

3. Il valore della biodiversità

Per attribuire valori quantitativi alla biodiversità, intesa come risposta adattativa della natura alla continua variazione di ambienti non in equilibrio (Holling, 1973, Holling et al., 1995), occorre una sempre maggiore comprensione della struttura e del funzionamento degli ecosistemi.

La biodiversità, nei diversi livelli gerarchicamente correlati in cui si estrinseca, da quella genetica all'interno della specie, alla diversità delle specie, a quella ecologica (Norse et alii, 1986), dipende dai grandi processi naturali come, ad es., le interazioni intraspecifiche, il ciclo dei nutrienti, etc. (Noss, op. cit.), e da differenti fattori ambientali, quali la latitudine, l'altitudine, la radiazione solare, l'umidità, etc.

Mentre alcuni di questi fattori esercitano la loro influenza, in termini spaziali (e temporali) a livello continentale e regionale, gradienti e variazioni di biodiversità a scala locale sono da mettere in relazione anche a particolari situazioni, come l'integrità degli ecotoni, la presenza di efficienti corridoi ecologici tra aree protette contigue, il disturbo antropico, etc.

La biodiversità totale di una determinata area è, quindi, la *risultante sistemica* di differenti processi, che operano su scale diverse, e dei rapporti che si sono creati nel tempo tra le componenti ambientali, i fattori naturali e l'azione antropica. Per poterla "misurare" occorre, pertanto, evidenziare i suoi attributi primari, quali composizione, struttura e funzioni (Noss, op. cit.) e attribuire loro un peso, al fine di confrontare ecosistemi o habitat diversi, non solo da un punto di vista qualitativo, ma anche quantitativo.

Già nella prima metà di questo secolo, per quantificare la biodiversità, riduttivamente intesa come numero di specie presenti in una determinata area oggetto d'indagine (ricchezza in specie) o come abbondanza con la quale si ritrova una certa specie, sono stati sviluppati diversi indici, a partire da quelli storici del 1943 di Fisher et al. (α diversity) e di Shannon e Weaver (H diversity) del 1949, senza dimenticare gli indici introdotti nel 1972 dal Whittaker (α diversity = within-habitat diversity; β diversity = between-habitat diversity; ε diversity o diversità totale come definita da Brandmayr, nel 1982, che propone una ε diversity regionale per singoli taxa o per aree e sistemi di paesaggio), per tenere conto delle diverse strutture organizzative spaziali (*pattern*) della biodiversità in relazione al tipo di scala utilizzata.

Oggi, gli indici di diversità sviluppati a vario titolo, sono più di venti (Giavelli et al., 1986) e vengono utilizzati per finalità diverse, dalle stime della qualità ambientale, alle valutazioni d'impatto (Onori, 1991), per le quali sono stati elaborati indici estremamente raffinati (Contoli, 1975, 1980), successivamente utilizzati per la rappresentazione cartografica della biodiversità nazionale a base bioclimatica (Contoli e Penko, 1996).

Riteniamo possibile sviluppare un nuovo metodo di valutazione quantitativo della biodiversità, inizialmente a livello di specie e di habitat, e riportare tali valori su una specifica Carta, utilizzando i risultati di mirati studi ecologici territoriali effettuati in alcuni ambienti della nostra penisola, condotti secondo un definito modello concettuale e un preciso approccio metodologico.

3.1 Il modello concettuale

Partendo dalla constatazione che l'ambiente naturale è un sistema complesso di relazioni tra componenti, fattori e processi, possiamo interpretare i livelli di complessità crescenti secondo i quali risulta organizzata la natura (dalle particelle subatomiche ai biomi e alla biosfera tutta), adottando il modello ecosistemico, riconosciuto e ormai affermato in tutta Europa.

Per analizzare questi diversi livelli di organizzazione, già dalla fine degli anni sessanta (Mabbutt, 1968; Rowe e Sherad, 1981) sono state sviluppate diverse classificazioni ecologiche del territorio (*Ecological Land Classifications*), che tendono a suddividerlo in porzioni, o **unità ambientali** (*patches*), relativamente omogenee rispetto a una o più variabili predefinite, e sede di altrettanti **sistemi ecologici**.

