenimento di una variabilità genetica adeguata a rispondere efficacemente, ora e nel futuro, alle nuove agrotecnologie, ai mutamenti di virulenza dei patogeni e ai cambiamenti nelle esigenze della società in generale.

Di fondamentale importanza, per il conseguimento degli obiettivi fissati dalla CBD, sarà la stretta integrazione e cooperazione tra i diversi programmi nazionali per la conservazione della biodiversità. Per una maggiore efficienza nell'affrontare i problemi che, spesso, coinvolgono le relazioni tra diversi paesi, sarebbe auspicabile un'azione di coordinamento da parte di organismi sovranazionali, quali la FAO. Nella conservazione delle risorse genetiche agrarie svolge un ruolo primario la rete dei sedi-

ci Istituti internazionali afferenti al *Consultative Group on International Agricultural Research* (CGIAR), quasi tutti ubicati in paesi in via di sviluppo (tabella 2.2), che custodiscono oltre 500.000 accessioni. Molti di questi Istituti, grazie alla loro localizzazione nei centri di origine, dove si trovano le specie progenitrici selvatiche delle piante coltivate, svolgono un ruolo insostituibile per la conservazione *ex situ* delle risorse genetiche.

L'impegno più rilevante nella conservazione delle risorse genetiche è quello dell'*International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI), diretto continuatore dell'*International Board for Plant Genetic Resources* (IBPGR), promosso e istituito a Roma dalla FAO nel 1974. L'IPGRI, Istituto ospitato a Roma dal Governo italiano, secondo appositi accordi internazionali, sponsorizzato e finanziato da FAO, Banca Mondiale, UNEP (*United Nations Environment Programme*), Banche regionali e da numerosi Governi, tra i quali l'Italia, ha il compito statutario di monitorare, conservare e favorire l'uso sostenibile delle risorse genetiche per il benessere del genere umano, attraverso programmi di ricerca e di formazione e una serie di centri regionali.

Fondamentale, a questo riguardo, è il "Trattato internazionale sulle risorse genetiche vegetali per l'alimentazione e l'agricoltura" che, dopo sette anni di negoziati, è stato approvato - in armonia con le disposizioni della

CBD - dalla Conferenza intergovernativa della FAO nel novembre 2001.

L'Italia ha già ratificato il Trattato (con Legge 6 aprile 2004, n. 101), i cui principali obiettivi possono così riassumersi: conservazione con i metodi più appropriati delle risorse genetiche per l'agricoltura e la sicurezza alimentare; adozione di un "sistema multilaterale" (che si applica a vegetali appartenenti a 64 generi) che faciliti l'accesso e l'uso delle risorse genetiche e nel contempo assicuri l'equa ripartizione dei benefici derivanti dalla commercializzazione dei nuovi materiali (varietà, ecc.) ottenuti per l'impiego autorizzato di risorse genetiche.

Il Trattato prevede che i benefici possano essere ripartiti a vantaggio di: progetti di raccolta e conservazione di germoplasma, programmi di formazione, di informazione, di ricerca e di trasferimento tecnologico. Possono anche essere previsti interventi a favore dei coltivatori dei paesi in sviluppo detentori di biodiversità, specialmente di quelle comunità agricole che per generazioni hanno conservato e consentito l'evoluzione delle risorse genetiche, salvaguardando così una essenziale quota di biodiversità vegetale. Dette risorse genetiche sono elemento indispensabile per garantire il corrispondente progresso delle piante coltivate, in relazione a imprevedibili variazioni ambientali e in funzione delle diverse e crescenti esigenze dell'umanità.

CGIAR - Consultative Group on International Agricultural Research	<a href="http://www.cgiar.org/">http://www.cgiar.org/</a>
CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia	<a href="http://www.ciat.cgiar.org/">http://www.ciat.cgiar.org/</a>
CIFOR - Center for International Forestry Research, Indonesia	<a href="http://www.cifor.cgiar.org/">http://www.cifor.cgiar.org/</a>
CIMMYT - Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, Messico	<a href="http://www.cimmyt.org/">http://www.cimmyt.org/</a>
CIP - Centro Internacional de la Papa, Perù	<a href="http://www.cipotato.org/index2.asp">http://www.cipotato.org/index2.asp</a>
ICARDA - International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Siria	<a href="http://www.icarda.cgiar.org/">http://www.icarda.cgiar.org/</a>
ICRAF - International Centre for Research in Agroforestry, Kenya	<a href="http://www.worldagroforestrycentre.org/level1a.htm">http://www.worldagroforestrycentre.org/level1a.htm</a>
ICRISAT - International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India	<a href="http://www.icrisat.org/">http://www.icrisat.org/</a>
IFPRI - International Food Policy Research Institute, USA	<a href="http://www.ifpri.org/">http://www.ifpri.org/</a>
IITA - International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria	<a href="http://www.iita.org/">http://www.iita.org/</a>
ILRI - International Livestock Research Institute, Kenya	<a href="http://www.cgiar.org/ilri/">http://www.cgiar.org/ilri/</a>
IPGRI - International Plant Genetic Resources Institute, Italia	<a href="http://www.ipgri.cgiar.org/">http://www.ipgri.cgiar.org/</a>
IRRI - International Rice Research Institute, Filippine	<a href="http://www.irri.org/">http://www.irri.org/</a>
ISNAR - International Service for National Agricultural Research, Olanda	<a href="http://www.isnar.cgiar.org/">http://www.isnar.cgiar.org/</a>
IWMI - International Water Management Institute, Sri Lanka	<a href="http://www.cgiar.org/iwmi/">http://www.cgiar.org/iwmi/</a>
WARDA - West Africa Rice Development Association, Costa d'Avorio	<a href="http://www.warda.cgiar.org/">http://www.warda.cgiar.org/</a>
WorldFish Center, Malesia	<a href="http://www.worldfishcenter.org/">http://www.worldfishcenter.org/</a>

Tabella 2.2 - Centri di ricerca internazionali della rete CGIAR.

## DIVERSITÀ GENETICA DELLE SPECIE ARBOREE FORESTALI

[Gabriele Bucci, Fiorella Villani, Giuseppe Scarascia Mugnozza]

Gli studi condotti negli ultimi decenni hanno mostrato come la biodiversità genetica degli alberi forestali in Italia, e in tutta la regione mediterranea, sia in genere più elevata che in altre regioni d'Europa: oltre a un discreto numero di specie endemiche, esistono *pool* genici specifici e peculiari lungo la penisola italiana anche per specie forestali ad ampio areale, quali *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Picea abies*, *Quercus* sp.p., ecc. Tra i motivi alla base dell'elevata biodiversità rilevabile vi è la particolare storia evolutiva della regione, con la presenza di aree-rifugio durante

le ere glaciali per varie specie ad areale pan-europeo. Tale situazione richiede uno studio approfondito della variazione genetica tra ed entro le popolazioni di alberi mediterranei. I marcatori genetici e le mappe geniche possono essere di grande utilità per lo studio della genetica delle popolazioni forestali e dei processi evolutivi di alberi. Applicazioni immediate di questi studi spaziano dal miglioramento genetico forestale alla pianificazione e gestione di riserve e parchi naturali, nonché alla definizione di strategie appropriate per la conservazione delle risorse genetiche *in situ* e *ex situ*, in relazione soprattutto al previsto cambiamento delle condizioni ambientali e al probabile spostamento degli habitat favorevoli alle suddette specie.

### LA BIODIVERSITÀ INTRASPECIFICA DEGLI ALBERI FORESTALI

[Gabriele Bucci, Fiorella Villani, Giuseppe Scarascia Mugnozza]

#### Studio dei processi microevolutivi

L'analisi della dinamica della biodiversità genetica a livello di popolazioni, attraverso lo studio dei processi microevolutivi che la governano, risulta fondamentale per la formulazione di appropriate strategie di conservazione delle risorse genetiche a lungo termine e per l'adozione di pratiche gestionali corrette ed efficaci.

La limitata differenziazione tra popolazioni, caratteristica di specie ad allogamia prevalente come gli alberi forestali, pone la domanda di come tale variabilità sia organizzata e distribuita spazialmente entro le singole popolazioni. Inoltre, il modo in cui la biodiversità genetica presente nelle popolazioni è organizzata può influenzare l'azione della selezione naturale, la trasmissione ereditaria di tratti adattativi e/o può condizionare la diffusione nella popolazione di nuove varianti adattative. Ad esempio, vari studi di autocorrelazione spaziale in varie specie arboree d'interesse forestale hanno evidenziato alti livelli di aggregazione dei genotipi, con *patch size* (dimensioni medie dell'area all'interno della quale gli individui mostrano livelli di correlazione genetica maggiore rispetto a due individui campionati casualmente nell'intera popolazione) di circa 20 m nel caso, ad esempio, di *Picea Abies* e *Fagus sylvatica*.

Inoltre vengono studiate le dimensioni effettive di popolazioni naturali (es. *Pinus Leucodermis* del Pollino, BUCCI e VENDRAMIN, 2002) e i numerosi esempi di specie interfertili in grado di scambiarsi varianti alleliche con alto valore adattativo e di dinamica della biodiversità (genere *Quercus* in Piemonte e *Fraxinus* delle Alpi e dell'Appennino).

