

notiziario della societa' italiana di Fitosociologia

Società Italiana di Fitosociologia

**Istituto Botanico - via Irnerio, 42
40126 Bologna**

CONSIGLIO DI PRESIDENZA (1974-1976):

Presidente: prof. AUGUSTO PIROLA

Consiglieri: prof. PIER VIRGILIO ARRIGONI
prof. FRANCO BRUNO
prof. FRANCESCO FURNARI
prof. DUILIO LAUSI
prof. GIOVANNI GIORGIO LORENZONI

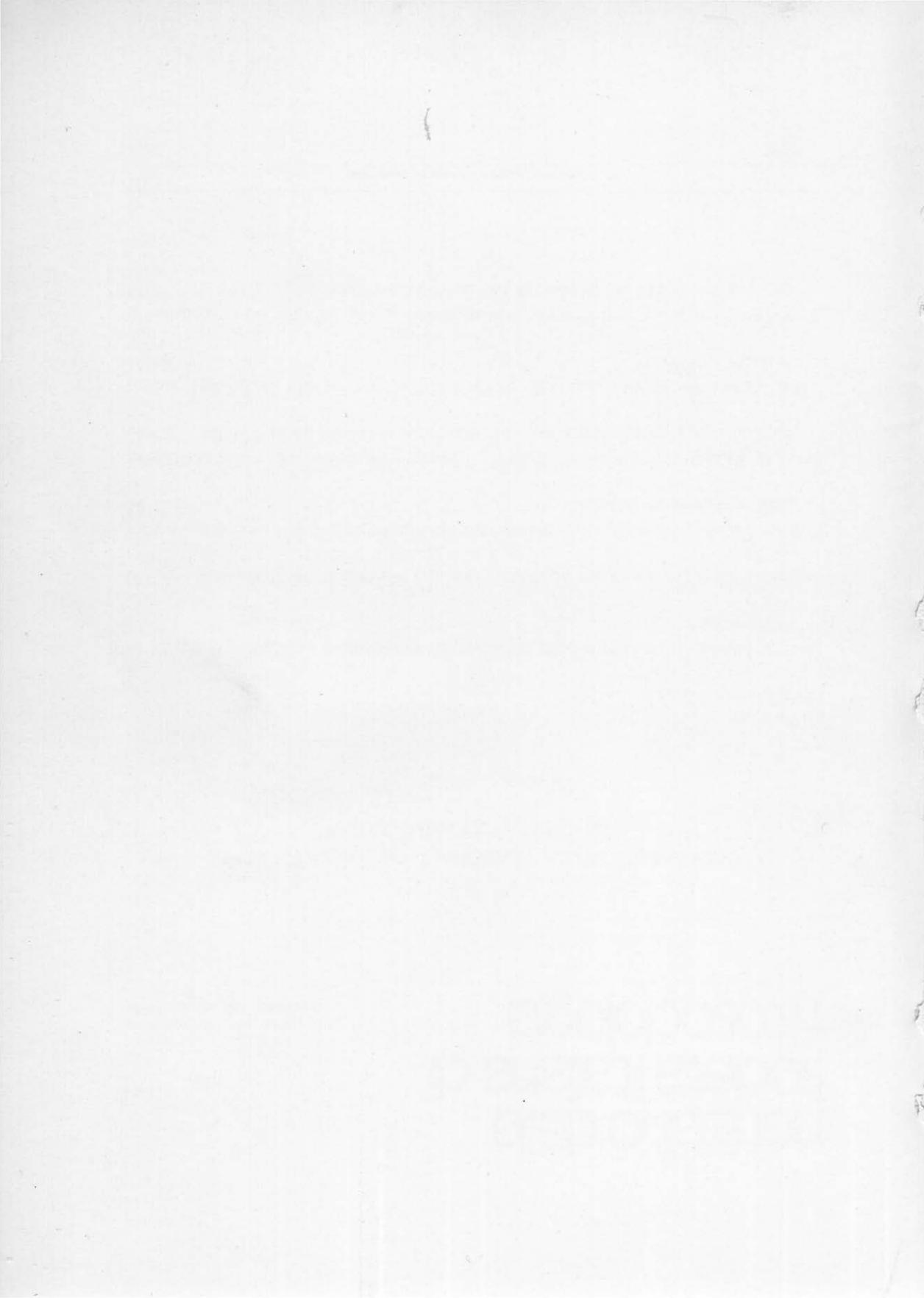
Segretario-Tesoriere: dott. CARLO FERRARI

La «Società Italiana di Fitosociologia» ha lo scopo di promuovere ed incoraggiare in Italia le ricerche geobotaniche in generale, fitosociologiche ed ecologiche in particolare; di facilitare la collaborazione sia nazionale che internazionale in questo campo di ricerche, ed anche nel piano delle applicazioni pratiche; di cooperare con Istituzioni e persone che si interessino alla protezione della natura, per lo studio fitosociologico delle riserve e degli aggruppamenti vegetali in via di estinzione o degradazione.

Per conseguire tali scopi, la Società esplica la sua attività mediante le assemblee ordinarie e straordinarie dei suoi soci; mediante simposi, incontri, escursioni, riunioni a carattere scientifico, eventualmente in cooperazione con altre Società scientifiche; mediante la pubblicazione del «Notiziario della Società Italiana di Fitosociologia».

Per divenire soci occorre presentare domanda scritta, controfirmata da due soci, al Consiglio di Presidenza, indirizzandola alla sede della Società.

Quote sociali annue: soci ordinari L. 2.000; Istituti ed Enti riconosciuti L. 5.000.



COLLOQUIO SULLA ELABORAZIONE QUANTITATIVA DEI DATI FITOSOCIOLOGICI

Bologna, 5 maggio 1973

Coordinatore: DUILIO LAUSI

- DUILIO LAUSI - Contributo delle elaborazioni quantitative per analisi e sintesi in
fitosociologia 1-15
- SANDRO PIGNATTI - Problemi di codifica dei dati floristici in fitosociologia 17-20
- ENRICO FEOLI - Un esempio di ordinamento di tipi fitosociologici mediante l'analisi
delle componenti principali 21-27
- LILIANE PERICHAUD e GILLES BONIN - L'analyse factorielle des correspondances
appliquée aux groupements vegetaux d'altitude du Gran Sasso d'Italia 29-43
- CARLO FERRARI - Applicazione della teoria dell'informazione allo studio degli spettri
biologici ponderati 45-51
- AUGUSTO PIROLA - Considerazioni sull'applicazione del metodo fitosociologico in
prove sperimentali di miglioramento di cotiche erbose 53-54
-

Contributo delle elaborazioni quantitative per analisi e sintesi in fitosociologia

DUILIO LAUSI

RIASSUNTO

L'Autore espone alcune considerazioni sul contributo operativo e di chiarimento teorico che i metodi di elaborazione numerica possono apportare alla complessa problematica della fitosociologia europea.

Dopo aver constatato che è in atto una significativa confluenza tra i sistemi della fitosociologia europeo-continentale e dell'ecologia anglo-americana, egli osserva che l'efficienza del metodo fitosociologico sigmatista, e la larga applicazione che ne è derivata, hanno portato alla raccolta di un numero molto elevato di dati, in continuo incremento.

Sono così emersi due problemi la cui risoluzione è essenziale per ulteriori progressi teorici e pratici della fitosociologia: il problema della documentazione e quello della elaborazione dei dati qualitativi e quantitativi contenuti nei rilievi e nelle tabelle fitosociologiche.

L'Autore riferisce su quanto è stato fatto al riguardo dal «Gruppo di lavoro per l'elaborazione dei dati», di cui fa parte, nell'ambito della Società Internazionale di Fitosociologia, attraverso la creazione di un sistema di codifica per la documentazione (Coding System Trieste) e la sperimentazione di elaborazioni numeriche dei dati mediante calcolatori elettronici. Sottolinea infine i legami analogici esistenti tra le fasi del metodo di Braun-Blanquet e quello dei metodi numerici di ordinamento e classificazione e schematizza la successione delle tecniche numeriche utili per le analisi e le sintesi fitosociologiche.

ABSTRACT

Contribute of quantitative data processing to analysis and synthesis in phytosociology.

The Author considers the practical and theoretical contribute brought to the european phytosociology by the numerical data processing.

After remarking there is a significant convergence between the systems of the «continental» phytosociology and the anglo-american ecology, the A. observes that the successful use of Braun-Blanquet's method has led to a large and increasing collection of data.

Two problems arise from this: the former is phytosociological data's documentation, the latter is quantitative and qualitative data processing. The «Working Group for Data Processing» of the International Society for Plant Geography and Ecology has already obtained some results by the proposal of a Coding System (Coding System Trieste) and by experiments on numerical data processing also by computer.

The A. explains the analogical correspondences there are between the steps of Braun-Blanquet's method and the steps of numerical ordering and classifying. At last he outlines a succession of numerical techniques for phytosociological analysis and synthesis.

Introduzione

Lo scopo di questa relazione è quello di esporre alcune considerazioni fondamentali e di dare un'informazione generale sul contributo che i metodi d'elaborazione numerica dei dati fitosociologici possono apportare alla complessa problematica della fitosociologia sigmatista. Questa problematica è sintetizzata in quattro punti da BRAUN-BLANQUET (1964) nell'introduzione dei suoi fondamenti della fitosociologia. Sulla scorta di questi punti, fondamentali risultano i problemi concernenti: la definizione delle unità di vegetazione (tipi vegetazionali) e l'inserimento di queste in un sistema classificatorio.

I metodi di elaborazione numerica possono venir impiegati in particolare per affrontare le problematiche di fitosociologia strutturale e sistematica summenzionate ed inoltre permettono di ricavare dalle tabelle fitosociologiche dei tipi la grande massa di informazioni in esse contenuta, concernenti soprattutto i rapporti specie - vegetazione - ambiente.

Premesse

I. Quanto indicato nella parte introduttiva, trova conferma nelle recenti tendenze della fitosociologia europea verso una sempre più ampia applicazione di metodi quantitativi. Queste tendenze sono sorte anche nel seno della stessa scuola sigmatista e, nell'ultimo decennio, manifestatesi ampiamente nei simposii della Società Internazionale di Fitosociologia, organizzati e diretti dal prof. R. TÜXEN a Rinteln (DBR).

La fitosociologia europea è in continuo sviluppo verso una scienza globale della vegetazione, nella quale vengono integrati i risultati delle varie scuole (VAN DER MAAREL, 1969). Questo sviluppo, già emerso durante il Congresso Botanico Internazionale di Edinburgo (VAN DER MAAREL, WESTHOFF, VAN LEEUWEN, 1964), è stato confermato più esplicitamente durante i lavori del Simposio del 1970 della Società Internazionale di Fitosociologia, durante i quali TÜXEN constatò non solo la fine delle controversie fondamentali tra le scuole europee ma anche l'avvicinamento di queste alla scuola anglo-americana (TÜXEN, ed., 1972: 55).

Secondo WHITTAKER (1972) la fitosociologia europeo-continentale e l'ecologia anglo-americana possono venir considerate come due diverse «culture scientifiche» piuttosto che due scuole separate: intendendo come «cultura» il sistema di concetti e di interessi collegati fra loro e con determinate metodiche di ricerca impiegate per esprimerli. Anche se una semplice fusione fra i due indirizzi sembra allo stato attuale irragionevole, WHITTAKER intravede per il momento la possibilità di un notevole avvicinamento tramite ponti costituiti da particolari convergenze concettuali e procedurali: nella teoria della struttura della vegetazione, nelle tecniche quantitative di classificazione e nell'analisi indiretta dei gradienti (ordina-

zione) quale aiuto alla classificazione. Sull'aspetto metodologico di queste convergenze per quanto riguarda il metodo di BRAUN-BLANQUET torneremo più avanti, ma ci sembra importante rilevare, fin d'ora che nessun approccio può venir respinto per ragioni di tecnica.

Queste considerazioni sulle distanze e sulle possibili convergenze dei due indirizzi summenzionati, aprirebbero il campo all'esame di una notevole letteratura, poiché coinvolgono la scienza della vegetazione nel suo complesso di metodi, tecniche, teorie e significato dei risultati nell'ambito più generale delle scienze biologiche. In questo contesto, i contributi di WESTHOFF (1970, 1972) volti a chiarire la posizione della fitosociologia europeo-continentale nell'ambito delle scienze biologiche in base a considerazioni d'ordine pratico, logico e storico, forniscono un'ampia panoramica sulla letteratura in oggetto ed impostano il problema nella sua globalità.

Prima di chiudere questa premessa, ci sembra però importante rilevare ancora uno stato di fatto, che ha secondo noi un peso notevolissimo sui problemi qui accennati e sulle varie opinioni riportate. Questo fatto è costituito dalla larga applicazione che la metodica di BRAUN-BLANQUET ha avuto in molte regioni floristiche ed a moltissimi tipi di vegetazione. Sull'estensione e sui limiti di questa applicazione si confronti WESTHOFF & VAN DER MAAREL (1973).

I motivi fondamentali, per i quali l'impiego di un determinato metodo si espande, vanno riferiti, secondo noi, principalmente al linguaggio impiegato per la descrizione, comprensione e comunicazione dei fenomeni osservati ed ai sistemi conoscitivi ed informativi che li sintetizzano. I tipi dei sistemi impiegati sono senz'altro, a nostro parere, collegati anche con i tipi delle «culture» scientifiche di base.

È ovvio, e credo non occorrono esempi data la generalità dell'osservazione, che le «culture» scientifiche ed i «sistemi» connessi si modificano nel tempo; le prime con moto quasi continuo ed i secondi solamente dopo profonde revisioni e rielaborazioni di tutti i dati a disposizione. Abbiamo in mente l'apparente paradosso che la scienza non procede per la scoperta di nuovi fenomeni naturali ma per la rielaborazione sotto altri punti di vista dei fatti già noti.

Queste ultime considerazioni ci portano direttamente ad una seconda premessa.

II. La larga applicazione del metodo sigmatista ha portato all'individuazione di un elevato numero di tipi vegetazionali e ad una profonda conoscenza della vegetazione europea.

I dati analitici e sintetici attualmente a disposizione hanno raggiunto una massa considerevole. Il numero dei rilievi delle tabelle fitosociologiche pubblicate, concernenti la sola vegetazione europea, può venir stimato intorno a 100.000. Il flusso di nuovi rilievi si può stimare sull'ordine di 1000-2000 all'anno, prescin-

dendo da grosse monografie regionali. Di fronte ad una così vasta letteratura pochissimi (3-5) sono in Europa i centri che possiedono raccolte quasi complete.

Il lavoro di documentazione risulta quindi molto difficoltoso e per lavori che superino il livello regionale quasi impossibile per il singolo ricercatore.

La difficoltà di documentazione è fatto comune e generale in tutte le scienze. La gran massa di dati è in definitiva un fatto positivo e può esser dimostrazione della validità del metodo impiegato. La crisi su riscontrata può venir quindi interpretata come fatto normale di crescita e può venir superata adottando in tempo particolari sistemi di documentazione, ai quali accenneremo più avanti.

Esiste però un aspetto particolare, per quanto riguarda i dati prodotti dal metodo sigmatista, che vorremmo rilevare e che ci sembra di fondamentale importanza.

L'efficienza del metodo consiste infatti in gran parte (cfr. LAUSI, 1972) nella massa di informazioni contenute nel sistema di classificazione: l'analisi e la sintesi sistematica, anche se sono due momenti diversi del metodo, risultano fortemente collegati fra loro. Il criterio floristico-statistico usato nell'individuazione dei tipi è anche quello sul quale si basa l'individuazione di unità superiori della vegetazione. È ovvio che la sintesi diventa più difficile con l'aumentare dei dati analitici.

La difficoltà quindi di trattare grandi quantità di dati con le tecniche manuali tradizionali di elaborazione delle tabelle ha quasi paralizzato l'elaborazione nel lavoro di sintesi. Al posto delle elaborazioni floristico-statistiche è stato spesso introdotto l'arbitrio oppure il dogmatismo. La vera crisi non risiede quindi nel gran numero di dati, ma va ricercata invece nelle cause che hanno provocato l'«inflazione» delle unità fitosociologiche superiori e nelle sue conseguenze, ambedue chiaramente individuate da PIGNATTI (1968) già un decennio fa.

In tal modo la generalità ed i contenuti del linguaggio, ai quali abbiamo accennato nella prima premessa, vengono compromessi dalla creazione di nomi privi di significato: unità superiori di vegetazione create duplicando unità inferiori non ci danno nuove informazioni ma solamente nomi nuovi.

La necessità di nuove unità sistematiche superiori dovrebbe dipendere invece precipuamente dall'affinamento della metodica analitica e dalla sempre più evidente attenzione dei fitosociologi europei alla struttura della vegetazione.

Dall'altro canto la sintassonomia non è il tema centrale e l'unico contenuto del metodo sigmatista (come da taluni ritenuto, per lo più in senso negativo) ma è invece uno dei suoi problemi fondamentali. Un tema sarebbe materia di opinioni ma essendo la sintassonomia un problema, questo richiede soluzioni per le quali possono venir applicate e sperimentate diverse tecniche di elaborazione dei dati fitosociologici.

Nello sviluppo attuale della fitosociologia verso una scienza globale della vegetazione, il problema della sintesi e della classificazione ha assunto un peso note-

vole. A questo riguardo, la fitosociologia sigmatista risulta avvantaggiata dal fatto di aver tentato sin dall'inizio di sperimentare un sistema generale per la sintesi. Altri vantaggi, importantissimi per le elaborazioni quantitative, sono costituiti dall'*omogeneità* e *unitarietà* dei dati fitosociologici di base, per quanto concerne il metodo di rilevamento ed inoltre dal loro grande numero. Quest'ultimo infatti permette di valutare la *variabilità* e la *validità* dei modelli astratti, rappresentati dai tipi di vegetazione, nello studio delle uniformità percepibili in un fenomeno tanto complesso e vario qual'è la vegetazione.

In questa premessa, abbiamo tentato brevemente di far emergere due punti essenziali per ulteriori progressi teorici e pratici della fitosociologia e cioè: la necessità della soluzione del problema della documentazione e di quello della sperimentazione ed elaborazione dei dati qualitativi e quantitativi contenuti nei rilievi e nelle tabelle fitosociologiche. Ambedue i problemi possono venir affrontati con l'ausilio di tecniche avanzate ed oggi largamente impiegate nelle diverse metodologie scientifiche.

Documentazione dei dati fitosociologici

La necessità di attuare una documentazione accessibile e operativa dei dati, è stata sentita largamente in vista della realizzazione di un Prodrômus delle associazioni vegetali d'Europa.

Questo lavoro di sintesi deve basarsi ovviamente sui rilievi di vegetazione pubblicati, compresi quelli inclusi in tabelle sintetiche (o meglio, per la neutralità del termine, *sinottiche*, cfr. DOING, 1969 e TÜXEN, 1970), su rilievi inediti dei collaboratori e su eventuali rilievi da eseguire a tal fine per le regioni poco conosciute.

Una realizzazione del Prodrômus basata sulla definizione «a priori» delle unità di vegetazione di rango superiore sarebbe contraria al metodo induttivo impiegato e comunque antiscientifica.

Finora tali Prodrômi sono stati compilati da singoli ricercatori e per singole regioni, mediante l'elaborazione di quantità veramente notevoli di rilievi usando tecniche di lavoro convenzionali e manuali; per citare i più ampi portiamo ad esempio quelli di TÜXEN (1937): 2154 rilievi, di BRAUN-BLANQUET (1952): 2304 rilievi e di OBERDORFER (1957): 5169 rilievi.

Durante il Simposio Internazionale di Rinteln del 1969, venne costituito nell'ambito della Società Internazionale di Fitosociologia, in seguito ad una proposta di S. PIGNATTI, G. CRISTOFOLINI e D. LAUSI, un «Gruppo di lavoro per l'elaborazione dei dati» (Working Group for Data - Processing) con lo scopo principale di affrontare dal lato pratico il problema del sistema della documentazione e della spe-

rimentazione delle elaborazioni numeriche dei dati mediante l'ausilio degli elaboratori elettronici.

Il sistema di documentazione in questo caso deve possedere i requisiti della massima accessibilità (anche come archivio per lavori di tipo convenzionale) e della massima trasferibilità diretta dei dati ai computers per l'esecuzione dei programmi delle tecniche numeriche le più diverse.

