

La distribuzione delle specie ittiche delle acque correnti: zonazione o continuum? Un approccio mediante analisi statistica multivariata*.

Fish species distribution in running waters: zonation or continuum? A multivariate statistical approach*.

F. STOCH

OIKOS - Studi Ambientali s.c.r.l., Udine

Summary: *River zonation and river continuum concepts are discussed as models of distribution of fish communities along ecological gradients. Both models have received justified criticism. In the present paper a multivariate statistical approach to classifying river communities is used; a statistical model is developed, based on cluster analysis, correspondence analysis and the use of ellipses of equal concentration. The zonation concept is considered a useful tool in describing the patterns of fish communities in rivers, even if the clusters do not necessarily correspond to the zones of Huet. The model of Huet is criticized, and is not representative of the real zonation patterns. The statistical model can be used to predict the community type and the position along the gradient of new sampling sites.*

Riassunto: *I concetti di zonazione e di continuum sono stati dibattuti e spesso contrapposti nello studio della distribuzione delle specie lungo gradienti; nel caso delle acque correnti al concetto di zonazione degli autori europei si contrappone il river continuum concept degli autori americani. Nel presente lavoro vengono applicati metodi di analisi statistica multivariata di ordinamento e classificazione per analizzare la distribuzione delle specie ittiche in un esteso reticolo idrografico e testare la validità del concetto di zonazione. Viene ribadita l'utilità delle zonazioni negli studi di distribuzione ittica e proposto un modello statistico per delineare in modo oggettivo le zone e le specie caratteristiche, e predire l'appartenenza tipologica dei rilievi ittici. Viene inoltre discussa l'inadeguatezza del modello di Huet nel rappresentare la realtà delle acque italiane.*

Introduzione

Nell'ambito degli studi sulla distribuzione della fauna ittica delle acque correnti assume in genere particolare rilievo l'individuazione delle "zone ittiche" che si susseguono dalla sorgente alla foce dei corsi d'acqua

*) Ricerca eseguita con il contributo economico dell'Ente Tutela Pesca, Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Progetto Carta Ittica Regionale.

(Huet, 1938). Le zonazioni individuate con la "regola delle pendenze" e con le "specie guida" (Huet, 1946, 1949, 1954, 1959) vengono successivamente utilizzate per formulare proposte di studio e gestionali nell'ambito delle carte ittiche (Huet, 1959; AA.VV., 1983, AA.VV., 1990)

Le metodiche sinora utilizzate in Italia nel definire le zone ittiche sono da ritenersi insoddisfacenti per la mancanza di un metodo rigoroso per stabilire l'appartenenza tipologica di un rilievo, carenza che lascia ampio spazio alle scelte soggettive. Questo problema è da porre in relazione al fatto che le zone descritte da Huet (1949), Illies e Botosaneanu (1967) e riprese da Hawkes (1975) non sono ben delimitate, ma sovente sfumano le une nelle altre accavallandosi. Il concetto stesso di zonazione è stato pertanto ritenuto da alcuni ricercatori non solo impreciso, ma addirittura privo di significato (Cushing e coll., 1983; Minshall e coll., 1985), poiché non tiene conto del fatto che le comunità a monte influenzano quelle a valle attraverso il trasporto di materia da parte dell'acqua corrente (Fischer, 1983).

Questi autori sono tra i proponenti del "river continuum concept" (Vannote e coll., 1980), secondo il quale la struttura delle comunità varia gradualmente dalla sorgente alla foce dei fiumi senza soluzioni di continuità. Tuttavia molti corsi d'acqua mostrano bruschi cambiamenti delle condizioni ambientali (in particolare del regime idraulico) che contribuiscono ad una zonazione delle comunità biologiche (Statzner e Higlner, 1986; Botosaneanu, 1979). Numerose e giustificate sono state pertanto le critiche al concetto di continuum (si vedano Winterbourn e coll., 1981; Statzner e Higlner, 1985).