#### Struttura genetica delle specie e biodiversità delle popolazioni italiane

I processi microevolutivi in atto, quali deriva genetica, selezione direzionale o microstazionale, dispersione, ecc., com-

binati con le caratteristiche di biologia riproduttiva, storia evolutiva ed eterogeneità degli habitat colonizzati, contribuiscono frequentemente a determinare livelli di biodiversità genetica ineguali nelle diverse parti dell'areale di diffusione delle specie. L'analisi della struttura genetica delle specie a livello macrogeografico, e in particolare le stime di diversità genetica e divergenza delle popolazioni, può permettere l'identificazione dei *pool* genici esistenti e di serbatoi di variabilità genetica (*hotspot*) utili come base per la definizione di appropriate politiche di conservazione delle risorse genetiche delle specie.

Ad esempio:

- la presenza di alleli unici e di alleli rari con frequenza elevata nella popolazione di *Picea abies* dell'Appennino settentrionale permette di ipotizzare che essa appartenga a un *pool* genico diverso rispetto a quello alpino, supportando l'ipotesi dell'esistenza di aree-rifugio della specie nell'Italia centrale durante l'ultima epoca glaciale;
- attraverso la ricostruzione delle relazioni filogenetiche delle popolazioni di *Abies alba* è stato possibile mostrare come le popolazioni dell'Italia meridionale e centrale fossero filogeneticamente più simili tra loro rispetto a quelle settentrionali; le popolazioni dell'Italia centrale hanno infatti origine dalla mescolanza di differenti *pool* genici in epoca post-glaciale ovvero dalla ricolonizzazione originatasi da aree-rifugio localizzate in epoca glaciale nell'Italia meridionale;
- nel caso di *Pinus halepensis*, è dimostrata l'elevata varianza atipica di alcuni loci cloroplastici ipervariabili per popolazioni situate nel Gargano e nella Grecia continentale rispetto ad altre popolazioni del resto dell'areale della specie, il che fa ipotizzare l'esistenza di un *hotspot* di biodiversità per la specie a cavallo dell'Adriatico meridionale;
- anche per *Fagus sylvatica* è confermata l'ipotesi dell'esistenza di aree-rifugio nell'Italia meridionale per la specie durante il periodo glaciale, da cui hanno preso origine le ondate

migratorie di ricolonizzazione post-glaciale della catena appenninica;

- nel caso di *Fraxinus excelsior*, è stato osservato come la diversità genetica delle popolazioni italiane sia maggiore di quella rilevata per le rimanenti popolazioni dell'areale europeo della specie; in particolare, la maggiore diversità sembra dovuta a un nucleo alpino orientale che presenta aplo-tipi non presenti in nessun'altra popolazione europea.

### Isolamento riproduttivo, deriva genetica e frammentazione degli habitat

Il grado di isolamento *per sé* può costituire un fattore importante in grado di influire sulla struttura genetica delle popolazioni. Infatti una drastica riduzione del numero di riproduttori all'interno di popolazioni in condizioni di isolamento può determinare variazioni stocastiche delle frequenze alleliche fino a portare alla fissazione di alleli specifici per deriva genetica e conseguente perdita di biodiversità. Ciò comprova inoltre l'effetto negativo della frammentazione degli habitat sulla biodiversità in alberi forestali: con l'aumento del grado di isolamento delle popolazioni di specie forestali in conseguenza della frammentazione dell'areale, aumenta il pericolo di perdita della variabilità intrapopolazione a opera della deriva genetica.

BUCCI G., VENDRAMIN G.G., 2000 – *Statistiche spaziali applicate allo studio della biodiversità: identificazione di 'breeding zones' in specie forestali*. In: BUCCI G., MINOTTA G., BORGHETTI M. (a cura di) *Applicazioni e prospettive per la ricerca forestale italiana*. SISEF Atti 2. Edizioni Avenue Media, Bologna, pp. 217-224.

### Pattern geografici di biodiversità e breeding zone

Le *breeding zone* sono regioni geografiche geneticamente omogenee all'interno delle quali è considerato ottimale l'adattamento di popolazioni locali alle specifiche condizioni ambientali. Da ciò deriva che il trasferimento incontrollato di materiale di propagazione tra diverse regioni può portare a inquinamento dei pool genici locali e a una riduzione della sopravvivenza e della crescita del materiale stesso. Le *breeding zone* costituiscono inoltre il *background* genetico utile per stabilire il numero e la localizzazione delle riserve 'biogenetiche' per le singole specie forestali, nell'ottica di una migliore e più appropriata strategia di conservazione della biodiversità intraspecifica e dei pool genici di lungo termine.

Alcuni studi sono stati, ad esempio, condotti in *Picea abies* mirati alla delimitazione geografica di aree geneticamente omogenee nell'intero areale europeo della specie: sono state identificate cinque differenti zone lungo l'arco alpino. È interessante notare che sulla base dei dati a disposizione, la zona Sud-occidentale delle Alpi (Alpi Liguri, Marittime e Cozie), incluso il nucleo appenninico della presunta zona-rifugio di Campolino (Appennino Pistoiese), risulta essere altamente divergente rispetto al resto dell'areale italiano ed europeo, con elevati livelli di biodiversità intraspecifica, e quindi interessante da un punto di vista conservazionistico.

### Adattamenti locali, differenziazione ecotipica e filogeografia

Pressioni selettive a livello locale possono determinare fenomeni di adattamento a condizioni ecologiche specifiche, con la creazione all'interno della specie di differenti ecotipi fortemente differenziati tra loro. Pressioni selettive a livello macrogeografico, per esempio determinate da variabili climatiche, spesso generano invece clini (gradienti) di cambiamenti nell'areale della specie, in accordo con i gradienti climatici o ambientali.

I processi di migrazione delle popolazioni lasciano traccia nel patrimonio genetico degli organismi. Per le specie forestali, la ricolonizzazione di habitat favorevoli avviene normalmente per disseminazione da parte di un sottogruppo di individui che fanno parte della popolazione di origine. In assenza di processi selettivi, tracce di variazioni casuali nella composizione o nella frequenza allelica nel sottogruppo dei colonizzatori possono persistere a lungo nel tempo nelle popolazioni insediamenti in un dato ambiente. A loro volta, i colonizzatori danno origine a nuo-

vi insediamenti, con variazioni casuali in termini di frequenza e composizione allelica, e così via. Tale processo comporta frequentemente una perdita di biodiversità genetica. È possibile ricostruire i percorsi migratori delle specie forestali analizzando il percorso dei loro alleli a livello macrogeografico o valutando il gradiente di variazione delle frequenze alleliche delle attuali popolazioni, risalendo ai centri di diffusione della specie (aree-rifugio in epoca glaciale) che presentano normalmente un'elevata biodiversità genetica e funzionale.

Negli ultimi anni, l'analisi delle relazioni filogenetiche tra le popolazioni di specie forestali, grazie all'identificazione e disponibilità di marcatori molecolari neutrali, ha permesso il conseguimento delle informazioni necessarie per comprendere il ruolo svolto da processi microevolutivi (storici e/o attuali) nel definire l'attuale distribuzione delle risorse genetiche delle specie. Oltre alla ricostruzione di eventi cruciali come i processi di ricolonizzazione, tali studi hanno portato all'identificazione di *hotspot* di biodiversità genetica (utili nell'ottica della definizione delle strategie di conservazione delle risorse genetiche) e

hanno fornito il necessario *background* informativo per comprendere e predire i possibili processi migratori attesi come conseguenza dei cambiamenti climatici previsti. I risultati delle suddette attività di ricerca possono essere sintetizzati come riportato qui di seguito:

1. il grado di differenziazione genetica tra popolazioni varia in funzione delle strategie riproduttive delle diverse specie, in particolare dei meccanismi di dispersione di seme e polline. Specie con semi piccoli a facile dispersione anemofila (ad es., *Populus tremula* - SALVINI *et al.*, 2001) sono caratterizzati da un grado di differenziazione genetica inferiore rispetto a specie con semi grossi e/o a dispersione zoocora (ad es., *Fagus sylvatica*);
2. la distribuzione della diversità genetica tra popolazioni è fortemente influenzata dall'azione dell'uomo; forti pressioni antropiche possono determinare modificazioni sostanziali nella struttura genetica della specie, come a esempio nel caso di *Castanea sativa* in cui la bassa divergenza genetica tra popolazioni è stata causata dall'intenso scambio di materiale genetico in epoca romana;
3. la maggior parte delle specie forestali europee presenta una strutturazione macrogeografica della biodiversità genetica, con alleli/aplotipi filogeneticamente più simili che risultano mediamente raggruppati in regioni limitrofe (BUCCI e VENDRAMIN, 2000a,b);
4. l'attuale distribuzione della diversità genetica è fortemente condizionata dagli eventi manifestatisi durante l'ultima glaciazione e dai processi migratori nel periodo post-glaciale, a partire dai tre principali rifugi posti nelle tre principali penisole europee (penisola iberica, italiana e balcanica);
5. a livello multispecie, è stato osservato che le foreste caratterizzate da più elevata divergenza genetica sono localizzate nelle zone meridionali europee dove erano localizzati i rifugi durante l'ultima glaciazione, mentre quelle caratterizzate da più alti livelli di diversità genetica sono localizzati nell'Europa centrale dove diverse vie migratorie hanno confluato, determinando uno scambio genico tra popolazioni molto divergenti.