Il sistema di codifica adottato (CODING SYSTEM TRIESTE) è stato esposto da CRISTOFOLINI et al. (1969).

Le unità base del sistema sono le tabelle dei rilievi, le cui righe vengono riportate su schede perforate dalla colonna 21 di queste in poi. I dati di copertura sono quelli di BRAUN-BLANQUET o altre codifiche di questi. Nelle prime 20 colonne della scheda vengono perforati i codici (tutti numerici) del lavoro originale (pubblicato o inedito), il numero della tabella dato dall'autore nel lavoro è il numero di codifica della specie (4 cifre per il genere, 3 cifre per la specie).

Su un'altra scheda perforata è prevista la codifica degli altri dati generali come: posizione geografica dei rilievi, le indicazioni delle loro testate, ecc.

Particolarmente discusso è stato il problema della codifica delle specie, che è stato risolto in modo tale che il sistema di codifica numerica resti il più aperto possibile.

La codifica in caratteri numerici delle specie viene riportata su un'altra scheda che fornisce la corrispondenza fra il numero ed il nome della specie in caratteri alfabetici. Si ottiene così uno schedario floristico nel quale si possono inserire altre informazioni sulle specie, come ad es. forme biologiche, corologia ecc.

Questi tre archivi di dati possono venir in qualsiasi modo incrociati ed utilizzati mediante i programmi d'esecuzione delle elaborazioni al calcolatore elettronico.

Vogliamo solo accennare alle enormi possibilità offerte da questi tre archivi anche se utilizzati solamente come fonte di informazioni, che senza l'aiuto dell'elaboratore elettronico rimarrebbero celate nella massa dei dati.

Per la sperimentazione il Gruppo summenzionato concentrò il lavoro su tutto il materiale disponibile (edito ed inedito) concernente la vegetazione alofila europea.

La documentazione su questo materiale, usando il sistema su descritto, si concluse con la trasposizione su schede perforate di circa 5000 rilievi di vegetazione alofila.

Tutti questi dati sono stati trasferiti su nastro magnetico ed inviati ai diversi ricercatori del gruppo. I nastri magnetici offrono la possibilità di moltiplicare gli archivi e di farli facilmente circolare dato il loro minimo ingombro. Dall'archivio dei dati così memorizzati si possono ovviamente ristampare le tabelle originali complete con estrema rapidità oppure estrarre qualsiasi serie di dati necessari per la sperimentazione numerica.

Elaborazione dei dati fitosociologici

I tentativi di elaborazione numerica, comparsi negli ultimi anni in campo fitosociologico, possono dare nel loro complesso un'immagine confusa e poco coordinata a chi non abbia seguito attentamente i loro sviluppi. Ciò è dovuto in primo luogo al fatto che le diverse applicazioni di particolari tecniche numeriche, originatesi per lo più in campi di ricerca affini ma diversi per il tipo dei dati, hanno ancora un significato sperimentale. In secondo luogo è necessario sottolineare che questi tentativi sono stati fatti più o meno isolatamente da singoli ricercatori, in quanto quasi sempre sono condizionati dalla possibilità di accedere agli elaboratori elettronici.

Attualmente però questa possibilità si sta generalizzando, per lo meno per gli Istituti di ricerca universitari e ciò potrà costituire un fattore di apertura per una più ampia sperimentazione e discussione dei risultati.

Un tentativo di coordinazione e d'interpretazione dei risultati finora ottenuti è stata fatta solo di recente nell'ambito del «Working Group for Data - Processing» della Società Internazionale di Fitosociologia.

Per facilitare un primo contatto a livello informativo con le tecniche numeriche che passeremo in rassegna in seguito, ci sembra opportuno a questo punto, tentare di sintetizzare i procedimenti del metodo di BRAUN-BLANQUET al fine di tradurli in un linguaggio che li colleghi alle tecniche numeriche.

Il centro del metodo sigmatista è dato dalla tecnica del riordinamento specie/rilievi della tabella fitosociologica (*matrice in s.l.*). Il trattamento quasi — statistico di una grande quantità di materiale descrittivo — quantitativo (rilievi), può venir fatto al limite anche senza metodi matematici sofisticati, ma mediante la scoperta *visuale* di specie correlate, scrivendo e riscrivendo la tabella finché si evidenziano visualmente e in maniera soddisfacente dei blocchi di specie.

Questa fase è in sostanza una *suddivisione politetica* dell'insieme dei rilievi in tabella. La suddivisione è politetica in quanto si basa ovviamente su più *caratteri* (specie) (cfr. MOORE, et al. 1970).

Il processo suddivisivo continua finché i singoli sottoinsiemi di rilievi ottenuti non abbiano un accettabile grado di omogeneità nella composizione floristica. Durante questo processo possono anche venir eliminati i rilievi che sembrano non rientrare in nessun dei gruppi. Questa decisione è riservata all'operatore.

Una volta individuati i gruppi di rilievi si procede normalmente ad una «pulitura» della tabella ordinando i sottoinsiemi o lungo un gradiente di somiglianza o lungo un gradiente ecologico. Questa fase può portare all'individuazione di associazioni, subassociazioni, varianti, ecc.

Quest'ultima fase è in sostanza una *ordinazione*. A questo punto l'elaborazione tradizionale è già entrata nella fase di sintesi.

Il termine di ordinazione ha un significato molto generale ed è stato introdotto

da GOODALL (1953) anche per indicare tutte quelle tecniche di analisi multivariata che consentono di ordinare i rilievi e le specie rispetto a delle coordinate. Il termine ordinazione è stato contrapposto a quello di classificazione, nel senso che si sono originate diverse opinioni sull'opportunità di procedere all'una o all'altra sintesi (GOODALL, 1954 a, 1963).

I due procedimenti non sono antitetici, anzi come fa rilevare WHITTAKER (1972) possono integrarsi.

Il metodo di BRAUN-BLANQUET, poiché è stato largamente impiegato nello studio dei più diversi aspetti della vegetazione, ha il vantaggio di fornire gli elementi fondamentali per procedere ad una classificazione della vegetazione come sintesi conoscitiva.

Infatti la fase sintetica del metodo di BRAUN-BLANQUET procede ad una *classificazione* che è di tipo *gerarchico*. Questa nella sua manualità ripropone lo stesso procedimento sopra illustrato, cercando di scoprire gruppi di specie che nel sistema della vegetazione riescono ad individuare diversi livelli gerarchici.

Il principio della fedeltà delle specie, usato nella definizione delle associazioni, sta anche alla base della definizione delle unità superiori del sistema: alleanza, ordini e classi. In tal modo si apre quasi automaticamente la via alla classificazione di tutte le unità vegetazionali ed il sistema generale riposa su un unico principio (BRAUN-BLANQUET, 1964: 127).

Data l'analogia esistente tra i procedimenti delle diverse fasi del metodo di BRAUN-BLANQUET e quelli delle tecniche numeriche di ordinazione e classificazione, è evidente come sia giustificata la loro applicazione nelle finalità del metodo sigma-tista. Poiché il metodo visuale, di fronte a grandi quantità di dati può paralizzarsi oppure esser troppo soggetto a decisioni e valutazioni soggettive, le tecniche numeriche possono essere di grande aiuto.

Per evitare malintesi, osserviamo che queste tecniche non aggiungono né obbiettività né informazioni ai dati di base. Infatti l'informazione entra nel sistema nel momento del rilievo di campagna. Le tecniche numeriche invece permettono di estrarre e di mettere in luce le informazioni contenute nei dati. In tal modo il fitosociologo dispone con esse di strumenti che gli consentono una maggior obbiettività nelle decisioni.

Tecniche numeriche per il trattamento dei dati fitosociologici

I dati di base del metodo di BRAUN-BLANQUET sono raccolti in tabelle a doppia entrata. La posizione in tabella del singolo dato (copertura, sociabilità) è determinata dall'incrocio specie-rilievo.

Le tecniche possono venir applicate sia su dati qualitativi, basati solo sull'assenza o presenza delle specie (binary data) oppure sui valori numerici di queste. Altri

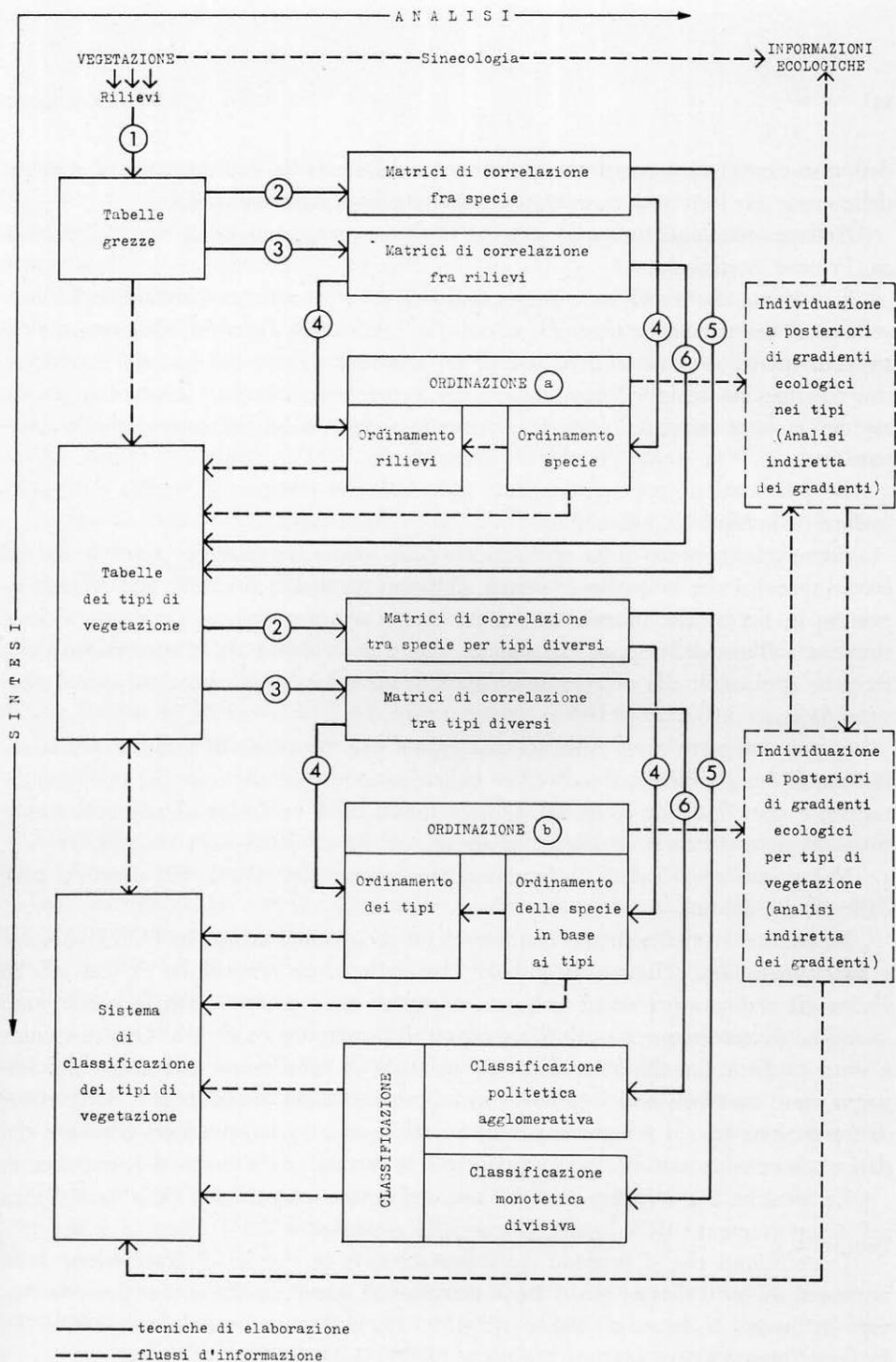


Fig. 1 - Schema che collega le diverse problematiche della fitosociologia mediante tecniche d'elaborazione numerica dei dati fitosociologici. Tecniche: 1 - Programma TAB, 2 - somiglianza fra specie, 3 - somiglianza fra tipi, 4 - analisi multivariata, 5 - «association analysis», 6 - «cluster analysis».

Flow - chart for the phytosociological data processing. Techniques: 1 - Program TAB, 2 - similarity between species, 3 - similarity between types, 4 - multivariate analysis, 5 - «Association analysis», 6 - «cluster analysis».

dati quantitativi importanti che provengono dalle tabelle dei tipi sono il numero delle specie e le loro frequenze relative nella tabella in senso statistico.

Nella terminologia fitosociologica quest'ultime corrispondono ai valori di presenza (Präsenz, Stetigkeit).

È evidente che anche nel ripetere esattamente i procedimenti metodologici convenzionali delle tecniche manuali, si può far intervenire l'uso dell'elaboratore elettronico. Infatti si tratta in definitiva di far muovere righe e colonne nell'interno di una tabella. Con semplici programmi il calcolatore esegue questo lavoro con grande rapidità e senza errori nei passaggi e presenta a volontà del ricercatore tabelle stampate.

Le informazioni per i movimenti righe/colonne possono provenire dall'applicazione delle tecniche numeriche.

Come orientamento sulla applicazione delle numerose tecniche possibili sia nel lavoro d'analisi che in quello di sintesi, abbiamo tentato di costruire uno schema riportato in fig. 1, che proprio in quanto molto semplificato può dare una visione sintetica sull'uso delle stesse. Lo schema mette in evidenza sia la successione delle tecniche applicabili alle diverse problematiche sia i flussi d'informazioni che si ricavano da esse.

Si può osservare come nello schema appaia una iterazione di tecniche per la soluzione di due problematiche diverse: individuazione e tabellazione dei tipi di vegetazione e classificazione di questi. Questa iterazione è conforme al principio unitario (floristico-statistico) applicato nel sistema di BRAUN-BLANQUET (v. pag. 8).

Nel primo caso i dati di partenza provengono dai rilievi, nel secondo caso dalle tabelle dei tipi.

La tecnica 1 (vedi schema) consiste in un programma scritto in FORTRAN IV e denominato TAB (LAUSI, in pubbl.) che consente la costruzione di una tabella grezza già ordinata per strati (arboreo, arbustivo ecc.) entro i quali le specie sono in ordine decrescente per i valori combinati di presenza e copertura. Questa tecnica è stata studiata per eliminare il lavoro manuale di tabellazione dei rilievi di campagna con i suoi ben noti inconvenienti rappresentati dai tempi lunghi, dagli errori di trascrizione ecc. Il programma TAB permette una documentazione efficiente dei dati e contemporaneamente li predispone per le successive elaborazioni al calcolatore.

Le tecniche 2 e 3 consentono di dare una misura quantitativa della somiglianza nel comportamento delle specie (2) e della somiglianza fra i rilievi o i tipi (3).

I coefficienti che si possono usare per ottenere le matrici di correlazione sono numerosi. Elenchi diversi più o meno completi di questi coefficienti si possono trovare in SOKAL & SNEATH (1963: 129-130, 132), BOYCE (in Cole ed., 1969: 7), IVIMEY-COOK (1972) e JARDINE & SIBSON (1971: 3-9).

Le matrici di correlazione sia fra specie che fra rilievi possono venir elaborate al fine di ottenere «ordinamenti» mediante tecniche di analisi multivariata (4). Que-

ste tecniche consentono di mettere in luce le mutue posizioni delle specie o quelle dei rilievi in uno spazio multidimensionale (v. schema: Ordinazione -a). Lo stesso può esser fatto con tipi di vegetazione diversi e con le specie che li definiscono (Ordinazione -b).

La descrizione di queste tecniche (4) dal punto di vista metodologico si può trovare in SEAL (1964), AUSTIN & ORLOCI (1966), VAN DER MAAREL (1969) HARMAN (1970); per quanto riguarda invece la loro applicazione a dati fitosociologici in particolare rimandiamo ai lavori di GOODALL (1954 b), BRAY & CURTIS (1957), DAGNELIE (1960), IVIMEY-COOK & PROCTOR (1967), LACOSTE & ROUX (1971), SINGH & WEST (1971), WHITTAKER (1972), ROMANE (1972), TIMBAL (1973).

Inoltre le matrici di correlazione fra specie possono venir elaborate con le tecniche di «association analysis» (5) quali quelle descritte da: WILLIAMS & LAMBERT (1959), IVIMEY-COOK & PROCTOR (1966), IVIMEY-COOK (1972). Queste tecniche consentono: nell'analisi di ottenere una individuazione di tipi di vegetazione sulla base della sola presenza/assenza delle specie e nella sintesi una *classificazione monetica divisiva* dei tipi. I dendrogrammi che si ottengono da questa tecnica danno una visione gerarchica sulla base della presenza o dell'assenza di certe specie.

Le matrici di correlazione fra i rilievi o fra i tipi possono venir anche elaborate con tecniche di «cluster analysis» (6) ampiamente esposte in SOKAL & SNEATH (1963), JARDINE & SIBSON (1971), ANDERBERG (1973).

È interessante segnalare che uno dei primi tentativi affine alla tecnica di «cluster analysis» è stato fatto proprio in fitosociologia da SÖRENSEN (1948).

Una discussione sull'applicazione della «cluster analysis» al metodo di BRAUN-BLANQUET è stata fatta da MOORE & SULLIVAN (1970), per mettere in evidenza il tipo d'informazioni ottenibili ed il loro significato nelle decisioni necessarie durante il lavoro di tabellazione.

Queste tecniche (6) si possono considerare come rivolte ad ottenere *classificazioni per via politetica agglomerativa*. Classificazioni di questo tipo si basano sulla formazione di «gruppi» che si fondano e si collegano per successivi livelli di affinità.

I dendrogrammi che si ottengono dalla «cluster analysis» visualizzano dunque una gerarchia fondata su criteri di somiglianza.

Come conclusione su quanto qui esposto, vogliamo sottolineare che l'applicazione della serie di tecniche indicate nello schema (fig. 1) non è da considerarsi automatica per le soluzioni dei problemi indicati.

Ogni indice di correlazione ed ogni tecnica numerica da impiegare richiede uno studio ed una valutazione a seconda del tipo di problema che si vuole affrontare. Difatti, e qui vogliamo essere il più possibile espliciti per evitare nuovamente malintesi, l'applicazione di queste tecniche richiede una profonda conoscenza del metodo e dei problemi della fitosociologia sigmatica. È necessario quindi il continuo inter-

vento del fitosociologo nel coordinare e nell'interpretare i vari risultati parziali ottenuti con la tecnica scelta per un determinato problema. D'altro canto, è necessario anche un continuo ricorso al consiglio del matematico specializzato in questi problemi, per prevenire l'uso di tecniche inappropriate in modo da assicurare che i risultati vengano interpretati con vantaggio in termini biologici. È evidente però, come da quest'ultima considerazione sorga la necessità per il fitosociologo di tradurre i suoi problemi in un linguaggio, che renda possibile l'uso di strumenti formali e concettuali che possono formarsi ed evolversi anche al di fuori della sua sfera di ricerca. Difatti l'esistenza di un «bio-matematico» (a parte la non chiara semantica del nome) che assolva contemporaneamente i compiti su indicati, è quanto mai ipotetica. Il tentativo di sciogliere un grosso nodo problematico impone un lavoro profondo e rigoroso e una revisione degli schemi mentali.

Per i motivi e le considerazioni su esposte, nello schema riportato abbiamo chiaramente indicato che i risultati delle diverse tecniche vanno, secondo noi, considerati quali flussi d'informazione nell'interno del sistema generale e pertanto le *tecniche numeriche sono subordinate al metodo e non sostitutive di esso*.

Conclusioni

In questa breve relazione in rapporto alla complessità della tematica in oggetto, abbiamo solamente indicato molti argomenti venuti in discussione durante i recenti sviluppi delle elaborazioni quantitative in fitosociologia. Abbiamo invece tentato di mettere in luce il più chiaramente possibile il significato che, a nostro avviso, hanno le elaborazioni numeriche nella finalità del metodo di BRAUN-BLANQUET. La loro applicazione risulta in definitiva un ampliamento logico nella direzione quantitativa del metodo stesso. Difatti la tecnica centrale di questo metodo è in effetti quantitativa e statistica, non nel senso stocastico (casuale) dei dati, ma nella elaborazione degli stessi dopo il loro rilevamento. In effetti i dati acquistano significato solo dopo l'attività ordinatrice del ricercatore (cfr. LAUSI, 1972).