È stato dimostrato dai lavori di parecchi autori (Margalef, 1985; Forman e Godron, 1986;

Milne, 1991) come la funzionalità dei sistemi ecologici risulti strettamente legata alle proprietà intrinseche della loro struttura spazio-temporale. L'analisi dell'eterogeneità ambientale deve tenere conto di queste proprietà e del complesso gerarchico dei sistemi naturali così come risultano organizzati in natura, al fine di adottare la scala di riferimento più appropriata alle finalità dello studio (Zurlini e Rossi, 1995).

Un metodo di indagine abbastanza flessibile, che tiene in considerazione l'eterogeneità spaziale e i cambiamenti temporali propri del territorio, è quello che identifica e tipizza in unità ecosistemiche l'eterogeneo mosaico del paesaggio.

Questa discretizzazione del territorio in unità ha diversi presupposti teorici.

Da un lato, c'è la definizione di ecosistema "quale unità astratta espressa da un livello di organizzazione i cui elementi costitutivi sono sia gli individui appartenenti alle diverse specie, sia le relazioni tra specie diverse" (Margalef, 1974).

Dall'altro, la teoria gerarchica di Pattee (1973), che immagina l'ambiente come un'organizzazione di ecosistemi gerarchizzati in cui è possibile evidenziare delle unità elementari, quali ad esempio "i complessi di vegetazione" di Pignatti (1980), le "unità fondamentali elementari" (l'environ di Patten, 1982) o le "unità fenotipiche discretizzate" di Malcevski (1988), definite come "segmenti coevoluti dell'ambiente, temporalmente e spazialmente ben individuabili attraverso il riconoscimento delle loro specifiche proprietà".

Questa suddivisione dell'ambiente in unità può sembrare in contrapposizione al concetto del *continuum biocenotico*, teorizzato da Whittaker (1967) e da Verneaux (1973) per gli ambienti terrestri o da Vannote (1980) per quelli acquatici, secondo il quale le relazioni significative tra le componenti abiotiche e biotiche di un territorio sono variabili all'interno di gradienti più o meno estesi.

Il dualismo interpretativo ora visto viene elegantemente superato da Ravera (1980), che testualmente afferma "possiamo immaginare una serie di casi che inizia con quelli che meglio corrispondono allo schema di ecosistema e termina con quelli più rispondenti al concetto di continuum e tra gli estremi verrebbero a trovarsi tutti quei casi che hanno caratteristiche intermedie e che probabilmente sono la maggioranza".

In accordo con tale soluzione, il modello concettuale adottato evidenzia, lungo gradienti di variabilità, situazioni di sintesi rappresentate dalle unità ambientali, dove tutti i diversi fattori, biotici ed abiotici, concorrono all'espressione di biocenosi in equilibrio con i rispettivi biotopi. Tali unità possono essere considerate come singole tessere di un "ecomosaico", caratterizzabili fisionomicamente per l'evidente omogeneità biocenotica o per la specificità strutturale dei suoi livelli intrinseci d'organizzazione rispetto a quelli esistenti in altre unità.

Purtroppo, è facile constatare come gli ecosistemi molto spesso non siano identificabili da precisi confini fisici, ma risultino tra loro giustapposti o integrati in unità gerarchizzate da relazioni di appartenenza e d'interdipendenza.

Ogni ecosistema contiene unità di dimensioni minori e queste, a loro volta, sono contenute in altre più grandi.

Trasferimenti di materia e di energia correlano poi tra loro i diversi ecosistemi annidati (*nested*) gli uni dentro gli altri (Holling, 1992), in un tessuto di relazioni complesso e di difficile definizione.

Per questo, nel tentativo di contribuire alla spiegazione dei fenomeni che avvengono in un determinato contesto territoriale, è necessario formulare una qualche teoria esplicativa (Popper, 1959) e, successivamente, elaborare una metodologia analitica formale, "sintassica", per giungere alla comprensione del significato "semantico" della fenomenologia.