Da quanto emerso dagli studi finora condotti risulta quindi che l'Italia ha rappresentato uno dei principali rifugi dal quale la ricolonizzazione post-glaciale ha avuto origine. Per tale motivo, le popolazioni della penisola italiana sono in genere caratterizzate da elevata ricchezza genetica, con presenza di alleli/aplotipi rari e unici, ad esempio nel caso di *Fagus sylvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus ilex*, *Corylus avellana*, *Abies alba*. La vicinanza della penisola italiana con la penisola balcanica ha favorito, duran-

te precedenti periodi geologici, lo scambio genico con popolazioni di altra origine, aumentando quindi il livello di diversità genetica e il valore di conservazione delle popolazioni italiane, come nel caso del *Pinus halepensis* e del complesso multispecifico *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens* e *Q. frainetto*.

### Biodiversità funzionale e caratteri adattativi

Lo studio della base genetica di caratteri complessi costituisce il passo iniziale e indispensabile per la valutazione delle relazioni tra biodiversità funzionale e potenziale adattativo di popolamenti di specie forestali in grado quindi di ottenere differenti performance ecofisiologiche che rispecchiano anche diversità di tipo geografico.

#### a) Biodiversità adattativa ed efficienza d'uso idrico

L'adattamento a periodi di siccità, particolarmente frequenti in ambiente mediterraneo, può essere di tipo strutturale (inspessimenti cuticolari, cere, tricomi, sclerofillia, strutture epigee prostrate, ecc.), di tipo ecofisiologico (regolazione stomatica, "sfasamenti" fenologici, ecc.), o di tipo "attivo" (basato cioè sulla capacità di captazione di acque superficiali in periodi miti e di acque profonde in periodi di siccità). Diverse combinazioni o diversi gradi di espressione dei meccanismi citati sono alla base della biodiversità funzionale e dell'adattabilità di individui, demi o popolazioni. Esistono poche informazioni in letteratura sulla biodiversità adattativa di specie vegetali, a causa della complessità delle ricerche nel settore. Recenti studi con isotopi stabili del carbonio e altre tecniche fisiologiche hanno focalizzato dinamiche evolutive comuni in specie filogeneticamente assai diverse (*Castanea*, *Pinus*, *Quercus*, *Eucalyptus*, *Pseudotsuga* etc.), ma tutte diffuse in regioni a stagionalità marcata (come quelle mediterranee) attraversate da gradienti climatici. Le specie suddette hanno mostrato una risposta in efficienza di uso idrico inversa rispetto a quanto emerso in esperimenti comparativi. Studi italiani su popolazioni mediterranee e orientali di *Castanea sativa* (LAUTERI *et al.*, 1997, 1999) hanno rivelato le basi fisiologiche dell'adattabilità a diversa disponibilità idrica nonché l'esistenza di un ecotipo mediterraneo e di uno orientale. Test di provenienza hanno indicato una marcata differenza di efficienza d'uso idrico, saggiando gli ecotipi con tecniche isotopiche. La funzionalità radicale e le interazioni pianta-ambiente nel continuum suolo-pianta-atmosfera sono attualmente studiate con gli isotopi stabili dell'ossigeno. Test di progenie in fitotrone e in una rete di campi comparativi, sta producendo i primi risultati evidenti sulla plasticità fenotipica e

sulla varianza additiva di popolazioni europee di castagno in siti climatici contrastanti. Lavori paralleli su specie filogeneticamente distanti dal castagno (*Quercus ilex* e *Pinus pinaster*) hanno confermato le analogie nella diversità intraspecifica dei meccanismi di adattamento alla disponibilità idrica (TOGNETTI *et al.*, 2000) su scale geografiche diverse.

*b) Biodiversità e meccanismi di difesa contro patogeni*

I terpeni sono una classe di metaboliti secondari complessi presenti in oli essenziali e resine, separabili con tecniche di laboratorio (cromatografia con fase mobile gassosa), che sono coinvolti nei processi di difesa chimica da attacchi parassitari in specie forestali. Essi sono sotto forte controllo genetico, come risulta dai valori elevati di stima dell'ereditabilità e sono stati frequentemente utilizzati come marcatori biochimici per la caratterizzazione tassonomica in studi sulla biodiversità tra specie, tra popolazioni all'interno della stessa specie, tra famiglie e cloni. Variazioni nel contenuto e nella natura di compo-

sti terpenici, in provenienze da parti diverse dell'areale di differenti specie forestali, sono considerate come interessanti indizi di resistenza differenziale all'attacco di patogeni.

*c) Diversità geografica a carico di caratteri funzionali*

Le caratteristiche morfologiche, strutturali o fisiologiche degli individui concorrono a determinare le loro performance ecofisiologiche in natura e sono alla base dell'adattamento funzionale alle condizioni ambientali degli habitat di appartenenza. Variazioni nelle suddette caratteristiche riscontrabili a livello macrogeografico (cioè diversi valori dei parametri per i tratti suddetti in popolazioni di diverse provenienze all'interno dell'areale di distribuzione delle specie) costituiscono interessanti indizi circa il valore adattativo dei caratteri studiati e al contempo rivelano possibili adattamenti differenziali a condizioni climatiche specifiche, nell'ottica di una migliore comprensione della capacità delle popolazioni di far fronte al previsto cambiamento climatico.

## SVILUPPI E PROSPETTIVE SULLA BIODIVERSITÀ GENETICA INTRASPECIFICA E FUNZIONALE DELLE SPECIE ARBOREE FORESTALI

[Gabriele Bucci, Fiorella Villani, Giuseppe Scarascia Mugnozza]

Nel settore della biodiversità forestale risulta urgente il riordino dei dati genetici esistenti, attraverso la riorganizzazione delle informazioni attualmente disponibili, la standardizzazione dei metodi di lavoro e il coordinamento degli sforzi di campionamento e di analisi, al fine di estendere le conoscenze sulla biodiversità intraspecifica e di allestire una "mappa di reperibilità" delle risorse genetiche esistenti. C'è inoltre la necessità di approntare "mappe di rischio" per la biodiversità intraspecifica forestale, che tengano in considerazione la capacità di risposta evolutiva dei popolamenti forestali a fenomeni di depauperamento genetico da deriva (frammentazione, riduzione dell'estensione degli habitat, ecc.) e di selezione in rapporto a mutate condizioni ecologiche degli habitat (fluttuazioni climatiche, cambiamento dell'uso del territorio, ecc.). L'approntamento di mappe tematiche a livello nazionale relative al valore di conservazione delle risorse genetiche naturali di singole specie forestali (integrando tecnologia GIS ad analisi avanzate per l'estrapolazione a livello regionale) è la base per l'ottenimento dell'informazione necessaria a definire gli *hotspot* di biodiversità intraspecifica e un utile strumento

di supporto decisionale per ecologi forestali, pianificatori e responsabili delle politiche di sviluppo. Infine, la modellizzazione della risposta dei popolamenti forestali al mutamento delle condizioni ambientali previsto dagli scenari regionali ottenuti con modelli climatici è strumento fondamentale per la definizione di appropriate politiche di conservazione.

### **Meccanismi di mantenimento della biodiversità: 'nuovi approcci a 'vecchie' idee**

La recente introduzione di tecniche di laboratorio per l'individuazione di polimorfismi a carico del DNA degli individui fornisce un potente strumento di analisi dei processi che stanno alla base dell'attuale distribuzione della variabilità genetica e dei meccanismi che ne permettono il mantenimento. I processi selettivi (clinali, direzionali, disruptivi, microstazionali, epistatici, ecc.) sono sempre stati invocati tra i principali fattori in grado di mantenere elevati livelli di biodiversità intraspecifica nelle popolazioni di alberi forestali. La disponibilità di polimorfismi in regioni espres-

se del genoma di specie forestali (e quindi potenzialmente sotto selezione) potrà nel prossimo futuro permettere di far luce sull'importanza di tali processi in natura rispetto a processi di tipo stocastico (ad esempio, deriva genetica), rilevabili tramite polimorfismi di tipo neutrale (come la maggior parte del DNA non espresso).

### **Biodiversità intraspecifica e stabilità/resistenza degli ecosistemi forestali**

Gli alberi forestali sono organismi longevi, allogami e in generale fortemente eterozigoti e hanno sviluppato meccanismi per il mantenimento di elevati livelli di biodiversità intraspecifica. Questi meccanismi, in combinazione con l'elevata eterogeneità degli habitat in cui vivono, hanno contribuito a far sì che, salvo poche eccezioni, gli alberi siano tra gli organismi viventi a più alta variabilità genetica tra quelli studiati fino ad oggi. Ciò che a tutt'oggi non si conosce è l'effetto della suddetta biodiversità sulla produttività e la stabilità delle biocenosi forestali. A questo riguardo, sono tre le domande fondamentali che necessitano di una risposta basata su studi scientifici appropriati.