L'apparente semplicità del metodo nasconde la complessità tecnica del sistema di BRAUN-BLANQUET dovuta al quasi-contemporaneo trattamento delle relazioni distributive reciproche delle specie e di queste con i tipi di vegetazione, nelle più diverse situazioni ambientali, dinamiche e geografiche. Il sistema conoscitivo che ne risulta è complesso poiché complessa è la vegetazione. L'astrazione del sistema gerarchico è la massima semplificazione possibile senza perdere informazioni. In questo senso esso può venir considerato un «sistema di riferimento» (Reference System) le cui unità di ordine superiore vengono continuamente chiarite dalle elaborazioni. Il sistema può esser considerato «naturale» e predittivo in quanto i sintaxa individuati nelle elaborazioni sono costituiti da *insiemi* di specie ricche di informazioni sulle relazioni fra ambiente, popolazioni e fitocenosi.

L'applicazione al metodo di BRAUN-BLANQUET delle varie tecniche numeriche qui discusse può in sintesi apportare i seguenti contributi:

- elaborazione delle tabelle fitosociologiche;
- studio del significato statistico delle specie e delle combinazioni specifiche;
- evidenziare i mutui rapporti sia qualitativi che quantitativi fra le specie;
- evidenziare i mutui rapporti fra i diversi tipi della vegetazione;
- portare chiarimenti obbiettivi alla classificazione.

Inoltre, le tecniche numeriche introducono ancor più nella scienza induttiva della vegetazione la logica formale della matematica. L'introduzione nella biologia della matematica non deve venir considerata come un'intrusione o una sovrastruttura per appesantire delle speculazioni più o meno piacevoli, ma come uno strumento di uniformità del linguaggio della scienza.

Le tecniche numeriche e l'uso degli elaboratori elettronici facilitano attualmente questo processo di generalizzazione e nel contempo accelerano gli sviluppi sia teorici che pratici della fitosociologia.

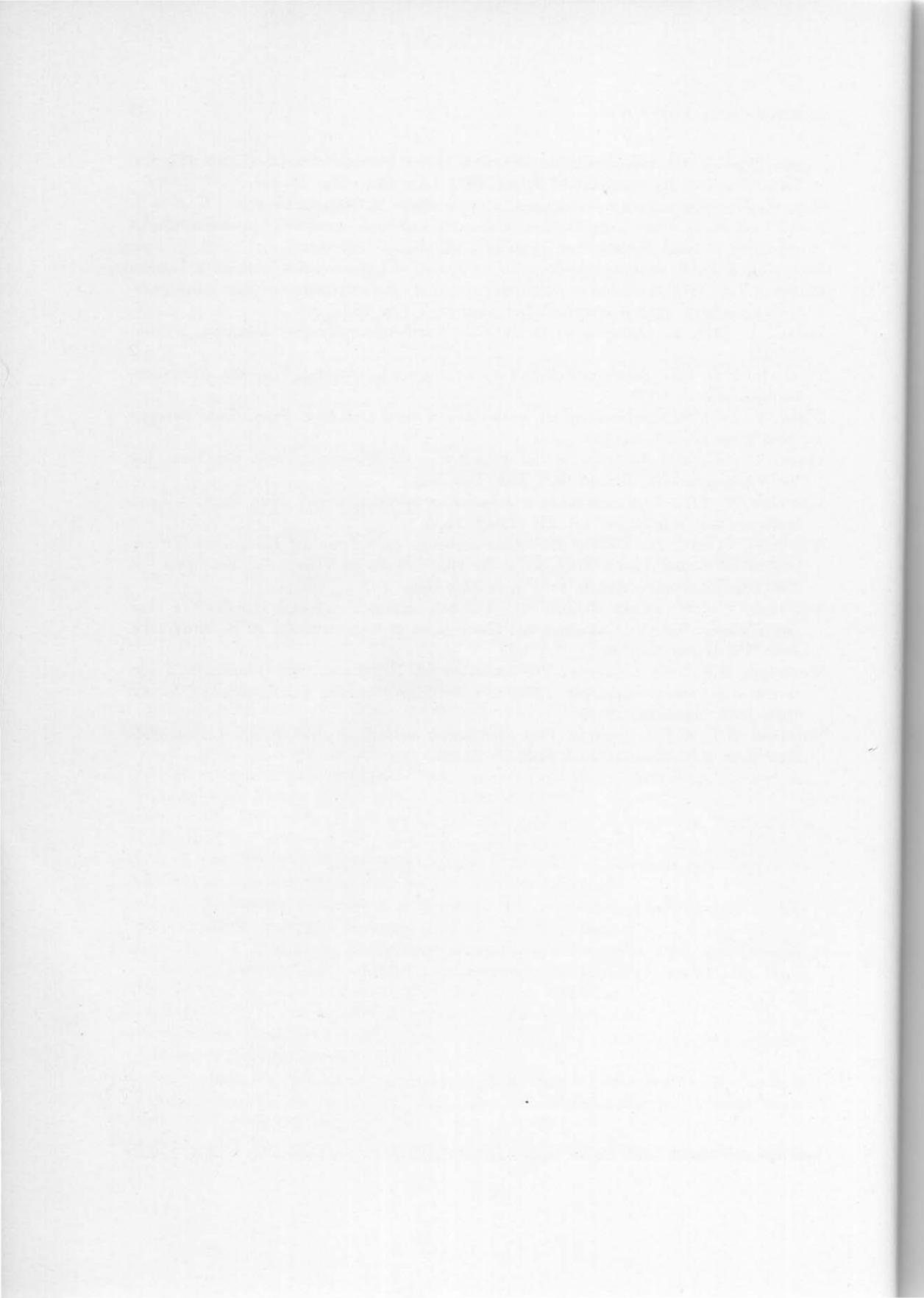
In questa relazione abbiamo discusso in particolare l'aspetto dell'elaborazione quantitativa dei dati fitosociologici in vista della soluzione di problematiche concrete inerenti al metodo di BRAUN-BLANQUET. Ci sembra però importante anche solo accennare ad un altro aspetto, che va oltre alla semplice elaborazione, e cioè quello della «sperimentazione» quantitativa sui dati. Intendiamo con questa indicare un campo ancora quasi inesplorato, una *terra incognita*, che si sta appena delineando con ricerche quantitative sui concetti fondamentali della scienza della vegetazione, affrontando problemi come ad es. quello della quantificazione della caratteristività delle specie. Dato l'alto contenuto d'informazioni del sistema, al quale abbiamo più volte accennato, la possibilità di questa sperimentazione è tanto vasta che rimane aperta al libero gioco dell'intuizione.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERBERG, B.R., 1973, *Cluster analysis for applications*. Academic Press, New York-London.
- AUSTIN, M.P., & ORLOCI, 1966, *Geometric models in ecology. II. An evaluation of some ordination techniques*. J. Ecol. 54: 217-227.
- BOYCE, A.J., 1969, *Mapping diversity: a comparative study of some numerical methods*. In Numerical Taxonomy, (Cole ed.). Academic Press, London & New York: 1-31.
- BRAUN-BLANQUET, J., ROUSSINEN, et NÈGRER., 1951, *Les groupements végétaux de la France Méditerranéenne*, Montpellier.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964, *Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde*, III ed., Springer, Wien-New York.
- BRAY, J.R., & J.T. CURTIS, 1957, *An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin*. Ecol. Monogr. 27: 325-349.
- CRISTOFOLINI, G., D. LAUSI, S. PIGNATTI, 1969, *Survey of the system for coding of plantsociolo-*

- gical records used by the "Trieste Group". Report Working Group Data-Processing Phytosoc. (mim.): 13.*
- DAGNELIE, P., 1960, *Contribution a l'étude des communautés Végétales par analyse factorielle*. Bull. Serv. Carte phytogeogr. Serie B, 5, (1), 7-69 e 5, (2), 93-195.
- DOING, H., 1969, *Sociological species groups*. Acta bot. neder. 18: 398-400.
- GOODALL, D.W., 1953, *Factor analysis in plant sociology*. Paper read to Third Int. Biometric Conf. in Bellagio, sept. 4, 1953.
- GOODALL, D.W., 1954, a) *Vegetational classification and vegetational continua*. Angew. Pflaszol.; Aichinger Festschr. 1, 168-182.
- GOODALL, D.W., 1954, b) *Objective methods for the classification of vegetation III. An essay in the use of factor analysis*. Aust. J. Bot. 2: 304-324.
- GOODALL, D.W., 1963, *Continuum and individualistic association*. Vegetatio, Acta Geobotanica vol. XI 5-6: 297-316.
- GREIG-SMITH, P., M.P. AUSTIN, & T.C. WHITMORE, 1967, *The application of quantitative methods to vegetation survey. I. Association analysis and principal component ordination, of rain forest*. P. Ecol. 55: 483-503.
Rinteln 1970: 89-97. Junk, Den Haag.
- HARMAN, H.H., 1970, *Modern Factor Analysis*, III ed. Univer. Chicago Press, Chicago-London.
- IVIMEY-COOK, R.B., 1972, *Association analysis- some comments on its use*, In: Grundfragen u. Methoden in der Pflanzensoziologie (ed. Tüxen), Ber. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde.
- IVIMEY-COOK, R.B. & M.C.F. PROCTOR, 1966, *The application of association analysis to phytosociology*. J. Ecol. 54: 179-192.
- IVIMEY-COOK, R.B., & M.C.F. PROCTOR, 1967, *Factor analysis of data from an East Devon heath: A comparison of principal component and rotated solutions*. J. Ecol. 55: 405-414.
- JARDINE, M., & R. SIBSON, 1971, *Mathematical taxonomy*. London.
- LA COSTE, A. & M. ROUX, 1971, *L'Analyse multidimensionnelle ne phytosociologie et en ecologie*. Oecol. Plant. 6: 353-369.
- LAUSI, D., 1972, *Die Logik der pflanzensoziologischen Vegetationsanalyse-Ein Deutungsversuch*. In: Grundfragen u. Methoden in der Pflanzensoziologie (ed. Tüxen), Ber. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde, Rinteln 1970: 17-28. Junk, Den Haag.
- MAAREL, E. VAN DER, 1969, *On the use of ordination models in phytosociology*. Vegetatio 19: 21-46.
- MAAREL, E. VAN DER, & V. WESTHOFF & C.G. VAN LEEUWEN, 1964, *European approaches to the variation in vegetation*, Paper 10th. Int. Bot. Congress Edinburgh.
- MOORE, J.J., FITZSIMONS P., LAMBE E. & WHITE J., 1970, *A comparison and evaluation of some phytosociological techniques*. Vegetatio, 20: 1-20. Junk, Den Haag.
- MOORE, J.J., & A. O'SULLIVAN, 1970, *A comparison between the results of the Braun-Blanquet method and those of "cluster analysis"*. In: Gesellschaftsmorphologie (Tüxen ed.), Ber. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde, Rinteln, 1966: 26-30. Junk, Den Haag.
- OBERDORFER, E., 1957, *Süddeutschen Pflanzengesellschaften*. Fischer, Jena.
- ORLOCI, L., 1966, *Geometric models in ecology. I. The theory and application of some ordination methods*. J. Ecol. 54: 193-215.
- PIGNATTI, S., 1968, *Die Inflation der höheren pflanzensoziologischen Einheiten*. In: Pflanzensoziologische Systematik (Tüxen ed.) Ber. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde, Stolzenau/Weser, 1964: 85-97. Junk, Den Haag.
- ROMANE, F., 1972, *Une exemple d'utilisation de l'analyse factorielle des correspondances en éco-*

- logie végétale*. In: Grundfragen u. Methoden in der Pflanzensoziologie, (Tüxen ed.), Ber. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde, Rinteln 1970, Junk, Den Haag: 151-167.
- SEAL, H., 1964, *Multivariate statistical analysis for biologist*. Methuen, London.
- SINGH, T., & N. E. WEST, 1971, *Comparison of some multivariate analysis of perennial Atriplex vegetation in South Eastern Utah*. *Vegetation*, vol. 23, 5-6: 289-313.
- SOKAL, R.E. & P.E.A. SNEATH, 1963, *Principles of Numerical Taxonomy*, San Francisco & London.
- SÖRENSEN, T.A., 1948, *A Method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content*. *Biol. Skrifter*, V, (4): 1-34.
- TIMBAL, J., 1973, *La végétation de la forêt de Sainte-Hélène (Vosges)*. *Vegetatio*, 27, 4-6: 267-321. 2
- TÜXEN, R., 1937, *Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands*. *Mitt. Flor.- soz. Arbeitsgem. Niedersachsen* 3: 1-170.
- TÜXEN, R., 1970, *Pflanzensoziologie als synthetische Wissenschaft*. *Misc. Papers Landbowhogeschool Wageningen* 5: 141-159.
- TÜXEN, R., (ed.), 1972, *Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie*. Ber. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde, Rinteln 1970, Junk, Den Haag.
- WESTHOFF, V., 1970, *Vegetation Study as a branch of biological Science*. *Misc. Papers* 5, Landbowhogeschool Wageningen, vol. XII (1968): 11-30.
- WESTHOFF, V., 1972, *Die Stellung der Pflanzensoziologie im Rahmen der biologischen Wissenschaften*. In: Grundfragen u. Methoden in der Pflanzensoziologie, (Tüxen ed.), Ber. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde, Rinteln 1970, Junk, Den Haag: 1-15.
- WESTHOFF, V. & E. VAN DER MAAREL, 1973, *The Braun-Blanquet Approach*. *Handbook of Vegetation Science, Part. V: Ordination and Classification of Vegetation*, Ed. R. H. WHITTAKER. Junk. The Hague: 619-726.
- WHITTAKER, R.H., 1972, *Convergences of ordination and classification*. In: Grundfragen u. Methoden in der Pflanzensoziologie, (Tüxen ed.), Ber. Symp. Int. Ver. Vegetationskunde, Rinteln 1970, Junk, Den Haag: 39-57.
- WILLIAMS W.T., & J.M. LAMBERT, 1959, *Multivariate methods in plant ecology. I. Association Analysis in plant communities*. *J. Ecol.* 47: 83-101.



Problemi di codifica dei dati floristici in fitosociologia

SANDRO PIGNATTI

RIASSUNTO

Vengono esaminati criticamente alcuni possibili sistemi di codifica dei binomi specifici per l'elaborazione dei dati fitosociologici attraverso computers.

È inoltre descritto, nei suoi principi, il sistema numerico adottato presso l'Istituto Botanico di Trieste.

ABSTRACT

Problems of floristic coding in phytosociology.

Some systems of coding floristic informations of phytosociological data are discussed in relation to the use in techniques of ordination by computer.

The numerical system used at the Botanical Institute of Trieste is briefly exposed.

I dati floristici di una ricerca fitosociologica sono costituiti essenzialmente dal nome delle specie che sono state osservate nei singoli rilievi. Per l'individuazione univoca di una specie è necessario, come è noto, citare il genere di appartenenza, l'attributo specifico ed il nome dell'Autore (eventualmente anche più Autori): es. *Astragalus hamosus* L.; *Ferulago campestris* (Besser) Grec. In questa forma è possibile fornire queste informazioni alla macchina elaboratrice, però si tratta di procedimento che porta numerose difficoltà durante le elaborazioni successive, quindi conviene sostituire la denominazione scientifica con una codifica. Al nome scientifico viene sostituita quindi una sigla oppure un numero, che presentino i vantaggi della brevità e facilità di ordinamento. La sostituzione può essere arbitraria, e così si fa normalmente quando si abbiano da trattare problemi circoscritti: ad es., volendo elaborare una tabella, le specie che compaiono in essa possono ricevere un numero progressivo, che serve di codifica. Con l'aumento dei dati da elaborare risulta però più utile passare ad un sistema, cioè ad una codifica fondata su un principio logico: essa infatti rende più efficiente il lavoro di preparazione dei dati, inoltre il principio logico utilizzato rappresenta un'informazione supplementare, che può essere oggetto di ulteriori elaborazioni. La numerazione progressiva sopra esemplificata può essere definita un «sistema *ad hoc*»; sistemi fondati su un principio logico possono essere *chiusi* (cioè prevedere tutte le possibilità e non ammetterne di ulteriori), oppure *aperti* (cioè permettere l'inserimento di nuovi dati). Qualche esempio di codifiche attuate senza troppi studi preliminari e che in qualche caso hanno portato a grosse difficoltà può essere qui ricordato da nostri tentativi precedenti.

Per codificare una tabella di Seslerieti con 105 specie sono stati usati i numeri da 001 a 105, e non si è avuta alcuna difficoltà. Una tabella di fenologia delle faggete con circa 900 binomi specifici è stata codificata automaticamente dal computer disponendo questi binomi in ordine alfabetico e dando una numerazione progressiva; alla fine anche i sinonimi e gli errori di stampa avevano ricevuto un proprio numero di codice e le faggete europee venivano divise in due gruppi: quelle nelle quali il nome del Faggio era scritto *Fagus «sylvatica»* e quelle con la grafia allora usuale «*silvatica*». È stata dunque scartata la possibilità di usare un sistema ad hoc e sono stati effettuati diversi tentativi di ideare sistemi chiusi o aperti.

È stata studiata la possibilità di utilizzare diverse opere floristiche di uso comune per costituire sistemi chiusi; in particolare:

Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas di Ehrendorfer e Coll. - Concepita per uno scopo diverso (cartografia floristica di una zona limitata d'Europa), quest'opera è inadatta al nostro scopo, perché quasi non esiste la possibilità di inserire nuovi generi: volendo codificare anche la sola flora italiana, ci si troverebbe ben presto nell'impossibilità di procedere, essendo esauriti i generi.

Flora Europaea - Le specie dovrebbero venire numerate ed in questo modo si avrebbe una codifica generale per la flora di tutto il continente, però la pubblicazione non è ancora completata e sarebbe necessario attendere ancora alcuni anni; inoltre non esiste la possibilità di effettuare paragoni con zone anche vicine, quali ad es., il Nordafrica.

Quando si imposta un metodo di uso generale per elaborazioni, è impossibile prevedere in anticipo tutto quello che potrà divenire necessario, e pertanto conviene cercare la massima flessibilità possibile, in modo da non compromettere in partenza elaborazioni successive. Pertanto ci siamo convinti dell'opportunità di passare ad un sistema di tipo aperto. Anche in questo caso sono state esaminate diverse possibilità:

L'indice dei generi preparato da Gould - Si tratta di un sistema molto perfezionato, che tuttavia risulta poco pratico, perché ciascun genere viene designato con ben 17 cifre, alle quali andrebbero ulteriormente aggiunte altre cifre per la codifica delle specie.

Sistemi alfabetici - Sono fondati sul principio di contrarre le denominazioni scientifiche, in modo da abbreviarle (sigle). Lavori orientativi di Lieth e di Moore sono stati eseguiti indicando le specie con le prime quattro lettere del nome generico e le prime quattro dell'attributo specifico; nei due casi sopra indicati si avrebbe rispettivamente ASTR HAMO e FERU CAMP. Il risultato è pratico e facilmente comprensibile, la codifica immediata, però si ripetono le difficoltà dei sistemi ad hoc:

per pochi dati tutto va bene, quando si vuole prendere in considerazione la flora di un territorio ampio le difficoltà divengono insormontabili. Nella flora italiana abbiamo ad esempio i generi *Centaurium* e *Centaurea*, che si distinguono solo per la lettera in ottava posizione; lo stesso può accadere per attributi specifici; inoltre praticamente insolubile diventa il problema dei sinonimi: *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. e *Q. sessiliflora* Salisb. si codificano in maniera diversa, ma sono la stessa cosa: *Ranunculus chaerophyllos* Arcangeli e *R. chaerophyllos* Hayek invece non sono la stessa cosa, perché corrispondono a *R. paludosus* Poir. e *R. gracilis* Clarke rispettivamente, e non corrispondono nemmeno a *R. chaerophyllos* L. Queste difficoltà si riflettono anche nella *Liste* di Ehrendorfer, nella quale viene dato un tentativo di codifica alfabetica delle piante dell'Europa media, però si rende necessario l'uso di 11 lettere più uno spazio intermedio, ed i nomi contengono talora anche le finali, separate da un apostrofo, il che costituisce una sorta di linguaggio crittografico difficilmente maneggevole per l'elaboratore.