Ad es., negli U.S.A., R. G. Bailey (1983) ha delineato delle "ecoregioni" con la relativa classificazione a scala continentale, ricombinando una classificazione climatica con quella della vegetazione naturale potenziale. In Italia, più recentemente (1994) S. Pignatti ha proposto

una caratterizzazione dei "sistemi di paesaggio reale" basandosi sui criteri geografici del Sestini (1963), implementati dagli aspetti vegetazionali e del substrato geologico-pedologico. Sistemi di classificazione ecologica basati sulla caratterizzazione del territorio in unità ambientali omogenee sono stati utilizzati per quantificare le variazioni dei processi ecologici fondamentali e le risposte dell'ambiente alle politiche gestionali (Barnes et al., 1982; Host et al., 1996), per valutazioni e studi d'impatto ambientale (Stocker et al., 1977; Strahler, 1981). Nel 1990, uno studio della radioattività in Trentino-Alto Adige (Onori et al., 1993), è stato impostato e realizzato secondo una logica ecosistemica che, evidenziando una serie di "descrittori" dei valori naturali in unità ambientali fitosociologicamente determinate, ha fornito una chiave di lettura ecologica al fenomeno dell'accumulo dei radionuclidi.

Oggi, si cercherà di sviluppare un nuovo metodo di valutazione quantitativa della biodiversità secondo un modello interpretativo sotteso a un concetto di ambiente visto nella sua integrità, capace di tenere contemporaneamente presenti tutti i suoi attributi primari: composizionali, strutturali e funzionali (Block et al., 1987).

3.2 L'approccio metodologico

Dato che i sistemi ambientali sono strutturati gerarchicamente, secondo livelli d'organizzazione propri (Ceruti, 1984; O'Neill et al., 1986), anche l'approccio metodologico da adottare per valutare la biodiversità deve necessariamente essere di tipo gerarchico, al fine di tenere conto di questa particolare *complessità organizzata*, consentirne l'analisi e la comprensione.

È opportuno inoltre evidenziare come risulti estremamente efficace definire i parametri significativi e standardizzare gli ambiti di operatività secondo una logica multidisciplinare capace d'integrare l'approfondimento analitico e la specializzazione in campi d'indagine differenti.

Lo studio dell'ambiente, inteso come sistema dinamico di relazioni tra variabili fisiche, chimiche, biologiche, culturali, estetiche, etc., che lo compongono e ne determinano la struttura e i processi (Moroni, 1976), implica l'esigenza di una sua visione complessiva e quindi di uno sforzo di sintesi delle singole conoscenze e competenze disciplinari.

Le molteplici relazioni esistenti tra le componenti biotiche ed abiotiche presenti nei diversi ecosistemi terrestri possono essere comprese combinando le informazioni e le conoscenze derivate da discipline diverse, quali l'ecologia, la botanica, la zoologia, la geomorfologia, la pedologia, la geochimica, etc.

In quest'ottica s'inserisce l'approccio metodologico proposto dall'ANPA per studiare la biodiversità negli ecosistemi secondo un procedimento logico formalizzato che fa ricorso all'uso combinato di "descrittori biologici" e di "descrittori chimico-fisici".

I primi possono essere rappresentati da specie, comunità, popolazioni, etc., mentre i secondi sono costituiti da elementi chimici, parametri mesologici, etc. La scelta di uno o più descrittori è effettuata in funzione della significatività che rivestono, all'interno di una procedura articolata in quattro fasi:

- a) fase cognitiva: individuazione, a priori, delle unità ambientali dove si presume la presenza di elevati livelli di biodiversità (*hot spots*);
- b) fase selettiva: scelta dei descrittori, biologici e non, significativi; definizione dei protocolli relativi al rilevamento dei dati e delle informazioni;
- c) fase operativa: raccolta e misura in campo delle caratteristiche sinecologiche e dei parametri ecologici; determinazioni analitiche in laboratorio;
- d) fase di sintesi: archiviazione dei risultati in banca dati; loro elaborazione e restituzione cartografica.

In questo studio, sono stati privilegiati gli aspetti legati alla fito-biodiversità, ritenendo la vegetazione, intesa come mosaico di più associazioni floristiche, l'espressione più evidente delle diverse realtà ecologiche presenti in un territorio. Le unità floristico-vegetazionali, pertanto, rappresentano l'espressione fenotipica di condizioni strutturali, pedologiche, microclimatiche e dinamiche tali da fornire un habitat "medio" per gli organismi viventi.