(1) In condizioni ambientali fluttuanti (tipiche di ambienti forestali di regioni boreali anche in assenza di perturbazioni esterne), una popolazione composta da individui che presentano diversi *optima* ecologici presenta una maggiore produttività rispetto a popolazioni omogenee dal punto di vista genetico e con uno medesimo *optimum*? Esperimenti e simulazioni sulla biodiversità interspecifica hanno riportato evidenze circa la maggiore produttività di comunità altamente eterogenee in termini funzionali rispetto a comunità semplificate e con ridotti livelli di biodiversità.

(2) Qual è il peso relativo in popolazioni naturali di alberi forestali della plasticità fenotipica individuale (che favorisce l'acclimatazione a mutate condizioni ambientali) e della diversità intra-popolazione (che fornisce il materiale di base per processi di adattamento evolutivo) sulla stabilità degli ecosistemi forestali? Il bilancio di questi due processi nelle attuali biocenosi forestali è lo stesso in condizioni ottimali (ad esempio, al centro dell'areale delle specie) e marginali (ad esempio, in popolazioni disgiunte dall'areale principale, cioè in condizioni limite per l'acclimatazione della specie)? Anche in questo caso, studi sulla biodiversità interspecifica di comunità di prateria hanno evidenziato come una maggiore biodiversità all'interno di gruppi funzionali fornisca una maggiore stabilità alla biocenosi, in termini di resistenza alla colonizzazione da parte di specie invasive.

(3) Come conseguenza del punto (2), qual è la rilevanza nelle varie specie di alberi forestali della differenziazione ecotipica rispetto alla plasticità fenotipica individuale, ovvero fino a che punto il vasto areale di molte specie forestali è la conseguenza di processi di differenziamento genetico in razze o ecotipi, e fino a che punto è invece frutto della capacità de-

gli individui di quella specie di acclimatarsi ad un largo spettro di condizioni ambientali differenti? Quest'ultimo punto è focale sia per stabilire corrette politiche di conservazione della biodiversità e attuare appropriate strategie di salvaguardia a lungo termine. Ad esempio, se l'obiettivo è la conservazione del potenziale adattativo della specie, risulterebbe cruciale preservare popolazioni relitte adattate a condizioni specifiche e, con esse, geni specifici codificanti per caratteri funzionali, in contrasto con la conservazione di popolazioni marginali di specie funzionalmente omogenee con elevata plasticità fenotipica.

In conclusione, mantenere nel tempo la stabilità produttiva di biocenosi forestali significa mantenerne la resistenza/resilienza a perturbazioni ambientali (come quelle previste dal cambiamento climatico), ma significa anche mantenerne o aumentarne la complessità/diversità? Per rispondere a questa domanda, è necessaria una maggiore quantità di evidenze scientifiche che ci si aspetta da ricerche future sulla funzionalità ecosistemica e sul rapporto tra complessità/diversità funzionale e produttività/stabilità delle biocenosi forestali.

### **Migrazione come risposta al cambiamento climatico**

Le specie forestali sono in grado di far fronte al cambiamento climatico previsto dai modelli di circolazione globale attraverso acclimatazione a mutate condizioni ambientali (in relazione alla plasticità fenotipica degli individui), evoluzione adattativa (tramite selezione di genotipi con performance ecofisiologiche peculiari) o migrazione delle popolazioni (tramite disseminazione di propaguli verso habitat favorevoli). Peraltro, quest'ultimo processo sembra essere stato la via primaria con cui le specie forestali hanno risposto a cambiamenti ambientali del passato.

Negli ultimi 13.000-14.000 anni (cioè dalla fine dell'ultima glaciazione), il clima europeo ha subito un costante riscaldamento, che ha provocato un progressivo spostamento delle fasce bioclimatiche verso Nord. È noto che le comunità biotiche forestali hanno seguito lo spostamento degli habitat a loro favorevoli attraverso un lento processo di disseminazione e ricolonizzazione degli ambienti che via via risultavano più adatti all'insediamento di ecosistemi forestali. Tale processo è avvenuto con tempi e velocità diverse per le diverse specie che compongono la copertura forestale europea: è stato calcolato che la velocità media di migrazione con cui le foreste hanno ricolonizzato le aree lasciate libere dalla copertura glaciale variava da 0,05 a 2 km per anno, a seconda della capacità di disseminazione delle specie.

Serie climatologiche e modelli al computer concordano nel prevedere, per i prossimi decenni, un riscaldamento medio del pianeta. Ciò provocherà un ulteriore spostamento delle fasce bioclimatiche verso i poli, in modo più accentuato nell'emisfero boreale. Lo spostamento degli habitat favo-

revoli innescherà a sua volta la migrazione delle foreste, come già è avvenuto (e sta tuttora avvenendo). Rispetto al passato, però, la velocità del cambiamento climatico è elevata e tale da superare di gran lunga la capacità delle foreste di colonizzazione e insediamento delle foreste in habitat favorevoli. Ciò potrà avere una serie di conseguenze negative dal punto di vista del patrimonio di biodiversità delle nostre foreste: (1) la composizione in specie delle foreste potrà cambiare in relazione alla capacità delle singole specie di far fronte al previsto cambiamento delle condizioni ambientali e a fattori di competizione interspecifica; (2) nella maggior parte dei casi si assisterà a una riduzione dell'estensione e a un aumento della frammentazione degli ecosistemi forestali, innescando processi di deriva genetica e depauperamento genetico delle specie; (3) in aree dove maggiore sarà l'effetto

del cambiamento si potrà arrivare all'estinzione locale di specie forestali, in maggiore misura laddove esistono barriere all'espansione naturale e alla migrazione (si pensi per esempio alle Alpi); (4) aree attualmente deputate alla conservazione della biodiversità potrebbero perciò risultare fortemente impoverite in termini di potenziale adattativo/evolutivo delle specie presenti e perciò non più funzionali allo scopo; (5) le aree-rifugio localizzate nel Sud dell'Europa (i maggiori 'serbatoi' di variabilità genetica) sono quelle aree maggiormente esposte agli effetti del cambiamento climatico (per desertificazione o tropicalizzazione del clima), il cui depauperamento genetico costituirebbe la maggiore perdita di biodiversità genetica e funzionale e un grave danno alla ricchezza del patrimonio forestale europeo.

## Bibliografia

- BUCCI G., VENDRAMIN G.G., 2000a – *Adaptability of a relic population: a case study in Pinus leucodermis Ant.* In: MATYAS C. (a cura di), *Forest Genetics and Sustainability*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 105-110.
- BUCCI G., VENDRAMIN G.G., 2000b – *Delineation of genetic zones in the European Norway spruce natural range: preliminary evidences.* *Molecular Ecology* 9: 923-934.
- HARLAN J.R., 1976 – *The Plants and Animals That Nourish Man.* *Scientific American*, 235: 88-97.
- LAUTERI M., MONTEVERDI M.C., SANSOTTA A., KUCUK M., CHERUBINI M., SPACCINO L., VILLANI F., 1999 – *Adaptation to drought in European Chestnut. Physiological evidences on controlled crosses between drought and wet adapted populations.* In: SALESSES G. (a cura di), *Acta Horticulturae* 494. ISHS. Pp. 345-353.
- LAUTERI M., SCARTAZZA A., GUIDO M.C., BRUGNOLI E., 1997 – *Genetic variation in photosynthetic capacity, carbon isotope discrimination and mesophyll conductance in provenances of Castanea sativa adapted to different environments.* *Functional Ecology*, 11: 675-683.
- PARLAMENTO ITALIANO, 2004 – *Legge 6 aprile 2004, n. 101 "Ratifica ed esecuzione del Trattato internazionale sulle risorse fitogenetiche per l'alimentazione e l'agricoltura, con Appendici, adottato dalla trentunesima riunione della Conferenza della FAO a Roma il 3 novembre 2001".* G.U. n. 95 del 23 aprile 2004 - Supplemento Ordinario n. 73.
- SALVINI D., ANZIDEI M., FINESCHI S., MALVOLI M.E., TAURCHINI D., VENDRAMIN G.G., 2001 – *Low genetic differentiation among italian populations of Populus tremula L. (Salicaceae) estimated using chloroplast PCR-RFLP and microsatellite markers.* *Forest Genetics*, 8: 81-87.
- TOGNETTI R., MICHELOZZI M., LAUTERI M., BRUGNOLI E., GIANNINI R., 2000 – *Geographic variation in growth, carbon isotope discrimination and monoterpene composition in Pinus pinaster Ait. provenances.* *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 1682-1690.