Il sistema da noi usato - Esaminate le possibilità sopra indicate ed altre ancora, abbiamo sperimentato un sistema numerico, che è in uso ormai da tre anni e che finora ha permesso di accumulare un gran numero di dati, senza dar luogo a difficoltà gravi. Esso è fondato sui seguenti principi: ciascuna specie viene indicata con un numero di sette cifre, delle quali le prime quattro sono eguali per tutte le specie di un genere, mentre le altre tre sono differenti da specie a specie. Il numero di codice così ottenuto rappresenta un equivalente della nomenclatura binomia attualmente in uso: le prime quattro cifre corrispondono al nome generico, le altre tre all'attributo specifico.

Il numero di codice per il genere è ricavato dal catalogo *Genera Siphonogamarum* di Dalla Torre ed Harms; quest'opera, edita nel 1900-1907 è tuttavia abbastanza moderna per quanto riguarda il concetto di genere e l'ordinamento sistematico e rappresenta l'ultimo tentativo di riunire in un libro un catalogo completo (anche per quanto riguarda la sinonimia) dei generi di piante superiori della flora mondiale. È un'opera facilmente consultabile, di largo uso (molti erbari sono ordinati secondo questa) e che, grazie ad una recente ristampa (1963) si trova regolarmente in commercio. I generi riportati in quest'opera sono 9.629, quindi possono venire codificati tutti mediante l'uso di quattro cifre, rimangono anzi oltre 300 posti liberi, che sono stati utilizzati per la codifica (secondo altri criteri) delle Pteridofite, Briofite e Licheni. La lista dei generi rappresenta un sistema chiuso: non si possono aggiungere nuovi generi se non con artifici. Il numero di codice per la specie è ricavato da *Flora Europaea* relativamente ai generi finora pubblicati, ed è il numero progressivo della specie di quella trattazione; specie non riportate da *Flora Europaea* vengono aggiunte successivamente con numerazione progressiva. Con tre cifre si identificano circa 1.000 oggetti: in *Flora Europaea* nessun genere «normale» su-

pera finora le 200 specie (solo *Alchemilla* e *Rubus* arrivano a 300-600 specie); rimane quindi un gran numero di posizioni libere per ulteriori oggetti.

Esempi:

- *Populus alba* L. 1872001
- *Aristolochia clematidis* L. 2174006
- *Rumex obtusifolius* L. 2195043

Presso l'Istituto Botanico di Trieste esiste uno schedario con circa 10.000 nomi e sinonimi di specie europee con indicazione della codifica numerica: su richiesta, questi dati sono a disposizione degli studiosi. Essi sono serviti alla codifica delle specie di alofite elaborate a Nimega e Dublino, e delle specie di faggeta in elaborazione a Zurigo. Nel linguaggio essenziale del computer questo viene indicato come «code Trieste». Un primo catalogo in ordine sistematico delle specie corrispondenti ai gruppi riportati nei primi due volumi di *Flora Europea* è già stato stampato presso il Centro di Calcolo dell'Università di Trieste ed è pure disponibile. Nella Flora d'Italia che stò preparando, per ogni specie viene indicato il relativo numero di codice.

Mediante l'utilizzazione del code Trieste è possibile confrontare fra loro i dati di rilievi eseguiti in qualsiasi punto del Globo. Stiamo attualmente organizzando una banca di dati, nella quale siano memorizzati un gran numero di rilievi fitosociologici riferentisi ai più diversi tipi di vegetazione e territori; altri Istituti fuori d'Italia organizzano simili banche di dati e grazie al codice unitario questi dati sono integralmente scambiabili. Queste banche potranno svolgere per i dati fitosociologici una funzione analoga a quella degli erbari per i dati floristici.

Oltre alla codifica per i nomi specifici sono stati elaborati sistemi di codifica per le forme biologiche e per i gruppi corologici (questi ultimi con un sistema ad hoc riferito all'Italia), che permettono ulteriori elaborazioni.

Alcuni problemi rimangono tutt'ora aperti: la codifica delle Crittogame, il trattamento delle entità infraspecifiche (sottospecie, varietà, etc.) e l'eventualità di gruppi di collegamento tra specie vicarianti; possiamo tuttavia prevedere che questi problemi di dettaglio non porteranno difficoltà sostanziali.

Quando le banche di dati avranno raggiunto una sufficiente disponibilità di informazioni elaborabili (essenzialmente rilievi), e quando sarà stato possibile organizzare un metodo facile, rapido ed economico per l'accessibilità di questi dati, coloro che si occupano di studi vegetazionali avranno a disposizione un nuovo e formidabile mezzo di lavoro. Esso permette elaborazioni riguardanti le specie, i generi, le famiglie, forme biologiche e gruppi corologici.

Un esempio di ordinamento di tipi fitosociologici mediante l'analisi delle componenti principali

ENRICO FEOLI

RIASSUNTO

Viene applicata l'analisi delle componenti principali ai tipi fitosociologici dell'ordine *Glauco-Puccinellietalia* tenendo in considerazione ora i valori di copertura delle specie ora i soli valori di presenza (1) assenza (0).

L'analisi delle componenti principali mette in evidenza che la classificazione proposta da BEEFTINK (1962) è meglio riconoscibile quando si utilizzano i valori di copertura delle specie.

ABSTRACT

Phytosociological ordination by the principal components analysis: an example.

Principal components analysis has been applied to vegetation types of *Glauco-Puccinellietalia* order. The results show that the classification of BEEFTINK (1962) is more recognizable when the covering values of the species are taken in consideration.

Introduzione

Una tecnica che si è dimostrata molto utile per fornire una rappresentazione ordinata e sintetica delle informazioni contenute in una tabella di n righe x m colonne è l'analisi delle componenti principali. L'analisi delle componenti principali fa parte delle numerose tecniche dell'analisi multivariata (cfr. SEAL, 1964) delle quali quelle che vengono utilizzate in Fitosociologia dalla scuola anglosassone vanno sotto il nome più generale di tecniche di ordinazione (GOODALL, 1953).

I fitosociologi europei solo in questi ultimi anni si sono accorti dell'importanza delle tecniche di ordinazione per l'elaborazione dei rilievi fitosociologici eseguiti secondo la metodologia della scuola sigmatista (VAN DER MAAREL, 1969). L'applicazione delle tecniche di ordinazione ha avuto notevole importanza nell'avvicinamento delle diverse scuole fitosociologiche (WHITTAKER, 1970). Nonostante che le tecniche di ordinazione vengano viste dai fitosociologi europei soprattutto in funzione della classificazione, esse mettono in evidenza molti aspetti di notevole importanza ecologica.

Tutte le tecniche di ordinazione si propongono di ridurre al minimo il numero delle dimensioni dello spazio determinate dal numero degli attributi che descrivono gli elementi oggetto di studio. In Fitosociologia gli attributi sono le specie e gli elementi o individui i rilievi. In senso astratto o più precisamente matematico le spe-

cie originano lo spazio vegetazionale nel quale si dispongono i rilievi (GOODALL, 1963).

Con i dati fitosociologici si possono intraprendere due tipi di ordinamento:

- 1) ordinamento dei rilievi rispetto alle specie (Q - techniques).
- 2) ordinamento delle specie rispetto ai rilievi (R - techniques).

Sembra che l'analisi delle componenti principali sia più appropriata nel primo caso (cfr. VAN DER MAAREL, cit.).

In questo lavoro l'analisi delle componenti principali viene applicata a 58 rilievi della vegetazione alofila. La scelta della vegetazione alofila quale materiale per sperimentazione di tecniche di analisi numerica è avvenuta nell'ambito del «Working group of data processing» che fa parte della «International Society for Plant Geography and Ecology».

Materiale

Il materiale oggetto dell'elaborazione consta di 58 rilievi fitosociologici dell'ordine *Gauco-Puccinellietalia* (BEEFTINK, 1962). I rilievi sono stati scelti dalle ta-

TAB. I

CODICE	ASSOCIAZIONI	ALLEANZE
★	PUCCINELLIETUM MARITIMAE	PUCCINELLION MARITIMAE
●	JUNCETUM GERARDII	
■	JUNCO GERARDII-OBIONETUM	ARMERION MARITIMAE
○	ARTEMISIETUM MARITIMAE	
□	JUNCO CARICETUM EXTENSAE	
▲	BLYSMETUM RUFII	
◇	FESTUCETUM ARENARIAE	
▴	JUNCETUM MARITIMI	PUCCINELLIO-SPERGULARION SALINAE
△	PUCCINELLIETUM DISTANTIS	

belle che appartengono a questo ordine messe sul nastro magnetico «T 300» presso il Centro di Calcolo dell'Università di Trieste. La scelta di rilievi è avvenuta in modo tale che la florula di ciascuna tabella fosse rappresentata da un numero minimo di rilievi, questo per ridurre al massimo la ridondanza (cfr. FEOLI, dattiloscritto). I tipi fitosociologici esaminati sono raccolti in tabella 1.

Metodo

L'analisi delle componenti principali è stata applicata alla matrice delle dissimilarità tra rilievi ottenuta applicando la formula della distanza euclidea (cfr. ORLOCI, 1966).

$$d_{ik} = \left\{ \sum_j (x_{ij} - x_{kj})^2 \right\}^{1/2} \quad \begin{matrix} i, k = 1, \dots, m \\ j = 1, \dots, n \end{matrix}$$

I confronti sono stati fatti in due modi:

- 1) tenendo in considerazione solo i valori di presenza (1) assenza (0) delle specie;
- 2) tenendo in considerazione i valori di copertura delle specie.

Come già detto, l'obiettivo dell'analisi delle componenti principali è di rappresentare gli individui in uno spazio a dimensioni ridotte rispetto a quello definito dalle variabili, in modo tale che si mantengano o si approssimino le distanze euclidee tra i rilievi.

L'analisi delle componenti principali realizza la riduzione dello spazio a n dimensioni (n = numero degli attributi) cercando nuove variabili tra di loro non correlate che siano combinazioni lineari delle variabili originarie. A questo si perviene cercando degli assi ruotati rispetto al sistema originario di coordinate in modo tale che tutte le covarianze delle variabili iniziali si annullino (cfr. SCHIACCHITANO, 1969).

La matrice simmetrica delle dissimilarità subisce una trasformazione ortogonale in modo tale che solo gli elementi della diagonale risultano positivi (autovalori) e tutti gli altri uguali a zero.

Gli autovalori rappresentano le varianze delle nuove variabili non correlate:

$$a) \quad Y_i = a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{in} X_n$$

(le X sono le variabili originarie)

Le variabili Y sono tra di loro perpendicolari e costituiscono appunto le componenti principali. I coefficienti che entrano nell'equazione a) formano l'autovettore della componente principale e danno nel grafico di fig. 1 e 2 la posizione dei rilievi.

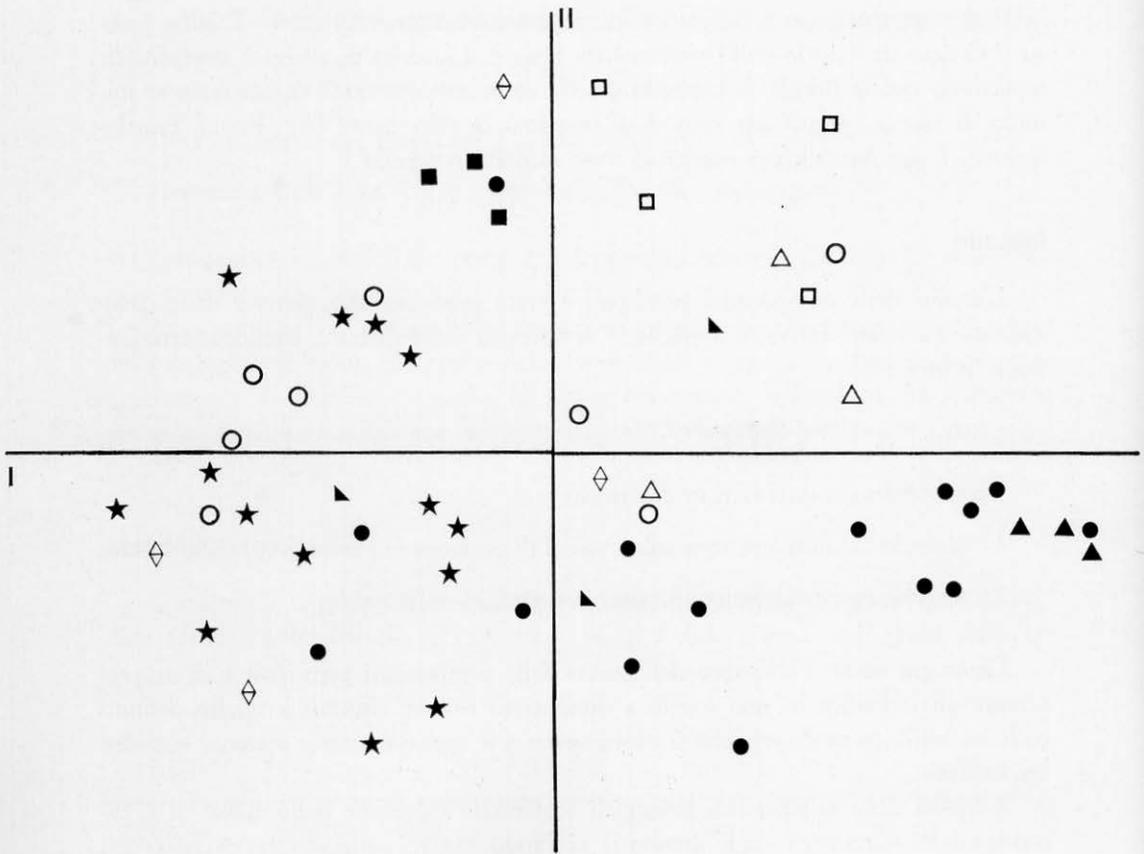


Fig. 1 - Ordinamento dei tipi fitosociologici dell'ordine *Glauco-Puccinellietalia* mediante l'analisi delle componenti principali applicata alla matrice di similarità dei dati qualitativi.
Ordination of *Glauco-Puccinellietalia* vegetation types according to principal components analysis applied to similarity matrix between the types using binary data.

Il calcolo degli autovalori implica l'applicazione delle radici di grado n-esimo, pertanto in Fitosociologia dove per comparazioni di un certo respiro le variabili sono molte è impensabile di poter effettuare i calcoli a mano con l'aiuto di una semplice calcolatrice (cfr. SEAL, cit., pag. 116). L'uso del calcolatore elettronico diventa quindi indispensabile.

Per questo lavoro è stato applicato il programma ORDINA scritto in Fortran IV dal prof. Roskam del dipartimento di Psicologia matematica dell'Università di Nijmegen (Olanda). I calcoli sono stati fatti presso il Centro di Calcolo della stessa Università.

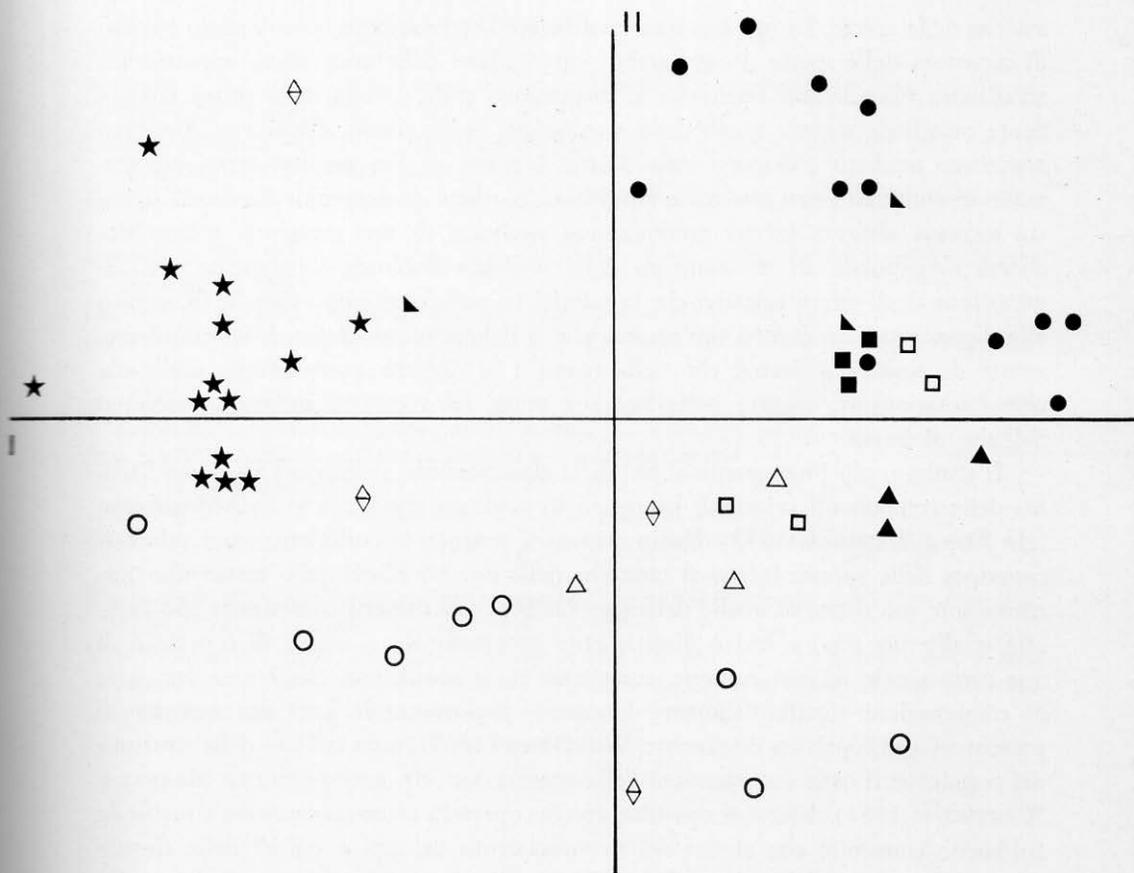


Fig. 2 - Ordinamento dei tipi fitosociologici dell'ordine *Glauco-Puccinellietalia* mediante l'analisi delle componenti principali applicata alla matrice di similarità dei dati quantitativi.

Ordination of *Glauco-Puccinellietalia* vegetation types according to principal components analysis applied to similarity matrix between the types using covering values.

Il tempo che il computer impiega per il programma dipende dalle dimensioni della matrice di dissimilarità, in questo caso è stato impiegato circa un minuto e mezzo.

Risultati

I risultati sono presentati in fig. 1 e 2. La fig. 1 rappresenta l'ordinamento dei rilievi rispetto alle prime due componenti principali per i soli valori di presen-

assenza delle specie. La fig. 2 rappresenta invece l'ordinamento considerando i valori di copertura delle specie. In entrambi i casi i rilievi delle associazioni appartenenti all'alleanza *Puccinellion maritimae* si dispongono sulla sinistra della prima componente principale mentre quelli delle associazioni appartenenti all'alleanza *Armerion maritimae* tendono a disporsi sulla destra. I rilievi di *Puccinellion maritimae* formano in entrambi i casi una nube più densa dei rilievi di *Armerion maritimae*. Questa seconda alleanza infatti presenta una ricchezza di tipi maggiore, questa ricchezza corrisponde ad un aumento della diversità floristica conseguente alla diminuzione degli effetti selettivi che la salinità ha sulle comunità vegetali. In seguito alla disposizione dei diversi tipi sembra che si delinei un gradiente di salinità decrescente da sinistra a destra, che nella figura 1 si dispone pressoché parallelo alla prima componente, mentre nella figura 2 tende ad avere un andamento obliquo dall'alto al basso.