Tali unità sono descritte dalla fitosociologia, secondo modalità standardizzate (Braun-Blanquet, 1951) in determinate condizioni ecologiche ed inoltre sono quelle che, allo stato attuale, meglio esprimono indicazioni sintetiche sulla situazione effettiva e sulle tendenze evolutive di una data realtà ambientale.

Consorti fisionomicamente simili, però, quali ad esempio le foreste di faggio su suoli bruni, possono trovarsi posizionati in maniera diversa rispetto ai flussi di trasferimento di materia o di energia, a seconda che si rinvercano sulla sommità, lungo il versante o nella parte basale di un rilievo. Tra queste tre situazioni vengono a determinarsi condizioni funzionalmente diverse: esse vanno pertanto considerate come unità morfo-funzionali tra loro differenti.

Per questo occorre ripetere il processo di riconoscimento secondo ordini di dettaglio decrescenti, che implicano scale di lavoro differenti, e passare da situazioni generali a livello di macroscale, con caratteristiche di replicabilità, a situazioni locali specifiche.

In altri termini, una volta identificate a livello nazionale, regionale, ecc., delle unità ambientali "fenotipicamente" riconoscibili per la *presenza di elementi biocenotici strutturalmente determinanti* (ad esempio i boschi a faggio d'alta quota o di versante), occorre individuare e caratterizzare situazioni locali (ad esempio la faggeta di una valletta dovuta all'esarazione glaciale, posta alla sommità di un altostrutturale), per "misurare" a quel livello di scala, il valore della biodiversità.

Come accennato, l'attenzione è stata per ora rivolta solo ad alcuni aspetti ambientali, quali quelli floristico-vegetazionali, geomorfologici e pedologici, ritenuti essenziali alla caratterizzazione degli ecosistemi; per obiettive esigenze di completezza, tali aspetti andranno comunque integrati da quelli legati alla componente faunistica, vertebrata ed invertebrata.

3.3 Il quadro operativo

Per le ragioni appena citate, e in sintonia con le tendenze in atto a livello europeo, è stato scelto l'inquadramento fitosociologico per individuare, a livello generale e in funzione della distribuzione della vegetazione secondo fasce altitudinali, un complesso di ecosistemi diversi, quali:

- gli ecosistemi costieri: con zone a dune, rappresentative di habitat xerotermi e psammofili, e zone a macchia mediterranea, con presenza di sclerofille sempreverdi;
- gli ecosistemi planiziali, collinari e pedemontani: con zone retrodunali e pozze temporanee (piscine), su cui insiste una vegetazione caducifolia di tipo subcontinentale, e zone caratterizzate da selve planiziali, con specie più o meno termofile di caducifoglie (soprattutto querce).
- gli ecosistemi montani e subalpini: con boschi a faggio, comuni a tutta la zona appenninica e, in quella alpina, con foreste a faggio, conifere sempreverdi (abeti e pino silvestre) e decidue (larici);
- gli ecosistemi altimontani ed alpini: con vegetazione extrasilvatica e relitti di tundra artica.

Al fine di tenere in considerazione l'azione incessante degli agenti esogeni sulla litosfera, pedosfera (e biosfera) nel modellare il territorio secondo strutture preferenziali di trasmissione o intrappolamento dei flussi materiali, l'attenzione è stata focalizzata sulle seguenti strutture geomorfologiche:

- le dune recenti litoranee e quelle continentali sublitoranee;
- le pianure alluvionali, sia costiere che di fondovalle;
- i depositi superficiali incoerenti (eluviali e/o colluviali) di sabbie, argille e ghiaie;
- i detriti di falda, le morene, ecc.;
- le formazioni argillose;
- le formazioni carbonatiche e carbonatico-dolomitiche;
- le formazioni ignee, sia intrusive che effusive;
- le formazioni silicatiche, sia eruttive che metamorfiche.