## BIODIVERSITÀ E PAESAGGIO

[Carlo Blasi]

### LA CONVENZIONE EUROPEA DEL PAESAGGIO

Nel volume “Flora” della collana “Conosci l’Italia”, GIACOMINI e FENAROLI scrivono: “*I paesaggi tanto diversi di cui si compone la fisionomia del nostro Paese sono quasi sempre improntati da forme caratteristiche di vegetazione: forme di alberi e di foreste, forme di fiori e di zolle fiorite, forme di erbe e di praterie, ora educate sapientemente dalla mano dell’uomo, ora lasciate crescere in selvatica libertà: per esse si arricchiscono di bellezza, di colori, di vita, le prospettive della pianura, dei colli, delle montagne... Se il paesaggio così concepito assume un significato non esclusivamente estetico, ma anche scientifico e naturalistico, non crediamo che venga limitata o impoverita l’emozione con cui guardiamo agli incomparabili aspetti della nostra Terra. Pensiamo invece che nuovi fonti di conoscenze possano ispirare nuovi motivi di ammirazione e di interesse verso la natura*” (GIACOMINI e FENAROLI, 1958).

Negli anni ‘60, HENRY A. GLEASON e ARTHUR CRONQUIST, rispettivamente curatore emerito e curatore dell’Orto Botanico di New York, si spingono ancora oltre nel segnalare lo stretto rapporto tra vegetazione e paesaggio: “*Plants and the landscape. Perhaps we would do well to change one word in that phrase and write plants are the landscape*” (Piante e paesaggio. Forse faremmo meglio a cambiare una parola in questa frase e scrivere le piante sono il paesaggio) (GLEASON e CRONQUIST, 1968).

Successivamente si è rivisto il significato del termine paesaggio fino ad arrivare alla attuale definizione presente nell’articolo 1 della Convenzione europea del Paesaggio in cui si tende a integrare la componente naturalistica con quella storica, sociale, culturale ed estetica: “*una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall’azione di fattori naturali e umani e dalle loro interrelazioni*”,

Da questa breve premessa ben si comprende come il paesaggio, risultato della interazione complessa e sistemica di fattori naturali, storici culturali e sociali, sia patrimonio delle discipline naturalistiche e di quelle umanistiche. Per questa ragione il paesaggio, considerato dalla Convenzione europea sinonimo di territorio, è il riferimento di natura ecologica legata molto spesso non solo alle caratteristiche della natura, ma alla più complessa evoluzione di natura, storia e cultura. Tutto ciò ben si collega con gli obiettivi e con l’elenco degli habitat prioritari della Direttiva habitat in quanto

molti sono gli habitat di interesse prioritario legati alla presenza di attività agro-silvo-pastorali e ben definito è l’obiettivo generale della Direttiva in merito alla considerazione di tutto il territorio e non solo dei siti ben conservati.

In un recente convegno organizzato a Roma dall’*International Association for Environmental Design* (IAED) si sono affrontate le varie tematiche connesse all’attuale interpretazione del paesaggio. In particolare, si è discusso il significato nuovo attribuito alla percezione intesa come “riconoscimento” delle identità di un luogo e non come stato emozionale del singolo. Se, come dice giustamente TURRI (2002), il paesaggio è da considerarsi come il volto visibile del territorio che si muove, vive e invecchia con gli uomini, la percezione del paesaggio non deve essere intesa come un fatto emozionale e privato, ma come il riconoscimento di questa complessa interazione di storia, natura e cultura. Attribuire alla percezione il significato di riconoscimento significa collocare il paesaggio nella sfera delle azioni che caratterizzano la pianificazione e la gestione del territorio (BLASI *et al.*, 2005).

La frammentazione degli ecosistemi dovuta all’intervento umano determina nuovi tipi di copertura del suolo e altera, in termini funzionali e strutturali, i sistemi naturali creando variazioni molto evidenti a livello di paesaggio, di habitat e di composizione floristica e faunistica. Il paesaggio segue la storia dell’uomo e risente dell’evoluzione culturale e sociale delle popolazioni locali. Tutto questo però all’interno di un sistema di riferimento fisico e biologico che evolve e si trasforma con tempi propri e di norma diversi dalla rapidità delle trasformazioni indotte dall’uomo. In proposito basti pensare ai cambiamenti dei sistemi produttivi in agricoltura che, seguendo logiche di mercato con prospettive temporali inferiori al decennio, hanno determinato profonde variazioni anche a scala di paesaggio. È opportuno in proposito tenere anche presente che una delle cause più significative di perdita della biodiversità è appunto legata al cambiamento di uso del suolo (vedi § successivo).

Per tutto questo insieme di ragioni, anche in questo volume si è creduto opportuno, nel descrivere lo stato della biodiversità a scala di specie e di comunità, presentare, anche se in modo sommario, i principali sistemi di paesaggio del nostro Paese ottenuti dalla integrazione di modelli tipologici e cartografici (fitoclima, unità litomorfologiche e serie di vegetazione) realizzati nel vasto programma “Completamento delle conoscenze naturalistiche” promosso dalla Direzione per la Protezione della Natura del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio (vedi § *Sintesi sui principali piani e programmi di monitoraggio a livello internazionale e nazionale*).

## I PAESAGGI D'ITALIA

Non si possono classificare e comprendere in termini strutturali e funzionali i paesaggi se non si conoscono le potenzialità fisiche e biologiche di un territorio e se non si conosce, in termini tipologici e cartografici, l'eterogeneità ambientale determinata prevalentemente da cause di natura fisica (clima, litologia e morfologia). La creatività dell'uomo integrata con una sapiente conoscenza delle peculiarità ambientali hanno spesso determinato paesaggi ove si hanno porzioni di territorio ad uso agricolo con elementi di naturalità diffusa e paesaggi ove l'azione dell'uomo si è integrata in modo compatibile con la natura al punto da rendere quasi impossibile scindere l'elemento sociale, culturale ed economico da quello naturale (paesaggi culturali).

Ecco quindi che la classificazione gerarchica del territorio (BLASI *et al.*, 2000, 2001, 2003) diviene la base metodologica essenziale per individuare e cartografare gli ambiti potenzialmente omogenei (unità ambientali) e gli ambiti eterogenei ma funzionalmente e morfologicamente omogenei (unità di paesaggio). Tutto ciò è il riferimento essenziale per la conoscenza della rete ecologica territoriale determinata dall'integrazione dell'eterogeneità potenziale con l'eterogeneità reale cartografata secondo la legenda del CORINE Land Cover (BLASI *et al.*, 2005).

È la visione integrata ed ecosistemica del paesaggio a dare senso a questa nuova concezione dinamica e attiva della conservazione della biodiversità, ripresa in più parti nella stessa CBD e in particolare nella Direttiva Habitat.

Questa è la ragione per cui già da alcuni anni si sta cercando di evidenziare, oltre alla copertura e all'uso reale, l'eterogeneità potenziale riconoscibile mediante l'applicazione di un processo integrato e deduttivo che, sovrapponendo "strati informativi" fisici (clima, litologia e morfologia) e biologici (vegetazione, flora e fauna), ricava i modelli e ne individua la relativa distribuzione. Questo processo (BLASI *et al.*, 2000) integrato

Regione Mediterranea	
102	Bacini lacustri ed aree lagunari
105	Cordoni dunari litoranei, antichi e recenti
106	Pianure costiere e delta fluviali
107	Pianure alluvionali recenti
108	Pianure alluvionali antiche
109	Fondovalli alluvionali intramontani
110	Terrazzi marini ed alluvionali antichi
111	Ripiani costituiti da travertini
112	Ripiani carbonatici
113	Colline inframontane, pedemontane o costiere sabbioso-conglomeratiche
114	Colline inframontane, pedemontane o costiere argilose
115	Colline inframontane, pedemontane o costiere, marnose
116	Colline inframontane, pedemontane o costiere evaporitiche
117	Colline inframontane, pedemontane o costiere arenaceo-conglomeratiche
118	Conche fluvio-lacustri intrappenniniche
119	Rilievi, colline e ripiani costituiti o coperti da tufi
120	Vulcani acidi
121	Vulcani basici ed intermedi
122	Rilievi prevalentemente sabbioso-conglomeratici
123	Rilievi prevalentemente arenaceo-conglomeratici compatti
124	Rilievi prevalentemente argillosi e argilloscistosi
125	Rilievi costituiti in toto o in parte da rocce marnose
126	Rilievi di ofiolti e serpentinoscisti
127	Rilievi costituiti prev. da rocce tipo argille scagliose
128	Rilievi costituiti prevalentemente da rocce dolomitiche
129	Rilievi costituiti in toto o in parte da rocce calcaree
130	Rilievi di vulcaniti acide
131	Rilievi costituiti in toto o in parte da vulcaniti basiche
132	Rilievi costituiti da filadi
133	Rilievi costituiti in toto o in parte da micascisti e paragneiss
134	Rilievi prevalentemente costituiti da rocce gneissico-migmatitiche
135	Rilievi costituiti da rocce cristalline
Regione Temperata	
201	Ghiacciai
202	Bacini lacustri ed aree lagunari
203	Colline moreniche intravallive
204	Anfiteatri morenici
205	Cordoni dunari litoranei, antichi e recenti
206	Pianure costiere e delta fluviali
207	Pianure alluvionali recenti
208	Pianure alluvionali antiche
209	Fondovalli alluvionali intramontani
210	Terrazzi marini ed alluvionali antichi
211	Ripiani costituiti da travertini
212	Ripiani carbonatici
213	Colline inframontane, pedemontane o costiere sabbioso-conglomeratiche
214	Colline inframontane, pedemontane o costiere argilose
215	Colline inframontane, pedemontane o costiere, marnose
216	Colline inframontane, pedemontane o costiere evaporitiche
217	Colline inframontane, pedemontane o costiere arenaceo-conglomeratiche
218	Conche fluvio-lacustri intrappenniniche
219	Rilievi, colline e ripiani costituiti o coperti da tufi
220	Vulcani acidi
221	Vulcani basici ed intermedi
222	Rilievi prevalentemente sabbioso-conglomeratici
223	Rilievi prevalentemente arenaceo-conglomeratici compatti
224	Rilievi prevalentemente argillosi e argilloscistosi
225	Rilievi costituiti in toto o in parte da rocce marnose
226	Rilievi di ofiolti e serpentinoscisti
227	Rilievi costituiti prev. da rocce tipo argille scagliose
228	Rilievi costituiti prevalentemente da rocce dolomitiche
229	Rilievi costituiti in toto o in parte da rocce calcaree
230	Rilievi di vulcaniti acide
231	Rilievi costituiti in toto o in parte da vulcaniti basiche
232	Rilievi costituiti da filadi
233	Rilievi costituiti in toto o in parte da micascisti e paragneiss
234	Rilievi prevalentemente costituiti da rocce gneissico-migmatitiche
235	Rilievi costituiti da rocce cristalline