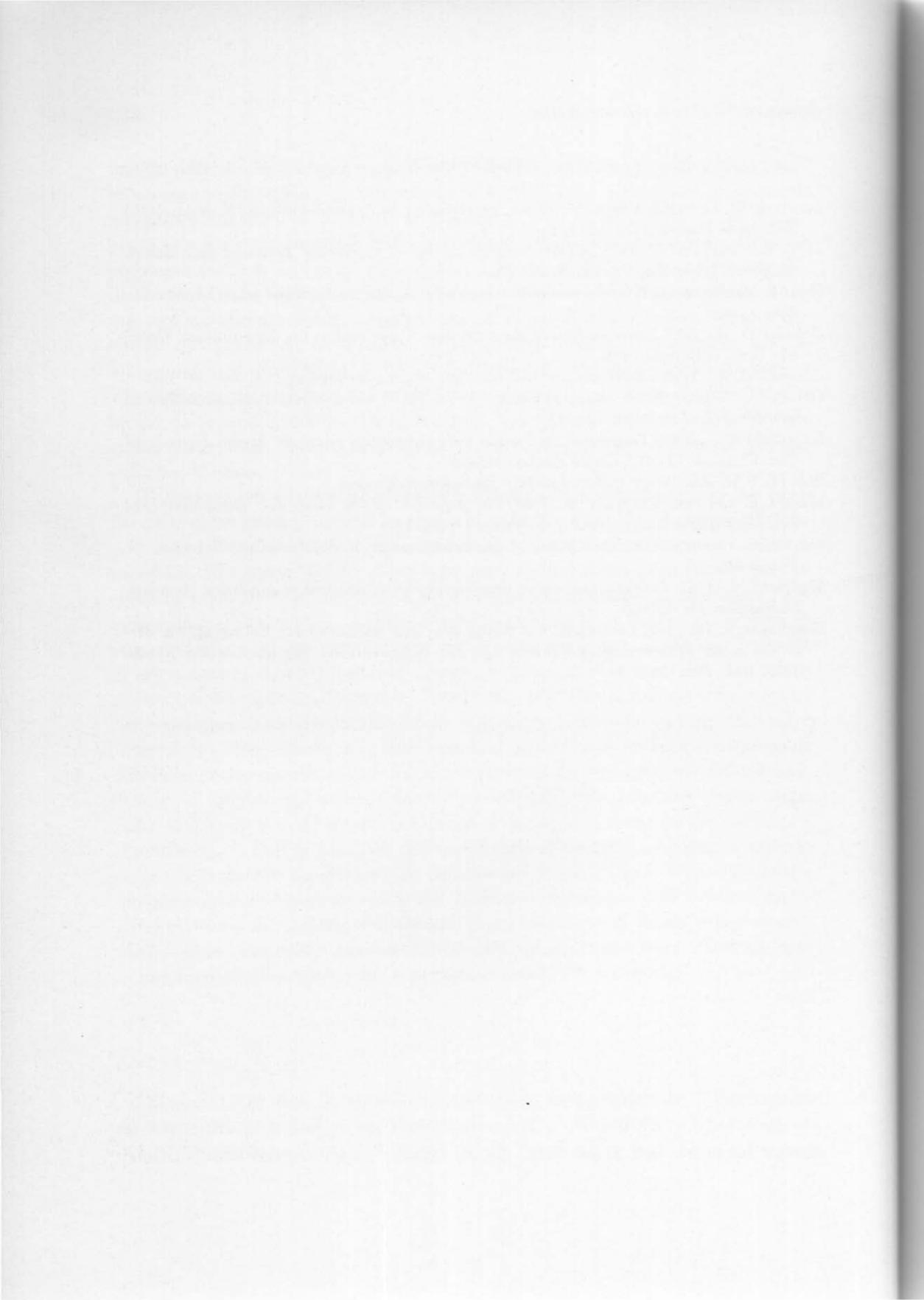
Il risultato più interessante ai fini della classificazione risiede nel fatto che l'analisi delle componenti principali ha messo in evidenza che i tipi si individualizzano (cfr. FEOLI, BRESSAN, 1972) meglio quando si tengono in considerazione i valori di copertura delle specie. Infatti si nota che nella fig. 2 i rilievi dello stesso tipo formano nubi più dense di quelle della fig. 1. FEOLI (dattiloscritto) dimostra che l'affinità qualitativa tra i rilievi è direttamente proporzionale ai valori di copertura di una certa specie ad essi comune, comunque certe specie non riescono a far parte di combinazioni significativamente omogenee nonostante la loro alta capacità di presentarsi con copertura dominante. WESTHOFF (1965) tratta sull'uso della struttura dei popolamenti nelle classificazioni della vegetazione (cfr. anche VAN DER MAAREL e WESTHOFF, 1964) ebbene se consideriamo la copertura come un carattere strutturale dobbiamo convenire che ai fini del riconoscimento dei tipi e quindi della classificazione all'interno dell'ordine *Glauco-Puccinellietalia* tale carattere risulta molto utile: le due alleanze all'interno dell'ordine si distinguono molto meglio nella fig. 2 che nella fig. 1. Dall'applicazione dell'analisi delle componenti principali si può dedurre che la sistematica proposta da Beeftink per l'ordine *Glauco-Puccinellietalia* è fondamentalmente basata su specie che si devono considerare caratteristiche ecologiche piuttosto che sociologiche. Queste infatti diventano di valido valore diagnostico solo se considerate associate ad un alto valore di copertura che è un dato quantitativo strettamente legato a particolari condizioni ecologiche.

Ringraziamenti

Ringrazio il dr. van der Maarel e il drs. Janssen del Dipartimento di Geobotanica dell'Università di Nijmegen per l'aiuto prestatomi durante il mio soggiorno presso il loro Dipartimento.

BIBLIOGRAFIA

- BEEFTINK W. G., 1962, *Conspectus of the phanerogamic salt communities in the Netherlands*. Biol. Jaarb. Dodonaea 30: 325-362.
- FEOLI E. e BRESSAN G., 1972, *Affinità floristica dei tipi di vegetazione bentonica della Cala di Mitigliano*. Giorn. Bot. It., 106, 5: 245-256.
- FEOLI E. (dattiloscritto), *Principal components analysis to inquire on diagnostic values of characteristic species*.
- GOODALL D. W., 1953, *Factor analysis in plant sociology*. Paper read to the third Internat. Biometric. Conf. in Bellagio 1953.
- GOODALL D. W., 1963, *Continuum and individualistic association*. Vegetatio, 11, 5-6: 297-316.
- ORLOCI L., 1966, *Geometric models in ecology. I. The theory and application of some ordination methods*. J. Ecology 54, 1: 193-215.
- SCIACCHITANO A., 1969, *Programma per l'analisi delle componenti principali*. Applic. Biomed. del Calc. Elettr., 4: 211-217. Centro Zambon Milano.
- SEAL H., 1964, *Multivariate statistical analysis for biologists*. London.
- MAAREL E. VAN DER, WESTHOFF V., 1964, *The vegetation of the dunes near Oostvoorne (The Netherlands) with a vegetational map*. Wentia 12, pag. 61.
- MAAREL E. VAN DER, 1969, *On the use of ordination models in Phytosociology*. Vegetatio, 19, 1-6: 21-46.
- WESTHOFF V., 1967, *Problems and use of structure in the classification of vegetation*. Acta Bot. Neerlandica, 15: 495-511.
- WHITTAKER R. H., 1972, *Convergences of classification and ordination*. In: *Grundfragen u. Methoden in der Pflanzensoziologie*, (Tüxen ed.), Ber. Symp. Int. Ver Vegetationskunde, Rinteln 1970, Junk, Den Haag: 39-57.



L'analyse factorielle des correspondances appliquée aux groupements végétaux d'altitude du Gran Sasso d'Italia

LILIANE PERICHAUD - GILLES BONIN

RESUME

L'Analyse factorielle des correspondances commence à être utilisée en phytosociologie. Les auteurs appliquent cette méthode pour l'étude des pelouses d'altitude du Gran Sasso d'Italia.

Ce type d'analyse confirme les conclusions d'études antérieures découlant des méthodes phytosociologiques classiques. Elle permet une meilleure discrimination des groupements et apporte des informations complémentaires sur les relations entre les diverses associations de pelouses du Gran Sasso d'Italia.

RIASSUNTO

L'analisi fattoriale delle corrispondenze comincia ad essere utilizzata in fitosociologia. Gli autori applicano questo metodo per lo studio dei prati d'altitudine del Gran Sasso d'Italia.

Questo tipo d'analisi conferma le conclusioni di studi anteriori eseguiti con metodi fitosociologici classici. Essa permette una migliore discriminazione dei raggruppamenti ed apporta delle informazioni complementari sulle relazioni fra le diverse associazioni dei prati del Gran Sasso d'Italia.

ABSTRACT

The factorial analysis of correspondences is just beginning to be used in phytosociology. The authors apply this method to the study of altitude greens in the Gran Sasso of Italy.

This type of analysis confirms the conclusions of previous studies resulting from classical phytosociological methods. It allows a more precise discrimination between vegetal groups and gives additional informations about the relations existing between the different greens associations of the Gran Sasso of Italy.

L'Utilisation des méthodes d'analyse multidimensionnelle commence à se répandre en Phytosociologie. P. DAGNELIE (1960) [8] a montré les similitudes existant entre un tableau phytosociologique et les tableaux réalisés au cours de tests psychologiques, d'où l'utilisation possible en phytosociologie des méthodes de l'analyse factorielle élaborées pour les tests psychologiques.

L'analyse factorielle englobe en fait de nombreuses méthodes statistiques qui permettent de mettre en évidence un petit nombre de variables fondamentales ou facteurs, de manière à interpréter les relations existant entre un grand nombre de variables observées (relevés, espèces, facteurs du milieu). L'une des plus récentes de ces techniques est l'analyse factorielle des correspondances mise au point par J. P. BENZECRI (1964) [2] puis B. CORDIER (1965) [7] et utilisée depuis par

quelques phytosociologues tels que ROUX (1967-1971) [13] [14], LACOSTE et ROUX (1971) [12].

Au cours des années 1971 et 1972, nous avons tenté d'appliquer cette méthode aux groupements végétaux de l'Apennin centro-méridional. Nous exposerons, ici, les analyses concernant les formations herbacées d'altitude du Gran Sasso d'Italia, déjà bien étudiées par les méthodes, phytosociologiques classiques, ce qui permettra de mieux juger de l'apport de l'analyse des correspondances.

1 - Methode

L'analyse des correspondances est une des méthodes d'analyse multidimensionnelle qui se proposent de fournir des représentations synthétiques de vastes ensembles de valeurs numériques. Elle permet de décrire des «tableaux de dépendance» c'est-à-dire des tableaux où sont mis en correspondance deux ensembles jouant des rôles symétriques. Parce qu'elle ne fait pas de distinction entre variables et observations, cette méthode peut être utilisée pour décrire les tableaux de valeurs numériques les plus divers.

Il s'agit d'analyser un tableau de données rectangulaires représentant les mesures de p «caractères» effectuées sur n «individus». Le but recherché est d'obtenir une représentation simultanée des caractères et des individus dans un espace de dimension minimum, chaque caractère et chaque individu étant, au départ, représenté, par des points à n et p composantes respectivement, donc situés dans des espaces de dimensions respectives n et p .

Contrairement aux méthodes d'analyse classique, l'analyse des correspondances n'utilise pas la métrique euclidienne classique. La distance utilisée a l'avantage de vérifier le principe d'équivalence distributionnelle, c'est-à-dire que les résultats seront aussi indépendants que possible de l'arbitraire des nomenclatures.

Quant à la représentation simultanée des caractères et des individus, elle est obtenue d'une manière classique qui se retrouve dans d'autres procédés d'analyse. Elle se ramène à l'extraction des valeurs propres les plus grandes d'une matrice, les vecteurs propres correspondants étant les directions d'allongement privilégiées du nuage de points dont on dispose au départ.

L'avantage de l'analyse des correspondances est de donner une bonne représentation des proximités entre caractères et individus: un individu est d'autant plus près d'une variable que celle-ci intervient fortement dans son profil.

En ce qui concerne l'étude que nous avons effectuée, les individus sont les espèces végétales et les caractères sont les relevés. Les espèces sont caractérisées par leur présence ou leur absence dans les relevés et symétriquement; les relevés sont caractérisés par la présence ou l'absence des espèces. Après traitement de ces données par l'analyse des correspondances, il apparaîtra des proximités entre les

espèces d'une part, les relevés d'autre part, ainsi que des liaisons entre espèces et relevés.

Deux analyses ont été pratiquées à l'aide de l'ordinateur I.B.M. 1130 du centre de calcul de l'Université de Provence. Pour la première, nous avons utilisé des relevés effectués en 1969 au Gran Sasso d'Italia, au Mt Portella, au Mt Aquila et Mt Scindarella. Pour la seconde analyse, nous avons utilisé les relevés publiés en 1967 par BRUNO F., FURNARI F., SIBILIO E. [5].

2 - Resultats

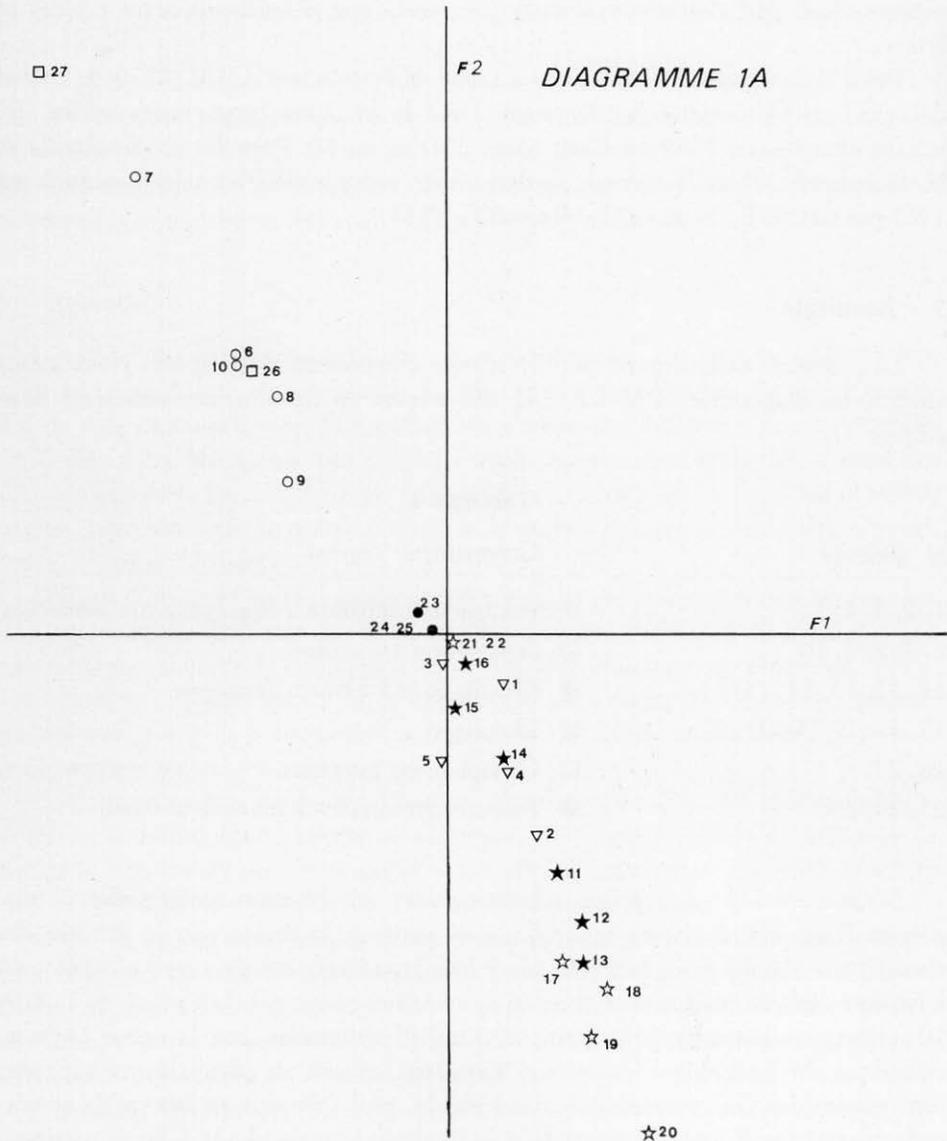
La première analyse porte sur 27 relevés comprenant 346 espèces. Nous avons effectué les diagrammes I A, I B, I C, des relevés en fonction des caractères floristiques.

Tableau I

N. Relevés	Groupelement végétal
1, 2, 3, 4, 5.	▽ Pelouse de transition à <i>Brachypodium pinnatum</i>
6, 7, 8, 9, 10.	○ <i>Seslerietum apenninae</i> .
11, 12, 13, 14, 15, 16.	★ Eboulis fixés à <i>Festuca dimorpha</i> .
17, 18, 19, 20, 21, 22.	☆ Eboulis.
26, 27.	□ Groupements rupicoles.
23, 24, 25.	● Pelouses mésophiles à <i>Festuca violacea</i> .

Diagramme I A - Les points relevés occupent une position remarquable en diagonale. Il est intéressant de noter que l'on passe de la droite vers la gauche: des éboulis, aux éboulis fixés, aux pelouses à *Brachypodium pinnatum* puis aux pelouses à *Festuca violacéa* pour arriver enfin au *Seslerietum apenninae*. Les points 6, 7, 8, 9, 10 forment un ensemble nettement individualisé confirmant ainsi la valeur phytosociologique du *Seslerietum apenninae*. Les deux relevés de groupements rupicoles sont voisins des points précédents. Ceci est dû, probablement au fait qu'ils ne correspondaient pas à une formation bien individualisée mais plutôt à un groupelement de transition.

En outre, si l'on compare l'agencement des différents groupements végétaux tel qu'il apparaît sur ce diagramme, avec le schéma sur le dynamisme de la végétation à Campo Imperatore proposé par GIACOMINI et FURNARI 1961 [12], on peut constater la même succession: éboulis, éboulis fixés, pelouses à *Brachypodium pinnatum*, formations du *Festuco trifolietum thalii*.



Par ailleurs, l'enchaînement: végétation pionnière des rochers, pelouses du *Seslerietum apenninae* puis groupement à *Festuca violacea* et *Trifolium thalii* tel qu'il fut mis en évidence par GIACOMINI et FURNARI, est confirmé par l'analyse des correspondances.