I concetti di zonazione e continuum sono in realtà due modi diversi per rappresentare lo stesso fenomeno, e sono stati già ampiamente dibattuti nel campo della fitosociologia (Austin, 1985). Nell'ambito delle ricerche sulle acque correnti, i due modelli hanno ispirato numerosi studi ecologici che hanno seguito due distinte linee di ricerca purtroppo sinora del tutto indipendenti (Hildrew e Townsend, 1987). Da un lato è stata testata l'ipotesi del river continuum concept riguardante i cambiamenti nella struttura trofica delle comunità macrobentoniche in risposta agli input energetici, ipotesi che ha ricevuto sia conferme che critiche (Townsend e Hildrew, 1984). Dall'altro lo studio della distribuzione delle specie di macroinvertebrati è stato affrontato utilizzando metodiche statistiche multivariate (Veneaux, 1973; Townsend e coll., 1983; Wright e coll., 1984; Braioni, 1986). Nonostante i validi risultati ottenuti con questo secondo metodo, ampiamente usato in altre discipline (Digby e Kempton, 1987), il suo utilizzo nello studio dei popolamenti ittici è limitato a pochissimi esempi in Francia (Verneaux, 1973 e 1981; Grandmottet, 1983) e Inghilterra (Townsend e coll., 1983). I dati sinora raccolti in Italia sono stati sempre pubblicati sotto forma di tradizionali studi di distribuzione e tabulati, e solo raramente (Maio e Marconato, 1987) è stata presa in esame la correlazione statistica tra le specie ittiche ed i parametri ambientali. Il presente contributo, basato sullo studio dei dati raccolti per la stesura della carta ittica regionale del Friuli-Venezia Giulia (Stoch e coll., 1992), si propone pertanto di illustrare l'impiego delle tecniche di analisi statistica multivariata

e la loro utilità negli studi di distribuzione delle specie ittiche. Gli obiettivi dello studio sono:

- a) constatare la validità di tali tecniche quando applicate ad un complesso territorio, esteso a comprendere l'intero corso di numerosi fiumi e dei loro affluenti;
- b) individuare il gradiente teorico lungo il quale le specie ittiche e le stazioni si susseguono;
- c) verificare l'attendibilità e l'utilità del concetto di zonazione;
- d) costruire un modello statistico predittivo della biotipologia di una stazione di prelievo, che consenta l'esatta collocazione dei rilievi futuri nell'ambito del gradiente teorico individuato.

METODI DI STUDIO

Le metodiche di analisi statistica multivariata sono state applicate allo studio della distribuzione dei parametri morfologici e chimico-fisici, delle famiglie macrobentoniche (unità sistematica consigliata da Furse e coll., 1984) e delle specie ittiche nelle acque correnti del Friuli-Venezia Giulia; i risultati dello studio sono riportati nella carta ittica (Stoch e coll., 1992) alla quale si rimanda per un esame dettagliato delle caratteristiche delle acque regionali.

La scelta delle 138 stazioni di raccolta dati e la loro rappresentatività delle acque interne regionali sono state valutate confrontando l'ordinamento delle stazioni selezionate per le indagini ittiche (mediante analisi delle corrispondenze) con quello ottenuto ordinando 715 rilievi morfologici desunti dalla banca dati disponibile (Stoch e coll., 1992). Dall'esame dei due grafici, riportati in fig. 1, risulta che le stazioni scelte sono ampiamente rappresentative delle diverse tipologie di acque correnti. In ogni stazione è stato eseguito un campionamento del popolamento ittico in un'area omogenea mediante elettrostorditore secondo quanto riportato in Stoch e coll. (1992).

Nel presente studio i valori di abbondanza delle specie ittiche sono stati convertiti in classi discrete entro un range da 0 a 5 secondo il metodo di Verneaux (1973); sono state utilizzate 23 specie ittiche autoctone compresa la trota fario, delle quali 21 si sono rivelate strutturali (sensu Verneaux, 1973), mentre sono state trascurate le specie alloctone, presenti in pochissimi rilievi e mai strutturali (Stoch e coll., 1992).