con il tradizionale rilievo fitosociologico di base (processo induttivo) ha permesso di riconoscere a piccola scala (1:250.000) l'eterogeneità anche in termini di "serie di vegetazione" intese come l'insieme di comunità tendenti verso una stessa tappa matura all'interno di un determinato ambito territoriale omogeneo per caratteri fisici e biologici e variabile anche in funzione della scala.

Volendo dare però un quadro sintetico dei principali paesaggi d'Italia, dato che, come si è visto in questo capitolo, è ben conosciuta l'eterogeneità climatica a scala sia nazionale che regionale e l'eterogeneità litomorfológica (BRONDI, 2001) si è scelto di integrare in ambito GIS solo questi primi due basilari strati informativi ottenendo ben 67 sistemi di paesaggio (figure 2.51 e 2.52).

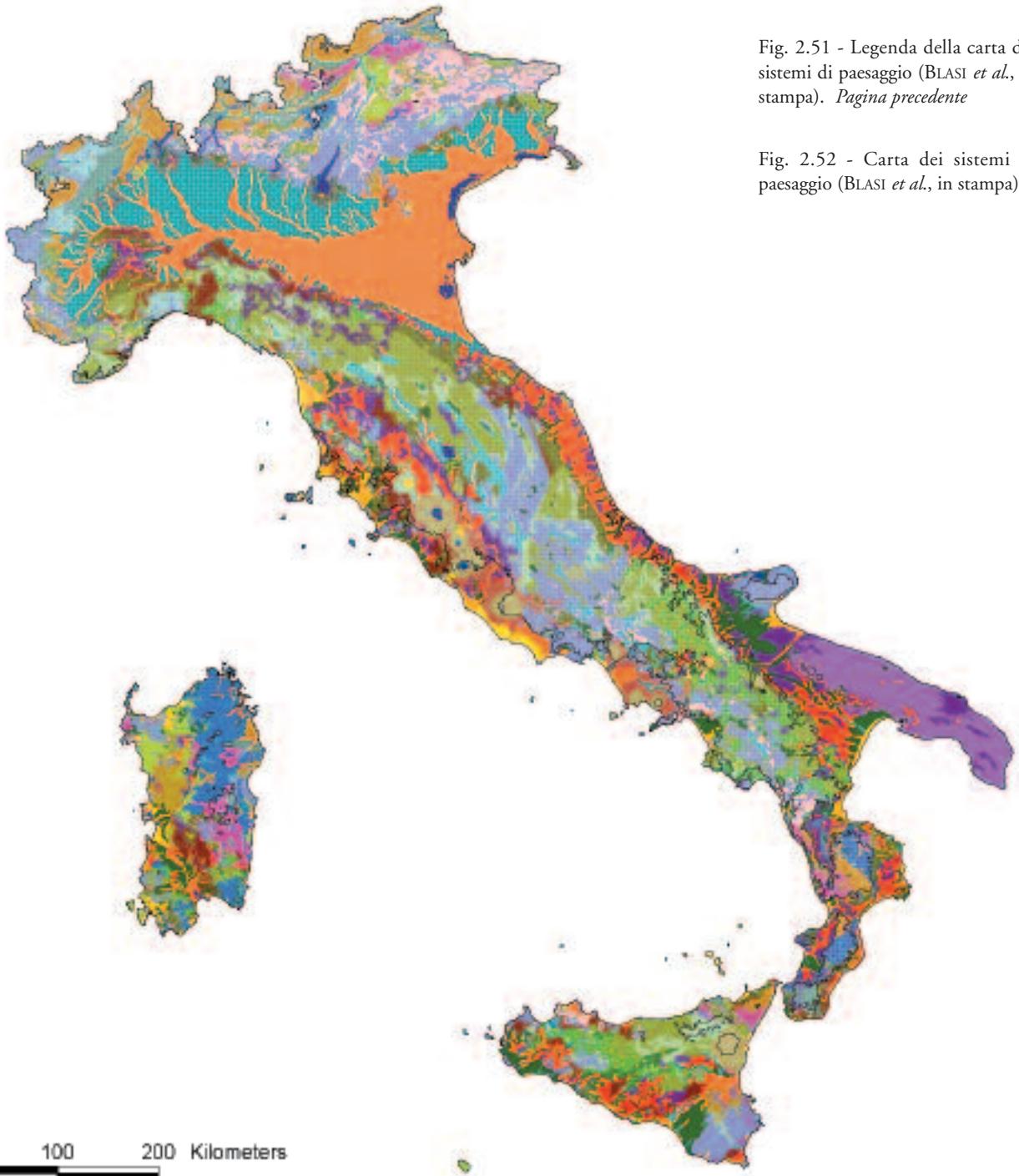


Fig. 2.51 - Legenda della carta dei sistemi di paesaggio (BLASI *et al.*, in stampa). *Pagina precedente*

Fig. 2.52 - Carta dei sistemi di paesaggio (BLASI *et al.*, in stampa).

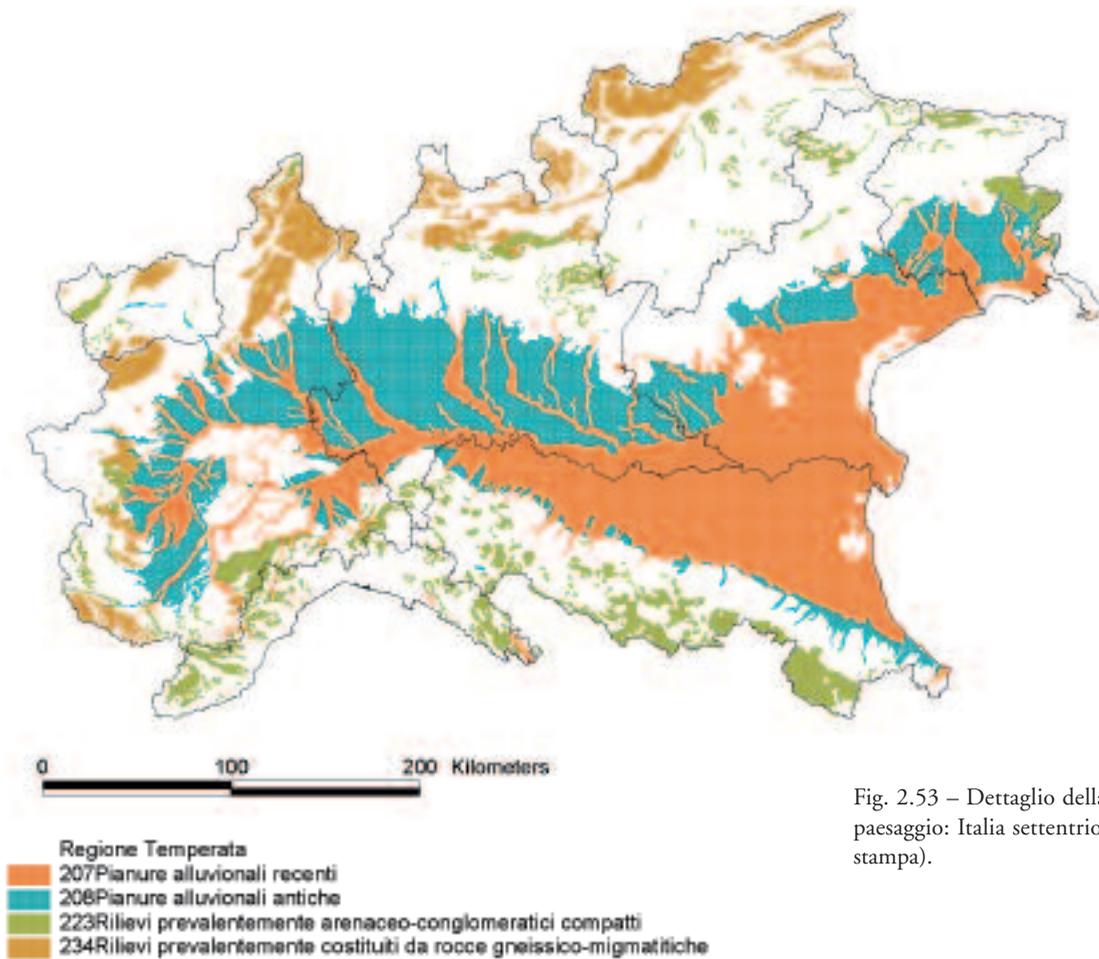


Fig. 2.53 – Dettaglio della carta dei sistemi di paesaggio: Italia settentrionale (BLASI *et al.*, in stampa).