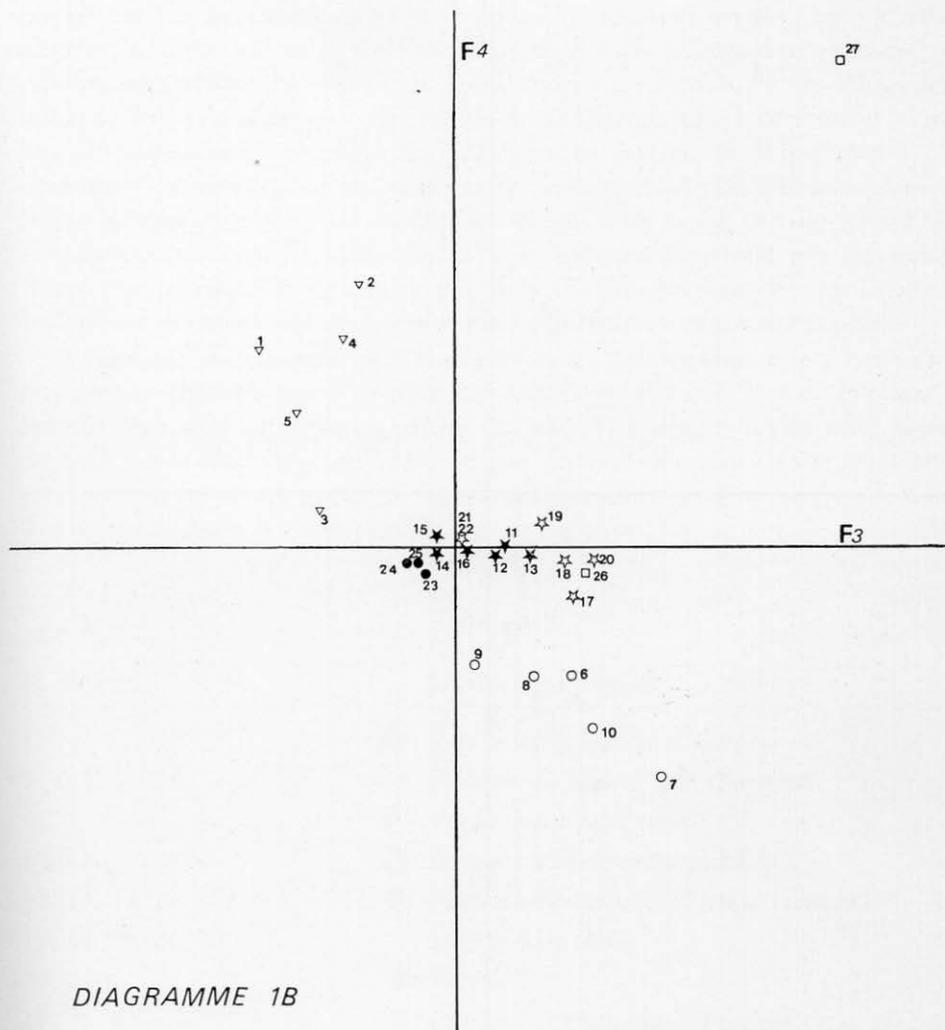
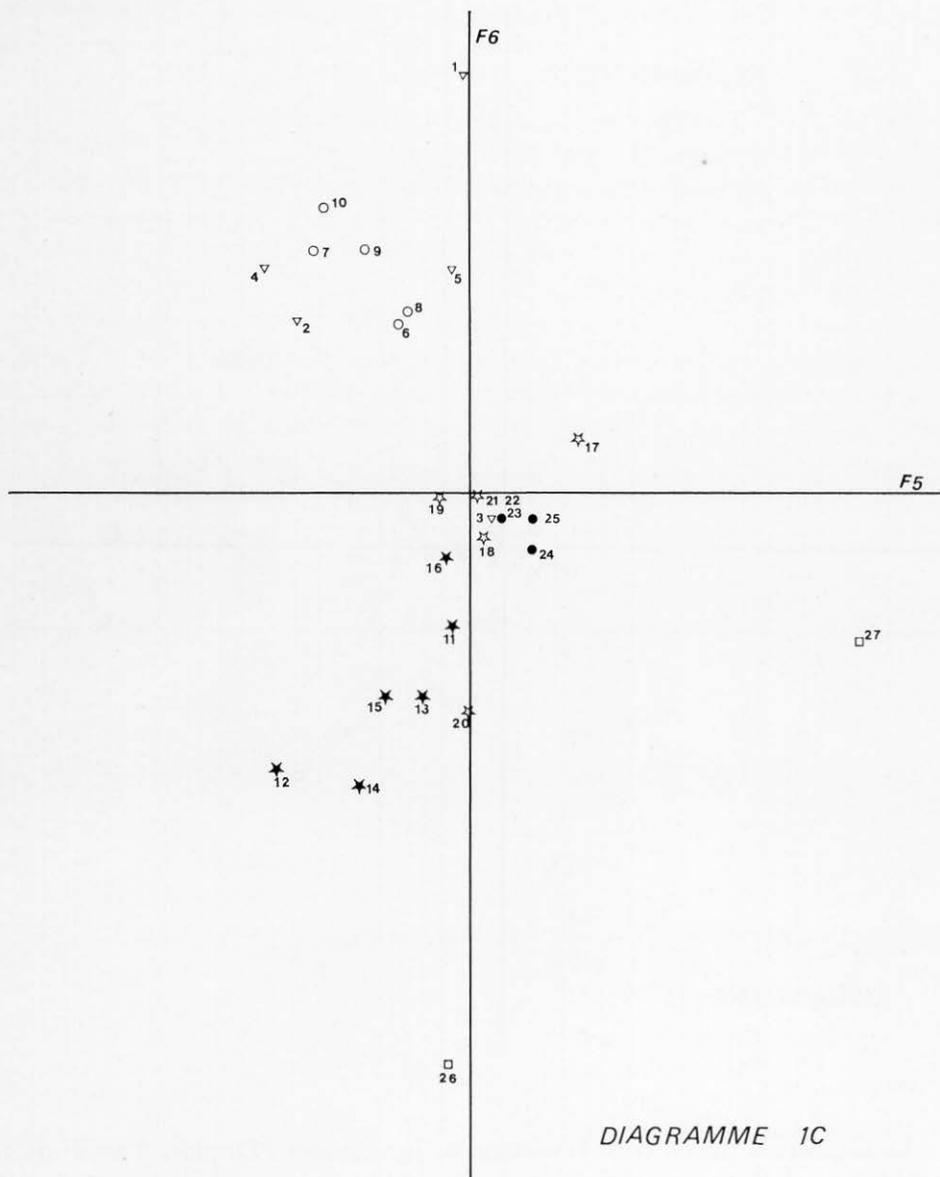


DIAGRAMME 1B

Ce diagramme traduit donc l'évolution de la végétation. De plus, il est évident que les axes d'allongement maximum 1 et 2 ont une signification écologique.

Diagramme 1B - Deux groupements apparaissent nettement individualisés de part et d'autre de l'origine, d'une part: 6, 7, 8, 9, 10 (*Seslerietum apenninae*), d'autre part 1, 2, 3, 4, 5 correspondant aux pelouses à *Brachypodium pinnatum*. La discrimination de ce dernier ensemble est d'autant plus intéressante qu'elle cor-



respond à un type de végétation bien différencié phytosociologiquement mais dont la valeur phytosociologique est discutable.

Diagramme 1C - Les axes 5 et 6 sont beaucoup moins discriminatifs que les

précédents. Ce diagramme confirme la séparation entre, d'une part les relevés du *Seslerietum apenninae* et les pelouses à *Brachypodium pinnatum*, d'autre part les pelouses mésophiles, les éboulis et éboulis fixés. L'ensemble de ces diagrammes fait apparaître une ségrégation des relevés du *Seslerietum* ce qui correspond à l'analyse phytosociologique classique. La discrimination des relevés des pelouses à *Brachypodium pinnatum* pose le problème de leur interprétation phytosociologique. Enfin, la séparation entre les éboulis, les éboulis fixés et les pelouses mésophiles est relativement faible ici, alors qu'elle paraît physionomiquement très importante. Il est donc raisonnable de penser que tous ces groupements ont des caractères écologiques communs mis en évidence par cette analyse des correspondances.

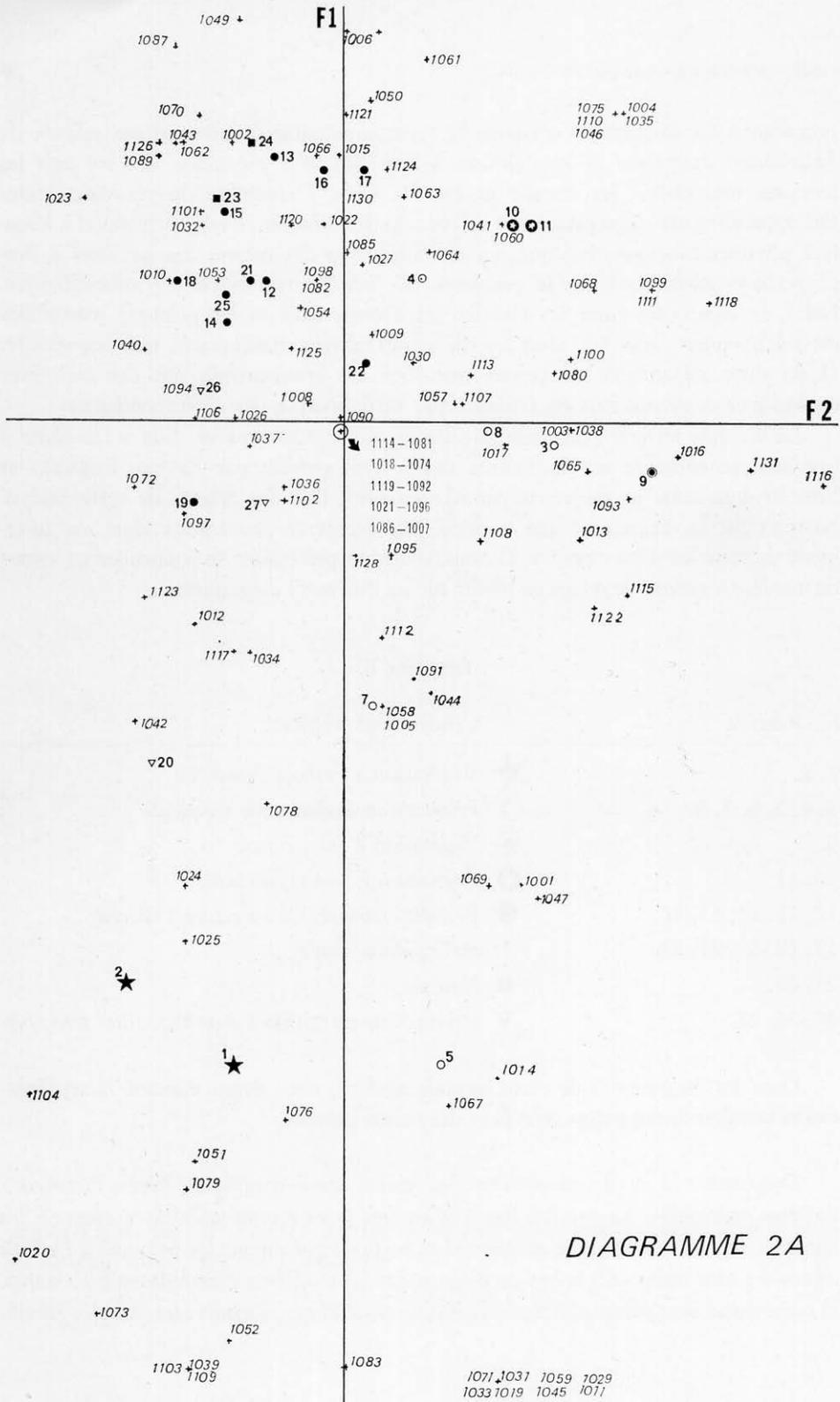
La seconde analyse porte sur 26 relevés et sur 130 espèces. Elle a fait suite à une analyse effectuée sur la totalité des relevés publiés par BRUNO, FURNARI et SIBILIO dont nous ne parlerons pas ici. En effet, l'un des relevés de cette analyse occupait sur le diagramme une position très excentrée provoquant ainsi, un tassement de tous les autres points. Il nous a semblé préférable de supprimer ce relevé de manière à «aérer» le nuage de points sur les différents diagrammes.

Tableau II

N. Relevés	Groupement végétal
1, 2.	★ Végétation à <i>Festuca dimorpha</i>
3, 4, 5, 6, 7, 8.	○ Pelouses du <i>Seslerietum apenninae</i>
9.	● Végétation à <i>Salix retusa</i>
10, 11.	⊕ Pelouses à <i>Elyna mysuroides</i>
12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22.	● Pelouses mésophiles à <i>Festuca violacea</i> et <i>Trifolium thalii</i> .
23, 24.	■ Nardaie
20, 26, 27.	▽ Pelouses de transition à <i>Brachypodium pinnatum</i>

Dans les diagrammes de cette seconde analyse, nous avons effectué la représentation simultanée des points relevés et des points espèces.

Diagramme II A - La disposition des relevés sur le diagramme révèle l'existence de trois ensembles. La totalité des relevés des pelouses mésophiles, y compris les nardaies, constituent un bloc compact. Les points représentant les pelouses à *Festuca dimorpha* sont isolés vers le bas du diagramme. Le troisième ensemble est plus diffus. Il correspond aux pelouses à *Sesleria apennina*, à *Elyna mysuroides*, à *Salix retusa*.



Enfin, les pelouses à *Brachypodium pinnatum* sont bien moins individualisées que dans l'exemple précédent.

La présence des espèces sur le diagramme apporte un complément d'informations très appréciables. Cette méthode permet, en effet, une représentation immédiate des liaisons entre les relevés et les espèces. En conséquence, les espèces considérées comme caractéristiques d'un groupement doivent être proches sur le diagramme des relevés correspondant à ce groupement. Leur éloignement plus ou moins grand des relevés qu'elles caractérisent, implique la remise en cause de leur valeur phytosociologique.

C'est ainsi que *Gnaphalium supinum* et *Gentiana neapolitana* proposées pour caractériser les pelouses mésophiles et qui occupent une position intermédiaire à égale distance des formations mésophiles et des groupement à *Sesleria apennina*, semblent devoir être reconsidérées du point de vue phytosociologique.

Par ailleurs, *Anthemis barrelieri*, *Satureja alpina*, *Carduus chrysacantus* semblablement, ici, beaucoup plus affines des pelouses mésophiles que du *Seslerietum apenninae*.

Enfin, *Senecio arachnoideus* situé à proximité des relevés 1 et 2 doit être rattaché aux éboulis fixés à *Festuca dimorpha*.

Diagramme II B - Le pouvoir discriminant du facteur 2 (ordonnée) entraîne un gradient de répartition remarquable des points relevés et des points espèces. Ceci est d'autant plus net que le facteur 3, qui constitue l'abscisse, n'a pas sur les groupements étudiés un pouvoir de séparation très important.

L'ensemble des points correspondant au *Seslerietum apenninae* et à l'*Elynetum* se trouve dans la partie supérieure du diagramme. Ceux des pelouses mésophiles et des pelouses à *Festuca dimorpha* sont dans la partie inférieure. Il est donc possible de juger de la valeur phytosociologique des espèces en examinant leurs positions sur le diagramme. C'est ainsi que *Hedraeanthus graminifolius*, *Pedicularis gyroflexa* var. *elegans* ou *Helianthemum alpestre*, tous voisins de *Sesleria apennina*, paraissent constituer des caractéristiques plus sûres du *Seslerietum apenninae* ou des unités supérieures que *Trinia dalechampii*, très proche sur le diagramme des relevés des pelouses mésophiles.

Par ailleurs, les points espèces et relevés de l'*Elynetum* voisinent, dans ce diagramme comme dans le précédent, ceux du *Seslerietum apenninae*. Ceci souligne l'affinité écologique de ces deux formations.

Diagramme II C - Le facteur 1 permet la séparation des ensembles pelouses à *Festuca dimorpha*. Etant donné le faible pouvoir discriminant du facteur 3, cette figure est propice à l'étude des caractéristiques des éboulis fixés à *Festuca dimorpha*.

Ainsi, en repremant tous les points situés aux alentours des relevés 1 et 2, plus proches d'eux qu'ils ne le sont des autres relevés, on peut dresser la liste suivante:

1025 *Carlina acaulis* var. *caulescens*, 1014 *Astragalus sempervirens*, 1076 *Juni-perus nana*, 1079 *Lotus corniculatus*, 1104 *Rumex scutatus*, 1051 *Festuca ovina* var. *crassifolia*, 1020 *Bromus erectus*, 1073 *Hypochoeris robertia*, 1052 *Festuca dimorpha*, 1083 *Linaria purpurea*, 1039 *Cerastium tomentosum*, 1109 *Senecio arachnoideus*, 1103 *Ranunculus hybridus* var. *brevifolius*.

Cette liste contient des espèces qui ne caractérisent pas les éboulis fixés, telles que *Lotus corniculatus* ou *Bromus erectus*. Si l'on reprend le diagramme précédent il est possible d'éliminer *Lotus corniculatus* situé à proximité des pelouses mésophiles. Il sera facile de discuter de la valeur phytosociologique des autres taxons à partir d'un examen rapide des diagrammes de l'analyse des correspondances précédente avec projection simultanée des espèces et des relevés.

Conclusion

Les deux essais d'analyse des correspondances appliquée à l'étude des groupements végétaux du *Gran Sasso d'Italia*, nous ont permis de constater la concordance des résultats obtenus, avec les interprétations de la Phytosociologie classique. Le traitement numérique des données permet, en toute objectivité, de vérifier les démarches parfois subjectives des méthodes traditionnelles. De plus, l'utilisation de toutes les données floristiques — y compris les espèces compagnes — apporte aux résultats une précision accrue.

Par ailleurs, il est intéressant de constater que les «facteurs» ou axes principaux correspondent à des ensembles de variables écologiques prépondérantes dans le déterminisme des groupements végétaux. Ces axes ont été mis en évidence à partir du grand nombre de variables observées que sont les espèces. On peut envisager, raisonnablement, de préciser la nature écologique de ces facteurs.

L'analyse des correspondances peut donc être adoptée de manière systématique pour effectuer rapidement le dépouillement de nombreux relevés phytosociologiques. En permettant ainsi, un classement rapide des relevés et en «visualisant» leurs affinités floristiques, elle contribue efficacement à la mise en place de la systématique des groupements végétaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] BARBERO M. et BONIN G., 1969, *Signification bioécographique et phytosociologique des pelouses écorchées des massifs méditerranéens nord-occidentaux, des Apennins et des Balkans septentrionaux. (Festuco-Seslerietea)*. Bull., Soc., Bot., Fr., 116: 227-243.

- [2] BENZECRI J. P., 1964, *Sur l'analyse factorielle des proximités*. I.S.U.P. Paris.
- [3] BENZECRI J. P., 1966, *Leçons sur l'analyse factorielle et la reconnaissance des formes*. Stat. Univ. Paris., cours ronéotypé.
- [4] BONIN G., 1972, *Première contribution à l'étude des pelouses mésophiles et des groupements hygrophiles du Monte Pollino (Calabre)*. Phytion (Austria), 14 (5-4): 271-280.
- [5] BRUNO F., FURNARI F., SIBILIO E., 1967, *Saggio comparativo tra vegetazione e suolo del versante Sud-est di M. Portella (Gran Sasso d'Italia)*. Annali di Botanica, 28 (I): 391-462.
- [6] BRUNO F., et FURNARI F., 1966, *Excursion de la Société Internationale de Phytosociologie dans les Abruzzes (Apennins centraux)*. Not. Fitosoc., 3: 1-50.
- [7] CORDIER B., 1965, *Sur l'analyse factorielle des correspondances*. Thèse. Rennes. France.
- [8] DAGNELIE P., 1960, *Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle*. Bull. Serv. Carte Phytogeogra. (B), 5: 7-71.
- [9] DAGNELIE P., 1960, *Quelques problèmes statistiques posés par l'utilisation de l'analyse factorielle en phytosociologie*. Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux. Hors série I, 430-437.
- [10] DAGNELIE P., 1962, *L'Application de l'analyse multi-variable à l'étude des communautés végétales*. Bull. Inst. Intern. Statist., 39: 265-275.
- [11] DAGNELIE P., 1965, *L'Etude des communautés végétales par l'analyse statistique des liaisons entre les espèces et les variables écologiques*. Biometrics U S A, 21 (2): 345-361.
- [12] GIACOMINI V. et FURNARI F., 1961, *Prime linee del dinamismo della vegetazione di altitudine del Gran Sasso d'Italia*. N., Giorn., Bot., It., n.s., 68 (3-4): 356-363.
- [13] LACOSTE A. et ROUX M., *L'Analyse multidimensionnelle en Phytosociologie. Application à des données de l'étage subalpin des Alpes maritimes*.
— 1971 - *L'Analyse des données écologiques*. Oecologia Plant., 6: 353-369.
— 1972 - *L'Analyse des données écologiques et l'analyse globale*. Oecol. Plant., 7 (2): 125-146.
- [14] ROUX G. et ROUX M., 1967, *A propos de quelques méthodes de classification en Phytosociologie*. Revue de Statistique appliquée, 15 (2): 59-72.
- [15] ROUX G., 1971, *Le problème des pelouses à Nardus stricta. Une approche par les méthodes d'analyse numérique*. Coll. Interdisciplinaire sur les milieux naturels supra-forestiers des montagnes du bassin occidental de la Méditerranée, pp. 299-313.