Per gli aspetti pedologici, in riferimento alla Carta dei suoli (Mancini, 1966), è stata operata una selezione di quelli più rappresentativi del nostro paese, in funzione dei morfotipi più diffusi a livello regionale, ascrivibili a:

- suoli alluvionali, regosuoli, vertisuoli (nelle pianure alluvionali);
- suoli bruni lisciviati, suoli bruni e suoli alluvionali (nei fondovalle, nelle zone collinari e sui terrazzi subpianeggianti);
- suoli lisciviati a pseudogley, suoli bruni lisciviati e suoli alluvionali (sui depositi fluvio-glaciali e fluviali);
- suoli bruni calcarei, litosuoli e rendzina (sui sistemi carbonatici);
- suoli bruni, andosuoli, litosuoli (sui sistemi vulcanici, sia intrusivi che effusivi);
- podzoli umo-ferrici, podzoli bruni e litosuoli (su formazioni silicatiche).

Per gli aspetti microclimatici, sono stati presi in considerazione alcuni tra i parametri ambientali (temperatura, umidità, luminosità, pH del terreno, nutrienti e continentalità) definiti fondamentali da Ellenberg (1982) per il loro significato ecologico nell'interpretare le relazioni tra vegetazione e fattori esogeni e, quindi, per comprendere la struttura e la dinamica delle comunità vegetali.

In particolare, risulta estremamente importante misurare l'intensità radiativa dalla cui quantità, qualità e durata dipendono, a livello di macroscale, in maniera diretta o indiretta, tutti i processi fisici e biologici che si verificano sulla Terra.

Localmente, a livello di microscale, è la quantità di energia radiante a disposizione per gli ecosistemi, strettamente correlata alla latitudine, alla morfologia dell'area, alla trasparenza dell'aria, etc., a influenzare la temperatura dell'aria, la pressione atmosferica, la ventosità e tutti i processi di evaporazione.

Non a caso Odum (1977) ha ribadito che "non esiste per l'ecologo nessun fattore fisico d'interesse maggiore della radiazione".

Nelle attività di studio della biodiversità è quindi estremamente importante stabilire la relazione tra le comunità degli esseri viventi e i fattori esogeni e controllare l'andamento e l'evoluzione dei principali caratteri micro-mesoclimatici (ed edafici), per evidenziare eventuali squilibri rispetto a situazioni ecologiche potenziali e limitarne possibilmente le conseguenze.

3.4 Le aree di studio

Una volta definiti l'approccio metodologico e il quadro operativo, è stato sviluppato un protocollo di studi ambientali da condurre in alcune unità tipiche delle Regioni Biogeografiche Alpina e Mediterranea, rivolgendo prevalentemente l'attenzione verso quelle più ricorrenti, caratterizzate da una *bassa pressione antropica* e da un *minor asporto delle biomasse per limitati interventi agronomici*, quali, ad esempio:

- le praterie psammofile costiere su dune recenti con regosuoli;
- i cespuglieti xerotermini planiziali su alluvioni terrazzate con suoli alluvionali;
- gli incolti di pianura e di versante su depositi colluviali con suoli lisciviati a pseudogley;
- i boschi termo-mesofili (orno-ostrieti) pedemontani e di versante su formazioni carbonatiche con suoli bruni calcarei;
- i boschi mesofili (faggete) di versante e sommitali su vulcaniti con andosuoli e suoli bruni;
- i boschi coniferati (peccete) di versante e d'altitudine su formazioni silicatiche con podzoli;
- le praterie d'altitudine (seslerieti, mesobrometi) su formazioni argillose con vertisuoli.

3.5 Le attività svolte

Nelle aree di studio individuate sono stati effettuati rilievi fitosociologici, controllate ed aggiornate carte tematiche della diverse associazioni vegetali, compilate schede floristiche, pari a circa seimila record relativi a più di cinquecento specie di piante vascolari, briofite, funghi e licheni.

Un contributo allo studio ecologico delle associazioni è stato fornito anche dall'analisi degli elementi corologici e delle forme biologiche, ovvero della distribuzione delle specie e di come esse si siano adattate alle condizioni climatiche avverse (freddo invernale – siccità estiva), proteggendo le loro gemme.

3.5.1 Rilievi fitosociologici

I rilievi fitosociologici sono stati effettuati secondo il metodo di Braun-Blanquet (1951) in stazioni situate tra 0 e 2250 m s.l.m. d'altitudine, rispettando il criterio di rappresentatività espresso dal concetto di "minimo areale", cioè la più piccola superficie interessata da una forma di vegetazione omogenea in grado di contenere tutte le specie della stazione in esame.