Da questa sintesi emerge per il nostro Paese l'elevata eterogeneità, ma anche una "discreta" strutturazione paesaggistica. Sono poche le aree tendenzialmente omogenee (come per esempio la Pianura Padana, la fascia collinare umbro-marchigiana e la Penisola Salentina), dato che in prevalenza si ha una grande integrazione spaziale tra i sistemi di paesaggio. Tra le porzioni di territorio più complesse emerge chiaramente il complesso alpino orientale, la Toscana, la Calabria e la Sicilia. Per quanto già detto nella parte dedicata alle ragioni della biodiversità già da questo sintetico elaborato si

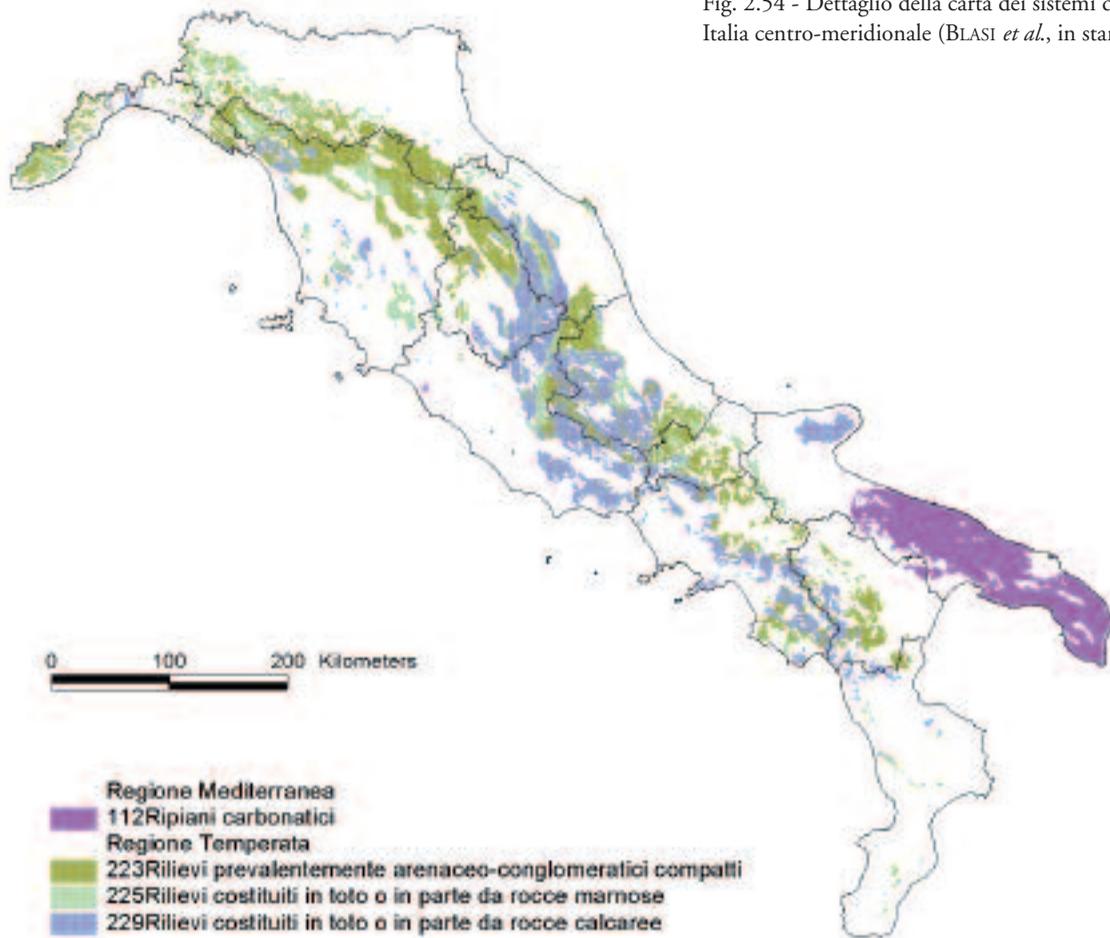
potrebbero trarre informazioni utili per definire gli ambiti ad elevata biodiversità potenziale. È opportuno tenere presente che i poligoni che individuano i sistemi di paesaggio, sono strutturali, ossia non legati all'azione dell'uomo, ma al macro clima e alle caratteristiche litomorfologiche. È facile ipotizzare che per analisi a scala regionale sarebbe opportuno prendere in esame un riferimento climatico e litomorfologico di maggiore dettaglio.

Per meglio evidenziare il carattere paesaggistico d'Italia si è preferito analizzare separatamente il Nord (inclu-

	ettari	%
207 Pianure alluvionali recenti	2.693.905,44	22,54
208 Pianure alluvionali antiche	1.924.980,19	16,10
223 Rilievi prevalentemente arenaceo-conglomeratici compatti	837.740,82	7,01
234 Rilievi prevalentemente costituiti da rocce gneissico-migmatitiche	718.189,78	6,01
	<b>6.174.816,23</b>	<b>51,66</b>

Tabella 2.3 - Principali tipi di paesaggio dell'Italia settentrionale (BLASI *et al.*, ined.).

Fig. 2.54 - Dettaglio della carta dei sistemi di paesaggio: Italia centro-meridionale (BLASI *et al.*, in stampa).



sa l'Emilia-Romagna), il centro-Nord e il centro-Sud insieme, la Sicilia e la Sardegna.

Il Nord d'Italia (figura 2.53, tabella 2.3) è fortemente caratterizzato da sistemi di paesaggio della regione temperata. Tra questi prevalgono i rilievi montuosi arenaceo-conglomeratici e i rilievi prevalentemente costituiti da rocce gneissico-magmatiche. Sono molto sporadici i paesaggi legati al bioclima mediterraneo, ma ai fini della conservazione della biodiversità, queste piccole porzioni di territorio rappresentano delle isole di straordinario interesse conservazionistico.

Nella Penisola, centro Nord e centro-Sud d'Italia (figura 2.54, tabella 2.4), prevalgono i rilievi della regione bioclimatica temperata, tra cui sono da segnalare quelli carbonatici, quelli arenaceo-conglomeratici compatti e quelli costituiti da rocce marnose. Per la regione bioclimatica mediterranea si segnala un'alta percentuale di ripiani carbonatici e di colline inframontane sabbiose e argillose.

In Sicilia (figura 2.55, tabella 2.5) ovviamente prevalgono i paesaggi della regione bioclimatica mediterranea e tra questi sono da segnalare i rilievi arenacei, carbonatici e argillosi. Da segnalare, oltre ai i sistemi collinari ar-

	ettari	%
112 Ripiani carbonatici	949.318,43	7,22
223 Rilievi prevalentemente arenaceo-conglomeratici compatti	1.475.249,99	11,22
225 Rilievi costituiti in toto o in parte da rocce marnose	696.667,31	5,30
229 Rilievi costituiti in toto o in parte da rocce calcaree	1.683.638,88	12,81
	<b>4.804.874,61</b>	<b>36,55</b>

Tabella 2.4 - Principali tipi di paesaggio dell'Italia centro-meridionale (BLASI *et al.*, ined.).

Fig. 2.55 - Dettaglio della carta dei sistemi di paesaggio: Sicilia (BLASI *et al.*, in stampa).