La classificazione gerarchica (clustering) delle stazioni di campionamento (previa applicazione dell'indice di Wishart) è stata effettuata con il metodo del legame medio (Lagonegro e Feoli, 1985); per l'ordinamento sia delle variabili che delle stazioni è stata scelta l'analisi delle corrispondenze, che ha fornito i risultati migliori e di più facile interpretazione. L'analisi delle corrispondenze ha la particolarità di estrarre dai dati la distribuzione simultanea delle stazioni e delle variabili; gli assi fattoriali sono pertanto gli stessi nei due casi, e le stazioni e le variabili possono essere ordinate sullo stesso grafico. Il livello di separazione ottimale

tra i clusters (corrispondenti ad altrettante "zone ittiche") è stato scelto in base alla separazione dei loro centroidi nei piani individuati dai primi tre assi di ordinamento. Attorno ai centroidi dei clusters sono state tracciate le ellissi di equiconcentrazione (Lagonegro e Feoli, 1985a), che permettono di visualizzare la successione delle zone ittiche (Stoch e coll., 1992).

Tutti i dati raccolti sono stati schedati in files DBASE III PLUS mediante personal computer IBM/PS2; dai files relazionali di data base i dati sono stati organizzati in matrici e trasferiti ad un package di programmi di statistica implementati in QUICKBASIC 4.5 della MICROSOFT. I programmi sono stati scritti dall'autore per le regressioni o desunti con ampie modifiche dalle librerie di Lagonegro e Feoli (1985) per le tecniche di clustering, di Lagonegro e Feoli (1985a) per le ellissi di egual concentrazione e di Ludwig e Reynolds (1988) per l'analisi delle corrispondenze. Gli output riportati in figura sono stati ottenuti costruendo programmi ad hoc per la gestione della stampante HP Laserjet IIIP in linguaggio HP/GL2 gestito dal QUICKBASIC.

ORDINAMENTO DELLE STAZIONI E DELLE SPECIE

I risultati dell'analisi delle corrispondenze sono visualizzati in fig. 2; sul piano individuato dal I e III asse fattoriale sono ordinati sia i rilievi sia le 21 specie ittiche che più significativamente concorrono all'ordinamento. Si nota come le specie ed i rilievi si susseguono lungo una curva di tipo parabolico, che Verneaux (1973) ha chiamato "curva tipologica". Si tratta in realtà del ben noto effetto arco che si verifica quando un solo, forte gradiente domina la struttura delle comunità: in questo caso il gradiente altitudinale (Stoch e coll., 1992). L'effetto arco è molto utile per l'individuazione del gradiente; ciò ha pertanto sconsigliato l'uso di metodi che volutamente rimuovono questo effetto (es. detrended correspondence analysis di Hill e Gauch, 1980, usata in Townsend e coll., 1983 e Wright e coll., 1984) con una perdita significativa di informazioni.

Lungo la curva tipologica si succedono variabili e stazioni a formare un continuum dalle località di montagna (a destra nel grafico) a quelle della bassa pianura (a sinistra). E' pertanto il primo asse ad essere direttamente correlato con questo gradiente; il secondo asse ed il terzo sono invece da porre in relazione (nel caso delle variabili biotiche) principalmente con la diversità del popolamento ittico (Verneaux, 1973).

La risposta delle specie (frequenza) lungo il gradiente è di tipo gaussiano (fig. 3); si nota una graduale successione dai ciprinidi ai salmonidi risalendo il gradiente, con conseguente diminuzione della diversità biotica, in accordo con le previsioni del river continuum concept (Vannote e coll., 1980). La posizione delle variabili (specie ittiche) in rapporto all'origine degli assi permette inoltre di valutare il loro grado di significatività nel definire il gradiente (Verneaux, 1973), e di individuare le specie caratteristiche o strutturali (fig. 2).

Una volta individuati gli assi di ordinamento, è necessario attribuire loro un netto significato ecologico, nonché scoprire analogie e correlazioni fra gli ordinamenti e le classificazioni ottenute utilizzando diverse variabili (parametri chimico-fisici, morfologici, famiglie macrobentoniche, specie ittiche). La correlazione tra il primo asse di ordinamento relativo alle specie ittiche con i primi assi estratti dalle matrici dei parametri morfologici e delle famiglie macrobentoniche (fig. 4) è risultata statisticamente significativa ad un livello di probabilità inferiore a 0.001. Ciò depone a favore di una notevole interdipendenza dei tre gruppi di variabili, come ci si aspettava. Inoltre risulta valida l'ipotesi di Huet (1946, 1949, 1954) di una forte correlazione tra la distribuzione delle specie ittiche e la pendenza. La regola delle pendenze è solo un caso particolare della situazione individuata in base ai dati del Friuli-Venezia Giulia; infatti la pendenza è strettamente correlata con il gradiente altitudinale e ovviamente con i numerosi parametri morfologici e chimico-fisici che concorrono a strutturarla.