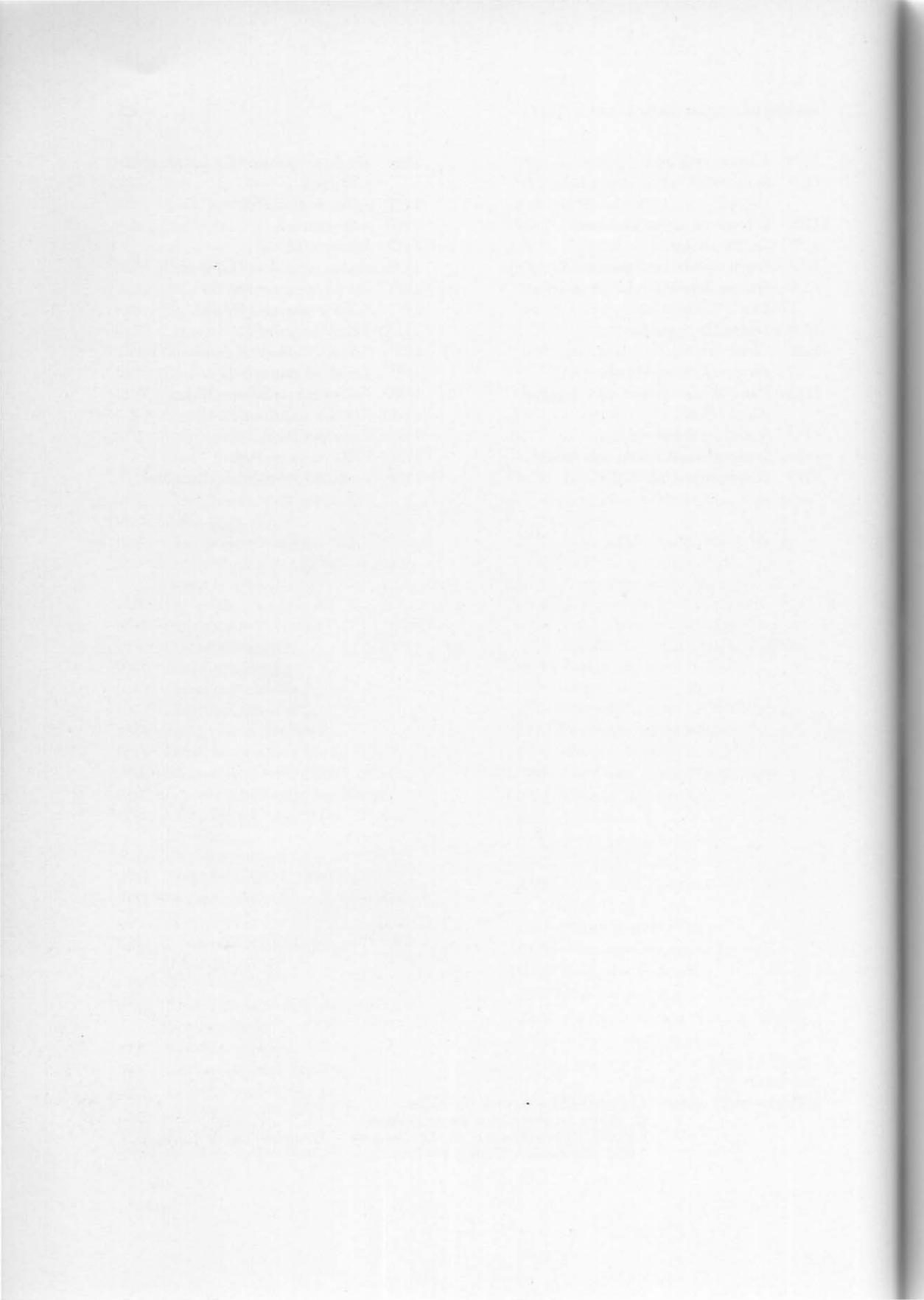
LISTE DES ESPÈCES

- | | | | |
|------|--|------|--|
| 1001 | <i>Aster alpinus</i> L. | 1008 | <i>Armeria majellensis</i> Boiss. |
| 1002 | <i>Alchimilla hybrida</i> L. ssp. <i>colorata</i> Buser. | 1009 | <i>Anthemis montana</i> L. |
| 1003 | <i>Asperula cynanchica</i> L. var. <i>nitens</i> (Guss.) Fiori. | 1010 | <i>Achillea millefolium</i> L. |
| 1004 | <i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertner. | 1011 | <i>Anemone narcissiflora</i> L. |
| 1005 | <i>Anemone alpina</i> L. var. <i>millefoliata</i> (Bert.) Fiori. | 1012 | <i>Avena versicolor</i> Vill. |
| 1006 | <i>Anthemis mucronulata</i> Bert. var. <i>barrelieri</i> (Ten.) Fiori. | 1013 | <i>Astrantia pauciflora</i> Bert. |
| 1007 | <i>Anthyllis montana</i> L. | 1014 | <i>Astragalus sempervirens</i> Lam. |
| | | 1015 | <i>Alsine verna</i> Whlbn. |
| | | 1016 | <i>Androsace villosa</i> L. |
| | | 1017 | <i>Anthyllis vulneraria</i> L. ssp. <i>pulchella</i> (Vis.) Bornm. |

- 1020 *Bromus erectus* Huds.
 1021 *Botrychium lunaria* (L.) SW.
 1023 *Bellis perennis* L.
 1024 *Brachypodium pinnatum* (L.); P.B.
 var. *rupestre* Rchb.
 1025 *Carlina acaulis* L. var. *caulescens*
 D C.
 1026 *Carduus chrysanthus* Ten.
 1027 *Carex caryophyllea* La Tourette.
 1028 *Centaurea dissecta* Ten.
 1029 *Cuscuta epithymum* L.
 1030 *Carex levis* Kit.
 1031 *Chrysanthemum leucanthemum* L.
 1032 *Crepis aurea* (L.) Cass. var. *lucida*
 (Ten.) Bab.
 1033 *Carex macrolepis* D C.
 1034 *Cynoglossum magellense* Ten.
 1035 *Carex nigra* All.
 1036 *Campanula scheuchzeri* Vill.
 1037 *Cerastium arvense* L. ssp. *suffrutic-*
osum (L.) Hegi.
 1038 *Centaurea triumfetti* All.
 1039 *Cerastium tomentosum* L.
 1040 *Crocus vernus* Hill.
 1041 *Draba aizoides* L.
 1042 *Doronicum columnae* Ten.
 1043 *Dianthus deltoides* L.
 1044 *Euphorbia cyparissias* L.
 1045 *Dianthus sylvestris* Wulf.
 1046 *Elyna myosuroides* (Vill.) Fritsch.
 1047 *Euphrasia salisburgensis* Hoppe.
 1048 *Eurhynchium strigosum* (Hoffm.)
 Br. Ced.
 1049 *Erigeron uniflorus* L.
 1050 *Erophila verna* (L.) Bess.
 1051 *Festuca ovina* L. var. *crassifolia*
 Hack.
 1052 *Festuca laxa* Host. ssp. *dimorpha*
 (Guss.) St. Yves.
 1053 *Festuca ovina*.
 1054 *Festuca violacea* Schleicher var. *ma-*
crathera Hack.
 1055 *Gentiana acaulis* L.
 1056 *Galium baldense* Spreng.
 1057 *Globularia cordifolia* L.
 1058 *Galium lucidum* All.
 1059 *Gentiana lutea* L.
 1060 *Gentiana neapolitana* Froel.
 1061 *Gentiana nivalis* L.
 1062 *Galium pumilum* Murr.
 1063 *Gnapbalium supinum* L.
 1064 *Gentiana verna* L.
 1065 *Helianthemum alpestre* (Jacq.) D C.
 1066 *Hieracium auricula* L.
 1067 *Hippocrepis comosa* L.
 1068 *Hedraeanthus graminifolius* D C.
 1069 *Helianthemum grandiflorum* (Scop.)
 D C.
 1070 *Herniaria glabra* L.
 1071 *Hieracium murorum* L.
 1072 *Hieracium pilosella* L.
 1073 *Hypochoeris robertia* Fiori.
 1074 *Hieracium villosum* Jacq.
 1075 *Juncus monanthos* Jacq.
 1076 *Juniperus communis* L. ssp. *nana*
 Syme.
 1077 *Polytrichum juniperinum* Willd.
 1078 *Koeleria splendens* Presl.
 1079 *Lotus corniculatus* L.
 1080 *Luzula multiflora* (Retz) Lej.
 1081 *Laserpitium siculum* Spr.
 1082 *Luzula bulgarica* Chrtek et Krisa.
 1083 *Linaria purpurea* (L.) Mill.
 1084 *Linum alpinum* Jacq.
 1085 *Myosotis alpestris* F.W. Schmidt.
 1086 *Medicago lupulina* L.
 1087 *Nardus stricta* L.
 1088 *Oxytropis campestris* (L.) D C.
 1089 *Phleum alpinum* L.
 1090 *Poa alpina* L.
 1091 *Polygala alpestris* Rchb.
 1092 *Anemone alpina* L.
 1093 *Pedicularis gyroflexa* Vill. var. *eleg-*
ans (Ten.) Fiori.
 1094 *Plantago atrata* Hoppe.
 1095 *Phyteuma orbiculare* L.
 1096 *Pedicularis verticillata* L.
 1097 *Poa violacea* Bell.
 1098 *Potentilla crantzii* (Crantz) Beck.
 1099 *Polygonum viviparum* L.
 1100 *Paronychia kapela* (Hacq.) Kern.
 ssp. *serpyllifolia* (Chaix) Graebner.
 1101 *Pedicularis tuberosa* L.
 1102 *Rumex acetosa* L.
 1103 *Ranunculus brevifolius* Ten.

- 1104 *Rumex scutatus* L.
1105 *Ranunculus sartorianus* Boiss. et Heldr.
1106 *Calamintha alpina* (L.) Lam.
1107 *Sedum atratum* L.
1108 *Sempervivum arachnoideum* L.
1109 *Senecio doronicum* L. var. *arachnoideum* (Sieb.) Fiori.
1110 *Soldanella alpina* L.
1111 *Silene acaulis* (L.) Jacq. ssp. *longiscapa* (Kerner) Hayek.
1112 *Silene ciliata* Pourr. var. *graefferi* (Guss.) Fiori.
1113 *Scabiosa columbaria* L.
1114 *Saxifraga callosa* SM. ssp. *callosa*.
1115 *Saxifraga paniculata* Mill.
1116 *Saxifraga oppositifolia* L. var. *apennina* Fiori.
1117 *Silene romeri* Friv.
1118 *Salix retusa* L.
1119 *Sedum reflexum* L.
1120 *Sagina saginoides* (L.) Karsten.
1121 *Saxifraga adscendens* L.
1122 *Sesleria apennina* Ujhelyi.
1123 *Thlaspi alpestre* L.
1123 *Trinia dalechampii* Janch. et Beck.
1125 *Trifolium pratense* L.
1126 *Taraxacum officinale* Weber.
1128 *Thymus serpyllum* L. s l.
1129 *Trifolium thalii* Vill.
1130 *Viola eugeniae* Parl.
1131 *Vitaliana primuliflora* Bertoloni.

Indirizzo degli autori: L. Perichaud - Centre de calcul
G. Bonin - Laboratoire de Botanique
Faculté des Sciences de St. Jerome - Traverse de la Barasse -
13397 Marseille - Cedex 4 - France



Applicazione della teoria dell'informazione allo studio degli spettri biologici ponderati

CARLO FERRARI

RIASSUNTO

Viene proposto l'uso della teoria dell'informazione per la descrizione degli spettri biologici ponderati, in particolare mediante l'indice di uguaglianza relativa $J = H/H_{\max}$. (SHANNON e WEAVER, 1949).

A scopo esemplificativo l'indice è usato per confrontare gli spettri ricavati da quattro tabelle della stessa associazione e da tabelle di associazioni ritenute vicarianti.

ABSTRACT

The description of weighted biological «spectra» by the Information Theory.

This paper deals with an attempt to apply information theory to the description of the weighted biological «spectra» of plant associations by the ratio $J = H/H_{\max}$. (SHANNON e WEAVER, 1949).

In order to give some examples the index is used to compare four tables of the same association and the tables of associations «equivalent» from an ecological point of view.

Introduzione

Come è noto, la Fitosociologia sigmatista esprime l'importanza di ogni specie presente in una tabella d'associazione mediante il grado di ricoprimento specifico (= Deckungswert der Arten, BRAUN-BLANQUET, 1946) calcolato a partire dalle cifre dell'abbondanza-dominanza.

Classificando poi le specie in base alle categorie o forme biologiche di RAUNKIAER è possibile esprimere la copertura media delle varie forme biologiche e calcolarne la proporzione percentuale. Viene così costruito lo spettro biologico ponderato o «reale» della tabella di associazione. Lo spettro biologico ponderato non soltanto precisa il significato che l'associazione riveste come risposta biologica al complesso dei fattori ambientali, ma esprime anche i rapporti di reciproca tolleranza, e quindi di integrazione, esistenti tra le diverse forme biologiche. Fornisce così una rappresentazione sintetica della struttura della vegetazione e proprio per questo motivo è largamente usato nella ricerca fitosociologica per il confronto di tabelle d'associazione rilevate in territori diversi, tra i quali, pur nella similitudine di molti fattori ambientali, possono esistere differenze floristiche dovute a cause storiche. Al di là di queste differenze l'uso degli spettri biologici ponderati consente

di individuare in modo semplice e rapido il grado di omogeneità od «equivalenza» ecologica delle tabelle poste a confronto.

Nasce da questo la necessità di poterli descrivere con un numero, cioè con un valore assunto da un indice opportunamente scelto.

Come è agevole dedurre dalla letteratura gli indici sinora usati esprimono il rapporto tra le coperture percentuali di quelle forme o gruppi di forme biologiche che nei raggruppamenti confrontati presentano variazioni in senso opposto.

Ho già osservato (FERRARI in FERRARI e GALANTI, 1973) che in questo modo non viene utilizzata l'informazione strutturale globale fornita dagli spettri ponderati: si trascura cioè la descrizione di ciò che la vegetazione rappresenta come risultante delle interazioni delle specie tra loro e con i fattori ambientali. Inoltre, la scelta delle forme da porre a confronto è arbitraria e comporta il pericolo di esclusioni o riunioni soggettive. Per un confronto obiettivo mi sembra quindi di notevole interesse l'uso di un indice i cui valori possano considerarsi, in senso lato, una *funzione* dell'intero spettro biologico ponderato.

Questo indice può dedursi da alcune semplici applicazioni della teoria dell'informazione, che si è già mostrata capace di riunire in una vasta sintesi logica svariate discipline ed è stata estesa allo studio della vegetazione soprattutto mediante i contributi di WILLIAMS e LAMBERT (1966), GODRON (1966), ORLOCI (1968), LAUSI (1970), PIGNATTI (1970), GUILLERM (1971).

L'«eguaglianza» degli spettri biologici ponderati

Ai fini di questa applicazione è di particolare espressività la rappresentazione dello spettro biologico come un istogramma le cui ascisse sono le forme biologiche, cioè delle qualità, e le ordinate i rispettivi valori di copertura percentuale.

Nel piano cartesiano gli spettri biologici sono quindi diagrammi semiquantitativi il cui andamento, per analogia con il concetto di varianza, può essere descritto in termini di eguaglianza tra le quantità delle forme biologiche presenti. La distribuzione delle forme biologiche ha il massimo di uguaglianza quando tutte le quantità (= coperture percentuali) sono eguali: più elevate sono le disuguaglianze tra le diverse coperture più piccola è l'uguaglianza dello spettro biologico.

Una misura dell'«uguaglianza» degli spettri biologici ponderati può esprimersi applicando alcuni concetti propri della teoria dell'informazione.

Nel nostro caso, la vegetazione, e attraverso questa l'ambiente, può essere considerata una sorgente d'informazione che comunica con l'utente, il rilevatore, mediante un codice i cui simboli sono le forme biologiche. Ogni forma biologica ha una probabilità di essere rilevata uguale al proprio valore di copertura percentuale, cioè alla propria «vistosità» o ruolo sociologico. Per lo più, in natura, poche forme biologiche sono dominanti nei raggruppamenti vegetali ed in base a queste il fito-

sociologo «riconosce» una particolare vegetazione e la tipizza del punto di vista strutturale (si parla così di prateria, cespuglieto, foresta,...). L'incertezza del rilevatore è minima quando una sola forma copre per il 100% ed aumenta al crescere delle forme che presentano valori simili di copertura, fino al massimo *teorico* in cui tutte le forme biologiche hanno la stessa copertura.

Se vista «dalla parte della vegetazione» l'incertezza del rilevatore è una misura del disordine o *entropia* strutturale della vegetazione.

L'entropia è minima quando una sola forma biologica costituisce la vegetazione, è massima quando tutte le forme biologiche hanno lo stesso valore di copertura.

Una misura valida dell'entropia è data, nel nostro caso, dalla nota relazione di SHANNON (1948):

$$H = - \sum_1^s p_j \log_2 p_j \quad 1)$$

dove s è il numero delle forme biologiche e p_j la copertura percentuale dell' j -esima forma biologica.

Questa relazione assume una forma particolare quando si considera il caso (teorico) in cui tutte le forme biologiche hanno la stessa copertura percentuale. Si ha allora che $p_1 = p_2 = \dots p_n = 1/s$: l'entropia è massima e si misura come

$$H_{\max} = \log_2 s \quad 2)$$

L'espressione 2) è ricavata dalla 1). Utilizzando queste due espressioni si può allora calcolare il rapporto:

$$J = \frac{H}{H_{\max}} \quad 3)$$

Questo indice, introdotto nella teoria dell'informazione da SHANNON e WEAVER (1949) esprime nel nostro caso rapporto tra l'entropia reale della vegetazione, analizzata in termini di spettro biologico ponderato, e la sua entropia massima.

Quando esiste una sola forma biologica, cioè $s = 1$ si ha $H_{\max} = 0$ e $J = 0$: quando $H = H_{\max}$, $J = 1$. Questo rapporto fornisce quindi una misura dell'eguaglianza delle forme biologiche rispetto all'unità di misura H_{\max} , che esprime il massimo teorico di eguaglianza tra la copertura delle forme, ed è utile ai nostri fini perché rappresenta con un solo numero l'andamento dello spettro biologico ponderato.

Il valore di J esprime, in particolare, in che misura l'entropia strutturale dell'associazione considerata si identifica con quella massima: più basso è il valore di J più «individualizzata» è l'associazione corrispondente.

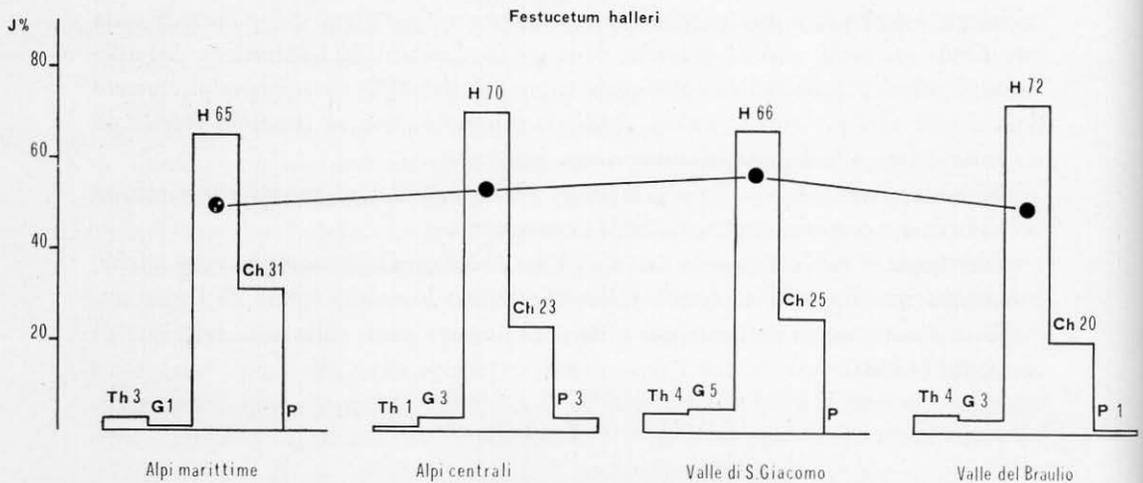


Fig. 1 - Confronto tra quattro esempi della stessa associazione. Il segno ● indica il valore dell'indice J.

Comparison between four examples of the same association. J-values are marked with the symbol ●.

Esempi di applicazione

Allo scopo di fornire alcuni esempi di applicazione dell'indice citato ho considerato separatamente due problemi di notevole interesse per la ricerca fitosociologica:

- 1) Confronto strutturale di tabelle della stessa associazione rilevate in territori diversi.
- 2) Confronto strutturale tra associazioni vicarianti.

1) Il confronto è stato eseguito tra tabelle dell'associazione *Festucetum halleri* Br. Bl. 1926 relative alle Alpi Marittime (GUINOCHE, 1938), alle Alpi Centrali (BRAUN-BLANQUET e JENNY, 1926) alla Valle di S. Giacomo (GIACOMINI, PIROLA e WIKUS, 1962) ed alla Valle del Braulio (GIACOMINI e PIGNATTI, 1955).

Sono stati ottenuti i seguenti valori di J:

Alpi Marittime	0.494
Alpi Centrali	0.525
Valle di S. Giacomo	0.559
Valle del Braulio	0.492

Questi valori, ed i corrispondenti spettri biologici ponderati, sono riportati nella fig. 1.