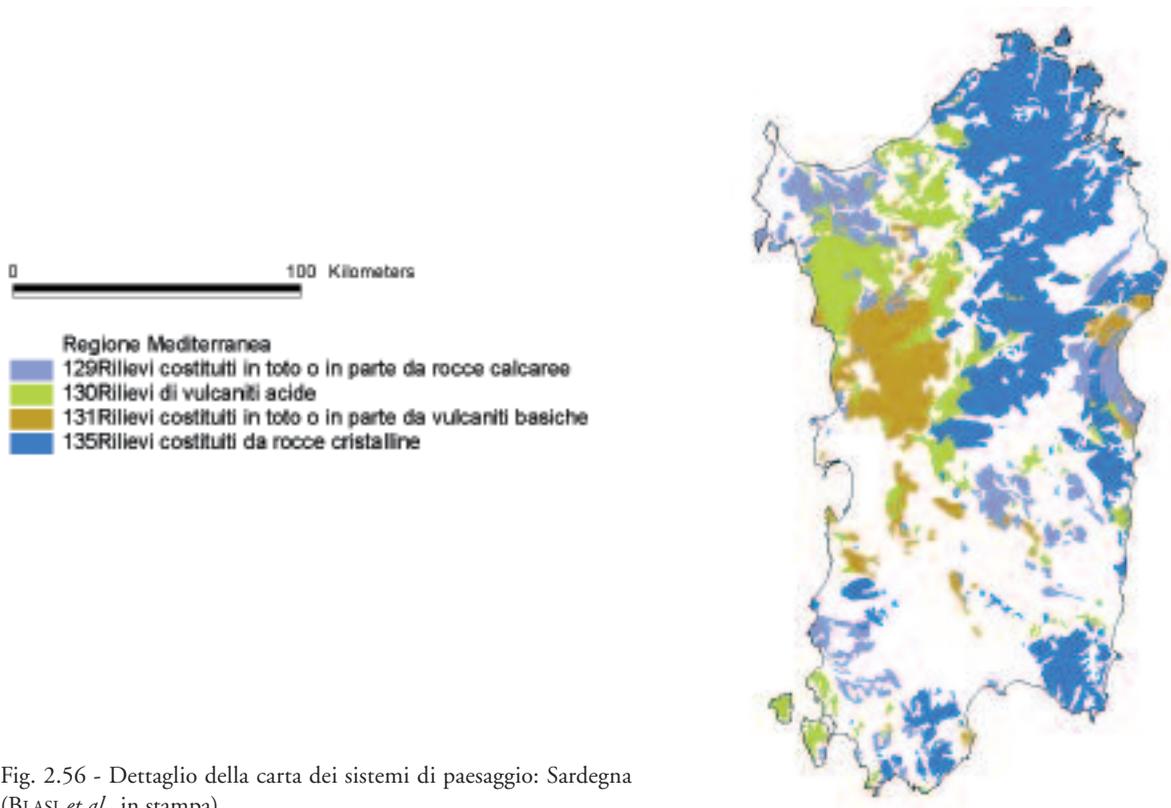
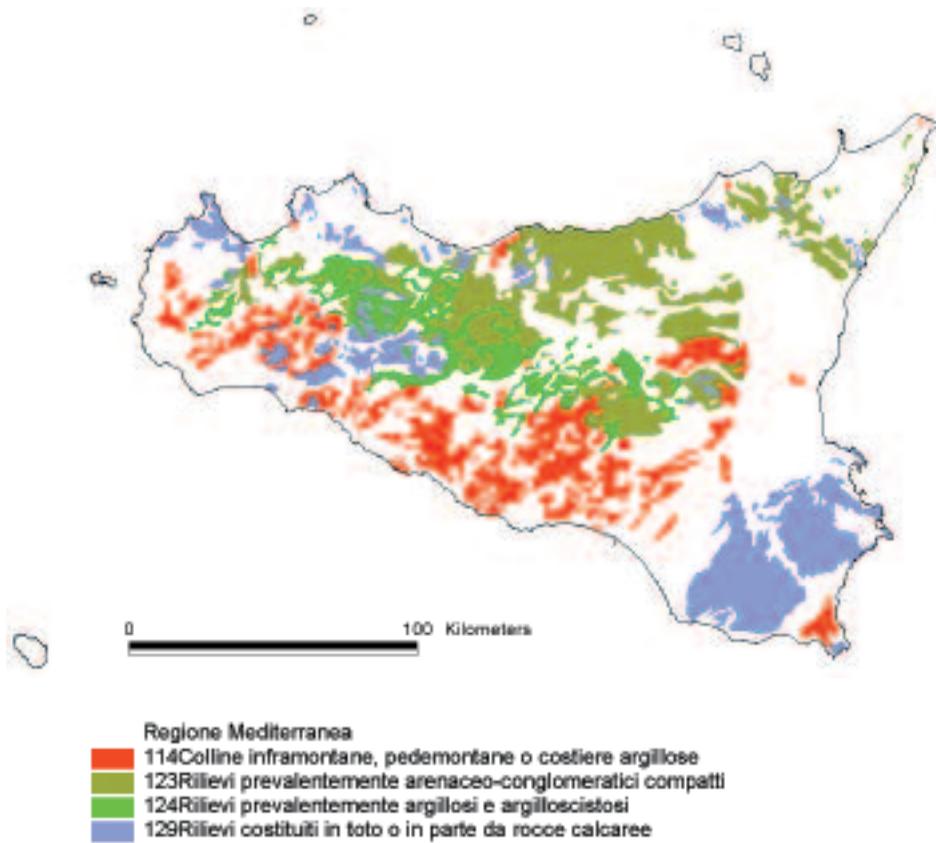


Fig. 2.56 - Dettaglio della carta dei sistemi di paesaggio: Sardegna (BLASI *et al.*, in stampa).

	ettari	%
114 Colline inframontane, pedemontane o costiere argillose	282.708,20	10,99
123 Rilievi prevalentemente arenaceo-conglomeratici compatti	349.994,32	13,61
124 Rilievi prevalentemente argillosi e argilloscistosi	190.262,49	7,40
129 Rilievi costituiti in toto o in parte da rocce calcaree	305.297,70	11,87
	<b>1.128.262,71</b>	<b>43,87</b>

Tabella 2.5 - Principali tipi di paesaggio della Sicilia (BLASI *et al.*, ined.).

	ettari	%
129 Rilievi costituiti in toto o in parte da rocce calcaree	195.559,61	8,17
130 Rilievi di vulcaniti acide	234.119,05	9,78
131 Rilievi costituiti in toto o in parte da vulcaniti basiche	181.996,02	7,60
135 Rilievi costituiti da rocce cristalline	591.741,27	24,71
	<b>1.203.415,95</b>	<b>50,26</b>

Tabella 2.6 - Principali tipi di paesaggio della Sardegna (BLASI *et al.*, ined.).

gillosi e marnosi, quelli formati da substrati evaporatici e i terrazzi marini ed alluvionali. In Sicilia assumono ovviamente un particolare significato i paesaggi del bioclima temperato quali quelli presenti sull'Etna e più in generale sui rilievi marnosi.

Anche in Sardegna (figura 2.56, tabella 2.6) prevalgono i paesaggi del bioclima mediterraneo tra cui più diffusi sono i rilievi costituiti da rocce cristalline, da rocce calcaree o caratterizzati da vulcaniti acide e basiche. Molto significative sono anche le pianure alluvionali e i terrazzi marini.

La conoscenza tipologica e cartografica dei sistemi di paesaggio d'Italia sarà un ottimo riferimento territoriale per quanto previsto per il 2010 dalla strategia nazionale per la conservazione della biodiversità specialmente in termini di conoscenza territoriale della distribuzione di “*specie esotiche*”, di “*boschi vetusti*”, e più in generale per la “*valutazione dello stato di conservazione*” effettuata per ambiti omogenei e per l'individuazione delle “*Important Plant Areas*” (IPA).

## Bibliografia

- BLASI C., 2005 – *Percezione del paesaggio: identità e stato di conservazione dei luoghi*. Atti del Congresso IAED “Identificazione e cambiamenti nel paesaggio contemporaneo”, 13-22. Papageno ed., Palermo.
- BLASI C., BARBATI A., CORONA P., ERCOLE S., MARCHETTI M., ROSATI L., SMIRAGLIA D., in stampa – *Analysis and classification of the spatial configurations of Italian landscapes*.
- BLASI C., CARRANZA M.L., FRONDONI R., ROSATI L., 2000 – *Ecosystem classification and mapping: a proposal for Italian Landscapes*. Appl. Veg. Sci. 2: 233-242.
- BLASI C., FORTINI P., CARRANZA M.L., RICOTTA C., 2001 – *Analisi della diversità del paesaggio vegetale e dei processi di recupero nella media valle dell'Aniene (Appennino centrale, Lazio)*. Fitosociologia, 38: 3-11.
- BLASI C., SMIRAGLIA D., CARRANZA M.L., 2003 – *Analisi multitemporale del paesaggio e classificazione gerarchica del territorio: il caso dei monti Lepini (Italia centrale)*. Informatore Botanico Italiano 35(1): 31-40.
- BRONDI A., ANDRIOLA L., GRAUSO S., MANFREDI FRATTERELLI F., SACCHI R., ZARLENGA F., 2001 – *Substrati litomorfologici degli ambienti italiani*. ENEA.
- CLEMENTI A., 2002 - *Interpretazioni di paesaggio*. Meltemi, Roma.
- GIACOMINI V., FENAROLI L., 1958 - *La flora*. In: Conosci l'Italia, vol. II. TCI, Milano.
- GLEASON H.A., CRONQUIST A., 1968 - *Manual of Vascular Plants of the Northeastern United States and adjacent Canada*. Willard Grant Press. Boston, MA.
- SESTINI A., 1963 – *Il paesaggio*. TCI, Milano.
- SMIRAGLIA D., CARRANZA M. L., RICOTTA C., BLASI C., 2001 – *Analisi diacronica e valutazione dello stato di conservazione del paesaggio*. Atti della 5ª Conferenza Nazionale ASITA-Volume II, 1381-1386.
- TURRI E., 2002 – *La conoscenza del territorio*. Marsilio ed., Venezia.
- VENTURI FERRIOLO M., 2002 – *Etiche del paesaggio. Il progetto del mondo umano*. Editori Riuniti. Roma.