La correlazione tra variabili abiotiche e specie ittiche è molto buona e potrebbe essere utilizzata per predire il popolamento ittico in base alle caratteristiche morfologiche della stazione di campionamento; i margini di errore (individuabili in fig. 4 dalla dispersione dei dati attorno alla retta di regressione) sono tuttavia in alcuni casi piuttosto ampi, in relazione al fenomeno delle risorgive che modifica e distorce il gradiente.

CLASSIFICAZIONE DELLE STAZIONI

La distinzione di gruppi di stazioni e variabili (fig. 2 e 3) che si succedono lungo la curva tipologica pone il problema dell'esistenza di discontinuità (concetto di zonazione ecologica). Per valutare la significatività statistica di queste discontinuità sono stati utilizzati i clusters ricavati mediante la classificazione gerarchica (fig. 5). I clusters sono stati raffigurati riportando nel piano individuato dal I e III asse dell'analisi delle corrispondenze i loro centroidi e tracciando attorno ad essi le ellissi di equiconcentrazione (Lagonegro e Feoli, 1985a); ogni ellisse racchiude i punti del piano che appartengono a quel cluster con una probabilità residua del 10%. I due clusters principali ottenuti (C e S in fig. 5) sono risultati significativamente distinti, e testimoniano l'esistenza di due grossi raggruppamenti di acque che corrispondono solo grossolanamente al rithron e potamon di Illies e Botosaneanu (1967), ed alle acque a salmonidi e ciprinidi di Huet (1949). Tale suddivisione è infatti profondamente influenzata dalla morfologia del territorio in esame. Mappando sul piano dell'ordinamento anche le ellissi di equiconcentrazione che rappresentano i clusters individuati a diversi livelli di somiglianza (fig. 6), è possibile distinguere i due casi seguenti:

- a) 4 clusters. Si distinguono quattro tipologie (i numeri corrispondono a quelli della fig. 6 in alto): 1) acque di pianura esclusivamente a

- ciprinidi; 2) acque di pianura a ciprinidi reofili e trota fario; 3) acque alpine, prealpine e di risorgiva a trota fario; 4) acque alpine e prealpine a trota marmorata. La classificazione, pur comprendendo quattro categorie, si discosta molto da quella di Huet (1949).
- b) 9 clusters. Si individuano le seguenti tipologie, significativamente distinte, e specie caratteristiche (i numeri corrispondono a quelli della fig. 6 in basso): 1) acque molto lente a ciprinidi (alborella, scardola, tinca); 2) acque a ciprinidi dell'alta pianura (barbo canino); 3) acque a ciprinidi della bassa pianura (cavedano, triotto; fario assente); 4) acque a ciprinidi reofili delle risorgive (cavedano, barbo, sanguinerola; fario presente); 5) acque sorgive a faro e temolo; 6) acque sorgive a fario e scazzone; 7) acque della zona alpina a fario; 8) acque della zona alpina e prealpina a marmorata e temolo; 9) acque della zona alpina e prealpina a marmorata.

ZONAZIONI E CONTINUUM

L'uso delle ellissi di equiconcentrazione si è rivelato utile non solo dal punto di vista della visualizzazione dei dati, ma anche per stabilire se i clusters individuati dal dendrogramma corrispondano a parti distinte del gradiente e se la differenza tra di essi sia statisticamente significativa (vedi Lagonegro e Feoli, 1985a, per i tests statistici appropriati). La corrispondenza tra classificazione ed ordinamento si è rivelata molto buona. Si può pertanto affermare che lungo la curva tipologica è possibile individuare delle discontinuità significative che testimoniano l'esistenza di zone ecologiche con popolamenti distinti, ribadendo l'utilità del concetto di zonazione come approccio metodologico allo studio della distribuzione delle specie ittiche.