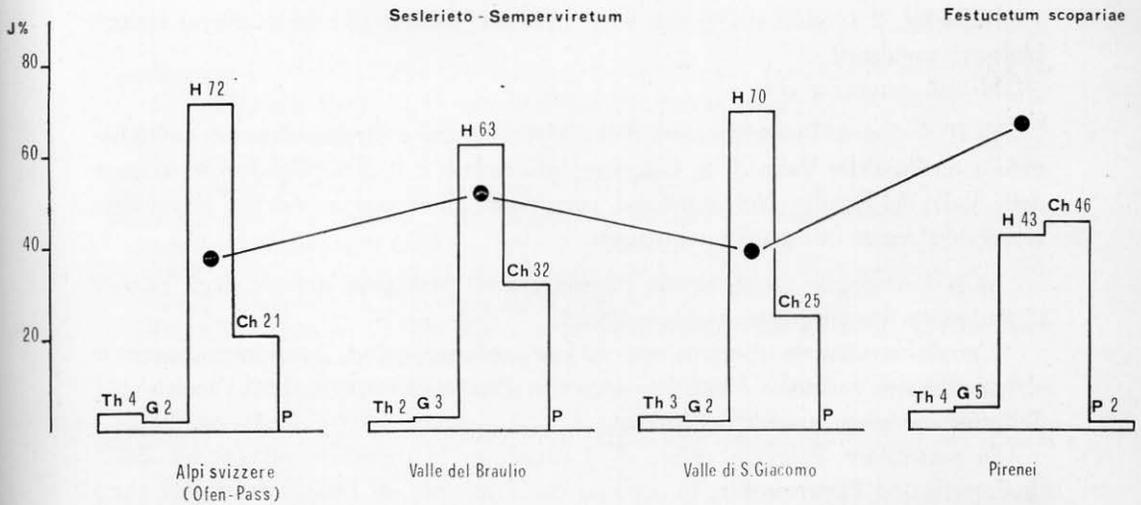


Fig. 2 - Confronto tra associazioni ritenute vicarianti. Simbologia come in fig. 1.

Comparison between associations believed similar from an ecological point of view. J-values marked as in fig. 1.

La notevole similitudine degli istogrammi semiquantitativi, rilevabile ad una prima osservazione, è confermata dai valori assunti dell'indice: questa non è soltanto una prova dell'omogeneità strutturale dell'associazione nell'insieme delle stazioni rilevate, ma anche una buona dimostrazione di oggettività dell'indice proposto.

2) Per il confronto tra associazioni vicarianti ho considerato tre esempi dell'ass. *Seslerieto-Semperviretum* Br. Bl. 1926 rilevati nelle Alpi, e l'endemico *Festucetum scopariae* Br. Bl. 1948 (BRAUN-BLANQUET, 1948) dei Pirenei orientali, ritenuto vicariante dei Seslerieti alpini.

Le tabelle del *Seslerieto-Semperviretum* da me considerate sono quelle pubblicate da GIACOMINI e PIGNATTI (l.c.) per la Valle del Braulio, da GIACOMINI, PIROLA e WIKUS (1962) per la Valle di S. Giacomo e da BRAUN-BLANQUET (1948) per le Alpi Svizzere.

I valori di J sono i seguenti:

<i>Seslerieto-Semperviretum</i>	(Alpi Svizzere)	0.483
<i>Seslerieto-Semperviretum</i>	(Valle del Braulio)	0.522
<i>Seslerieto-Semperviretum</i>	(Valle di S. Giacomo)	0.485
<i>Festucetum scopariae</i>	(Pirenei)	0.669

Nella fig. 2 i valori dell'indice sono riportati insieme ai corrispondenti spettri biologici ponderati.

Si può osservare che

a) Il *Seslerieto-Semperviretum* delle Alpi Svizzere è strutturalmente molto simile a quello della Valle di S. Giacomo; più isolato è il *Seslerieto-Semperviretum* della Valle del Braulio. Nel complesso, comunque, gli esempi considerati presentano una soddisfacente omogeneità strutturale.

b) Il *Festucetum scopariae* dei Pirenei è strutturalmente diverso dagli esempi di *Seslerieto-Semperviretum* qui considerati.

L'analisi strutturale di questa associazione conferma quindi il suo inquadramento sistematico nell'endemico *Festucion scopariae* (BRAUN-BLANQUET, 1948) anziché nel *Seslerion coeruleae*, assente nei Pirenei.

In particolare, l'elevato valore di J sottolinea le coperture percentuali simili di Camefite ed Emicriptofite, in accordo con l'opinione di BRAUN-BLANQUET (l.c.) sul carattere mediterraneo-montano e non alpino della vegetazione pirenaica.

Sulla base degli esempi considerati ritengo che l'indice J ponendo il criterio di giudizio a livello dell'organizzazione strutturale dell'associazione, costituisca uno strumento utile per valutare la similitudine di tabelle della stessa associazione o di associazioni ritenute vicarianti.

La sua utilità nei confronti è dovuta soprattutto alla semplicità d'uso, valida quando non si dispone di elaboratori ad elevata velocità: esso però assume valori uguali per spettri biologici diversi, come chiarisce questo esempio fittizio:

	Th	G	H	Ch	P
Spettro 1	1.1	4.2	72.3	20.8	1.5
Spettro 2	4.2	72.3	1.5	1.1	20.8

Per entrambi gli spettri il valore di J è 0.508.

È facile osservare che i due spettri a confronto presentano gli stessi valori di copertura percentuale, ma in forme biologiche diverse. L'indice non è in grado di distinguerne la distribuzione ed il suo uso a scopo comparativo deve quindi limitarsi a raggruppamenti per i quali analisi floristiche preliminari mostrino un certo grado di similitudine.

Pur con questa limitazione, che ne evita l'uso indiscriminato e irriflessivo, esso consente di integrare le informazioni floristiche ed ecologiche con una valutazione più sintetica e generale, il cui interesse risiede anche nel far parte di un sistema logico — la teoria dell'informazione — di notevole espressività ed apertura interdisciplinare.

LETTERATURA CITATA

- BRAUN-BLANQUET J., 1946, *Ueber den Deckungswert der Arten in den Pflanzengesellschaften der Ordnung Vaccinio-Piceetalia*. Comm. SIGMA n. 90. Montpellier.
- BRAUN-BLANQUET J., 1948, *La végétation alpine des Pyrénées Orientales*. Ist. Esp. Edaf. y Fisiol. Veg. Mon. 9. Barcelona.
- BRAUN-BLANQUET J., 1964, *Pflanzensoziologie*. 3 Aufl., Wien.
- BRAUN-BLANQUET J. e JENNY H., 1926, *Vegetationsetwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen*. N. Deukschr. Schw. Nat. Ges. 63: 183-349.
- FERRARI C. e GALANTI G., 1972, *Specie indicatrici e struttura della vegetazione nei calanchi della Valle del Santerno*. Arch. Bot. e Biog. It. XLVIII, 3-4: 131-145.
- GIACOMINI V. e PIGNATTI S., 1955, *Flora e Vegetazione dell'alta Valle del Braulio con particolare riferimento ai pascoli di altitudine*. Mem. Soc. It. Sc. Nat. XI, 2-3. Milano.
- GIACOMINI V., PIROLA A. e WIKUS E., 1962, *I pascoli dell'alta Valle di S. Giacomo*. Flora et Vegetatio italica. Memoria 4.
- GODRON M., 1966, *Application de la Théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation*. Oecol. Plant., 1: 187-197.
- GUILLERM J. L., 1971, *Calcul de l'information fournie par un profil écologique et valeur indicatrice des espèces*. Oecol. Plant. 6: 209-225.
- GUINOCHET M., 1938, *Études sur la végétation de l'étage alpine dans le bassin de la Tinée (Alpes Maritimes)*. Comm. SIGMA 59 Lyon.
- LAUSI D., 1970, *Die Logik der pflanzensoziologischen Vegetationanalyse. Ein Deutungsversuch*. Bericht. uber das «Internat. Symposium» in Rinteln. Den Haag.
- ORLOCI L., 1968, *Information analysis in phytosociology: partition, classification and prediction*. J. Theoret. Biol. 20: 271-284.
- PIGNATTI S., 1970, *Struktur der Waldgrenzenvegetation in Hochgebirge*. Mittl. Ostalp Din. Ges. f. Vegetkde., 11: 175-186.
- SHANNON C., 1948, *A mathematical theory of communication*. Bell System Tech. J., 27: 379-423.
- SHANNON C. E. e WEAVER W., 1949, *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- WILLIAMS W., LAMBERT J. M. e LANCE G. N., 1966, *Multivariate methods in plant ecology. V. Similarity analysis and information analysis*. J. Ecol., 54: 427-445.

Considerazioni sull'applicazione del metodo fitosociologico in prove sperimentali di miglioramento di cotiche erbose

AUGUSTO PIROLA

RIASSUNTO

In relazione all'uso del metodo fitosociologico per il rilevamento di parcelle nella sperimentazione agronomica, l'A. sottolinea gli errori derivanti da una programmazione dell'esperimento che non tenga conto di premesse conoscitive come l'area minima e l'omogeneità della vegetazione.

ABSTRACT

Some observations about the phytosociological method applied to agronomic proofs.

In relation to the use of the phytosociological method in agronomic proofs, the A. points out the mistakes coming from programmings that never consider some theoretic statements as the minimal area and the homogeneity of vegetation.

L'opera del fitosociologo è non di rado richiesta per il rilevamento di parcelle di campi sperimentali per il miglioramento di prati o pascoli.

Pur condividendo la convinzione che il rilievo fitosociologico in questi casi è da considerare un ottimo strumento di lavoro, forse non sempre completamente sfruttato in tutte le informazioni che contiene, ho provato una condizione di disagio tutte le volte che mi sono trovato a svolgere un tale servizio per agronomi o praticultori. Questa sensazione si è andata successivamente puntualizzando sul fatto che le superfici in cui si doveva eseguire il rilevamento e l'ubicazione del campo stesso, prestabilite dallo sperimentatore sulla base di criteri operativi, potevano essere in contrasto con i presupposti metodologici che rendono significativo un rilievo. Un esempio può chiarire meglio. Sulla stessa vegetazione non compresa nel recinto del campo un rilievo fitosociologico libero era svolto con incrementi di superficie che trovavano un limite solo nella riduzione a valori minimi e trascurabili degli incrementi corrispondenti del numero di specie: praticamente con il completamento della lista floristica. Nel campo sperimentale il limite in superficie del rilievo era posto *a priori* dallo sperimentatore con le dimensioni delle parcelle, di solito senza alcun riferimento al tipo di vegetazione su cui si doveva lavorare.

Queste considerazioni pongono quindi il problema della significatività del rilevamento di parcelle sperimentali impiantate su vegetazione erbacea permanente.

Un rilievo fitosociologico normalmente è eseguito nell'ambito di un popolamento elementare, cioè una superficie di vegetazione omogenea e sufficientemente estesa tanto da permettere di verificare nel proprio interno una notevole completezza floristica.

Rilievi eseguiti su popolamenti elementari costituenti lo stesso tipo di vegetazione, o eseguiti nell'ambito del medesimo popolamento elementare, sono altamente simili.

Un rilievo viene inoltre eseguito su una superficie non inferiore a quella dedotta sperimentalmente e caratteristica per ogni tipo di vegetazione (area minima), entro la quale si può ritenere di rinvenire la quasi totalità delle specie che compongono il tipo di vegetazione.

Questi due fatti sono le condizioni che rendono valido un rilievo fitosociologico.

Infatti, lo si ricorda solo per amor di precisione, un rilievo eseguito sul confine tra due popolamenti elementari contigui non è significativo, come non sono significativi rilievi eseguiti in popolamenti elementari artatamente ridotti o su superfici inferiori all'area minima in quanto essi contengono con molta probabilità solo una parte delle specie che compongono l'aggruppamento. Sono cioè rilievi frammentari.

Da queste considerazioni metodologiche si può dedurre che il rilevamento di parcelle di campi sperimentali non può essere fatto senza eseguire alcune verifiche metodologiche. Infatti, un campo sperimentale, già per quanto riguarda l'ubicazione, potrebbe assolvere all'esigenza di omogeneità di vegetazione solo se collocato nell'ambito di un unico popolamento elementare in modo che i rilievi che si eseguono in esso abbiano una base floristica altamente simile. Se il campo supera le dimensioni di un popolamento elementare e di conseguenza si estende su un altro contiguo il campo sperimentale sarà eterogeneo floristicamente. Ciò può verificarsi abbastanza facilmente se si tiene conto che in carenza di conoscenze fitosociologiche le cotiche erbose sono valutate empiricamente sulla base di dominanze di specie talora per niente significative.

La dimensione delle parcelle non deve essere inferiore a quella dell'area minima. Anche nel caso che il campo sperimentale risulti compreso in un solo popolamento elementare, se le parcelle sono inferiori all'area minima si eseguiranno rilievi frammentari, i quali, pur derivando dalla stessa vegetazione, risulteranno variamente diversi floristicamente in quanto incompleti. Questo fatto rende difficilmente valutabili anche le variazioni indotte dalle prove di concimazione, pascolamento o altro, che concludono la ricerca. Come conclusione è da rilevare il fatto che, qualora si intenda utilizzare il metodo fitosociologico per prove sperimentali su cotiche erbose è necessario che all'impianto del campo sperimentale partecipi il fitosociologo il quale opererà sulla base di dati dedotti da uno studio preliminare della vegetazione interessata, curando cioè che il campo sia situato sullo stesso tipo di vegetazione e che le parcelle abbiano una dimensione maggiore dell'area minima.

..... li

Al Presidente della Società Italiana di Fitosoc.
Istituto Botanico - Bologna

Il sottoscritto
chiede di essere accolto quale socio ordinario di codesta società

Firma

.....

Indirizzo presso il quale desidera ricevere le pubblicazioni

.....

Soci presentatori

(1)

(2)

.....

CAMBIO DI INDIRIZZO

..... li

Il sottoscritto socio
comunica che il suo attuale indirizzo è il seguente:

.....

.....

.....



Alla Segreteria della
SOCIETÀ ITALIANA DI FITOSOCIOLOGIA
ISTITUTO BOTANICO
Via Irnerio, 42

40126 BOLOGNA



Alla Segreteria della
SOCIETÀ ITALIANA DI FITOSOCIOLOGIA
ISTITUTO BOTANICO
Via Irnerio, 42

40126 BOLOGNA

..... li

Il sottoscritto
richiede i seguenti fascicoli arretrati del «Notiziario»:

Fasc. Anno Copie n.

da inviarsi a:

.....

e da fatturarsi a:

.....

Firma

..... li

Il sottoscritto
richiede i seguenti fascicoli arretrati del «Notiziario»:

Fasc. Anno Copie n.

da inviarsi a:

.....

e da fatturarsi a:

.....

Firma



Alla Segreteria della
SOCIETÀ ITALIANA DI FITOSOCIOLOGIA
ISTITUTO BOTANICO
Via Irnerio, 42

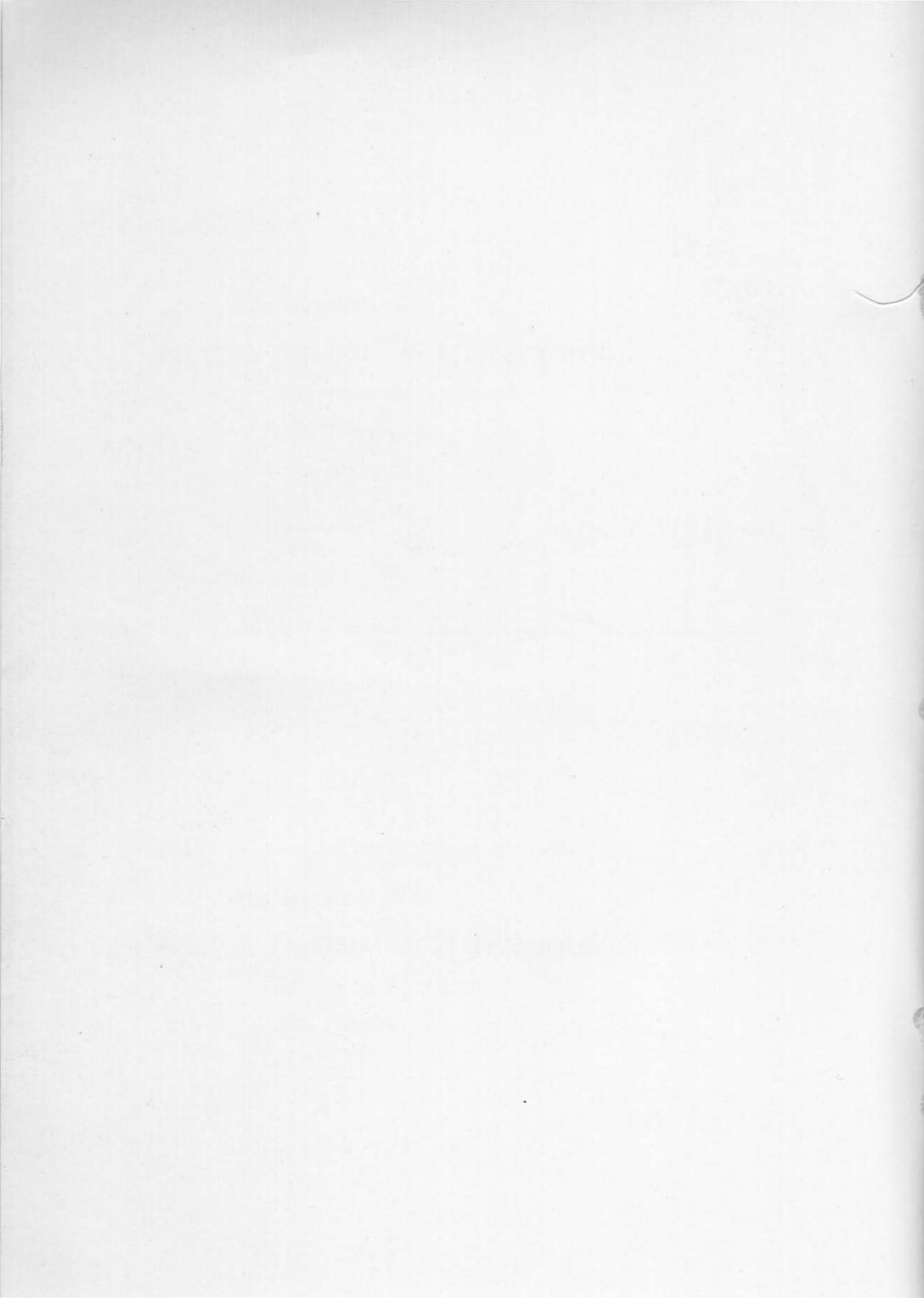
40126 BOLOGNA



Alla Segreteria della
SOCIETÀ ITALIANA DI FITOSOCIOLOGIA
ISTITUTO BOTANICO
Via Irnerio, 42

40126 BOLOGNA

Il documento è stato depositato in data 15/05/2018 presso l'Archivio di Stato di Roma. L'originale è conservato presso l'Ufficio di Stato Civile di Roma. Il presente documento è una copia autentica dell'originale conservato presso l'Ufficio di Stato Civile di Roma. L'originale è conservato presso l'Ufficio di Stato Civile di Roma. Il presente documento è una copia autentica dell'originale conservato presso l'Ufficio di Stato Civile di Roma.



notiziario della società italiana di fitosociologia

7/1973

Direttore: prof. Augusto Pirola
Redattore: dott. Carlo Ferrari

COLLOQUIO SULLA ELABORAZIONE QUANTITATIVA DEI DATI FITOSOCIOLOGICI

Bologna, 5 maggio 1973

Coordinatore: DUILIO LAUSI

- DUILIO LAUSI - Contributo delle elaborazioni quantitative per analisi e sintesi in fitosociologia 1-15
- SANDRO PIGNATTI - Problemi di codifica dei dati floristici in fitosociologia 17-20
- ENRICO FEOLI - Un esempio di ordinamento di tipi fitosociologici mediante l'analisi delle componenti principali 21-27
- LILIANE PERICHAUD e GILLES BONIN - L'analyse factorielle des correspondances appliquée aux groupements végétaux d'altitude du Gran Sasso d'Italia 29-43
- CARLO FERRARI - Applicazione della teoria dell'informazione allo studio degli spettri biologici ponderati 45-51
- AUGUSTO PIROLA - Considerazioni sull'applicazione del metodo fitosociologico in prove sperimentali di miglioramento di cotiche erbose 53-54
-