A ciascuna di esse, per la cui determinazione si è fatto uso della Flora d'Italia (Pignatti, 1982), sono stati attribuiti valori numerici indicanti il grado di copertura e l'associabilità.



Fig. 3.1: Rilievi fitosociologici della vegetazione.

3.5.2 Cartografia della vegetazione

Sulla base dei rilievi fitosociologici e delle indicazioni di campo raccolte su tavolette IGM 1:25000, attraverso la interpretazione delle foto aeree, sono stati prodotti dei prototipi di carte reali della vegetazione.

3.5.3 Rilievi microclimatici

Le osservazioni microclimatiche sono state effettuate utilizzando la Stazione Agrometeorologica ST 2000, comprendente un PC portatile connesso a due antenne di rilevamento, dotate di sensori per la determinazione di Umidità relativa (%), Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), PAR ($\mu\text{M}/\text{m}^2/\text{s}$), Velocità del vento (m/s) e Direzione del vento (deg).



Fig. 3.3: Apparecchiatura per il rilevamento microclimatico.



Fig. 3.2: Rilievi cartografici.

Sono state utilizzate due antenne per rilevare contemporaneamente le condizioni microclimatiche in cenosi prative e boschive adiacenti; i sensori sono stati posti ad un'altezza di circa 50 cm dal suolo nelle prime e a circa 150 cm nelle seconde.



Fig. 3.4: Allestimento dei sensori per il rilevamento dei dati microclimatici.

3.5.4 Ecologia della vegetazione

L'ecologia delle diverse associazioni vegetali è stata studiata mediante l'applicazione degli indici di Ellenberg. A ciascuna specie sono stati attribuiti sei valori numerici, relativi a sei parametri ambientali (luminosità, temperatura, continentalità, umidità, pH, nutrienti del suolo) che descrivono l'optimum ecologico della specie stessa.

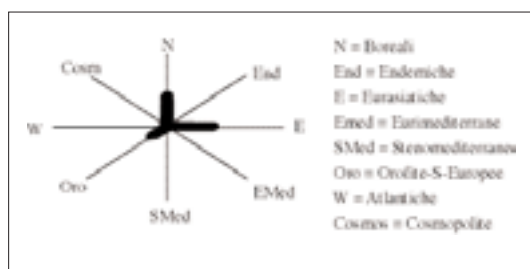


Fig. 3.6: Esempio di Corogramma.

Per rappresentare le differenze ecologiche delle varie comunità si è fatto uso di forme grafiche sintetiche quali gli Ecogrammi (Ellenberg, Pignatti, Pietrosanti - 1998), i Corogrammi e i Diagrammi delle Forme biologiche.

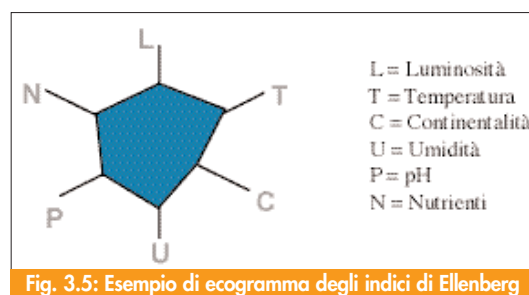


Fig. 3.5: Esempio di ecogramma degli indici di Ellenberg

All'associazione in esame, invece, sono stati assegnati dei valori percentuali relativi ai sei indici e tenuto conto dell'abbondanza con cui ciascuna specie è presente nell'associazione.

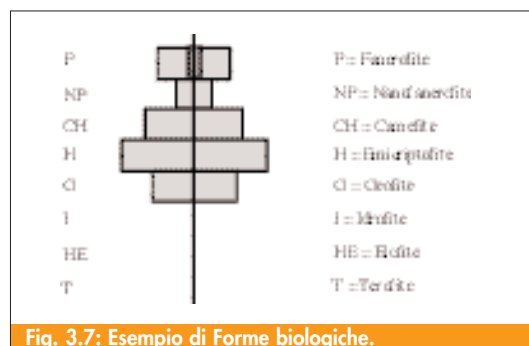


Fig. 3.7: Esempio di Forme biologiche.