Va tuttavia precisato che i concetti di zonazione e continuum discussi e applicati nel presente lavoro sono concetti teorici (Austin, 1985), trattandosi di generalizzazioni riferite ad un reticolo idrografico complesso, e pertanto il continuum lungo il gradiente teorico può non corrispondere esattamente con quello funzionale del river continuum concept, relativo in genere ad un unico corso d'acqua (Vannote e coll., 1980). Questo fatto è stato frainteso da vari autori, causando quella contrapposizione tra continuum e zonazioni che probabilmente non ha ragione di esistere, trattandosi di due punti di vista diversi di osservare uno stesso fenomeno (Austin, 1985). Il gradiente evidenziato dall'analisi statistica multivariata ed i clusters individuati in base a rilievi effettuati in numerosi corsi d'acqua potrebbero infatti non necessariamente corrispondere a zone naturali lungo un determinato fiume (Hilfrew e Townsend, 1987). La forte correlazione del gradiente teorico con l'altitudine delle stazioni e la buona corrispondenza tra zone teoriche e zone reali messa in evidenza da Stoch e coll. (1992 e presente

volume) consente comunque sempre di attribuire un significato geografico ben preciso alle varie categorie di acque individuate, in accordo con quanto messo in evidenza da Verneaux (1973).

Discussione

Sinora gli ittiologi disponevano solo delle "regole" di Huet (1946, 1949, 1954) per ricostruire le zonazioni ittiche; il presente lavoro ha invece dimostrato come queste regole siano inadeguate per definire la distribuzione delle comunità ittiche in una realtà territoriale come quella italiana, molto diversa sia da un punto di vista faunistico che ecologico da quella dell'Europa settentrionale. Se è vero che la classificazione di Huet (1949) può essere fatta valere per le acque del Friuli-Venezia Giulia nelle sue linee generali, poiché permette di supporre a priori l'esistenza di quattro categorie piscicole diverse procedendo dalla montagna verso il mare, è anche vero che si tratta di uno schema grossolano e slegato dalla realtà territoriale di questa regione. Classificazioni simili si possono costruire in molti modi, anche in base a indici visivi e geografici senza alcun campionamento ittico (corsi d'acqua montani, collinari, risorgive e canali della bassa pianura; oppure acque a velocità elevata, media, lenta e molto lenta; ecc.) e si ottengono sempre quattro categorie di acque che corrispondono a quelle di Huet (1949). Osservazioni di questo tipo hanno uno scarso valore predittivo ed elevati margini di errore; se a questo fatto si aggiunge che le specie-guida di Huet (1949) sono diverse da quelle italiane (da noi manca l'abramide, è presente la trota marmorata, il temolo ha uno scarso valore strutturale), l'intero modello perde la sua aderenza con la realtà.

Il modello proposto nel presente lavoro è invece predittivo, consentendo di collocare le stazioni di campionamento nell'ambito di un gradiente teorico e di attribuirle ad una precisa zona ecologica, strettamente legata alla realtà territoriale in cui si opera (Verneaux, 1977). I rilievi che verranno effettuati in tempi successivi potranno venir collocati nello schema delle zonazioni proposte calcolando la loro distanza (euclidea o della corda: si veda Lagonegro e Feoli, 1985) dai centroidi dei clusters. Il nuovo rilievo apparterrà alla zona ittica al cui centroide risulterà più vicino; il valore della distanza consentirà inoltre di calcolare la probabilità di appartenenza della stazione ad una data zona ittica e di collocare il rilievo nella corretta posizione lungo il gradiente. Si tratta pertanto di una tecnica oggettiva di classificazione ed ordinamento dei rilievi che supera l'inadeguatezza del metodo di Huet (1949) e permette di operare ad una scala di risoluzione molto più fine, consentendo di individuare un numero di categorie piscicole ben superiore alle quattro sinora proposte. Il metodo inoltre, a differenza di quello di Huet (1949), è utilizzabile anche in reticoli idrografici complessi e nelle situazioni faunistiche più disparate, poiché non parte da considerazioni a priori ma da una accurata rielaborazione dei dati raccolti.

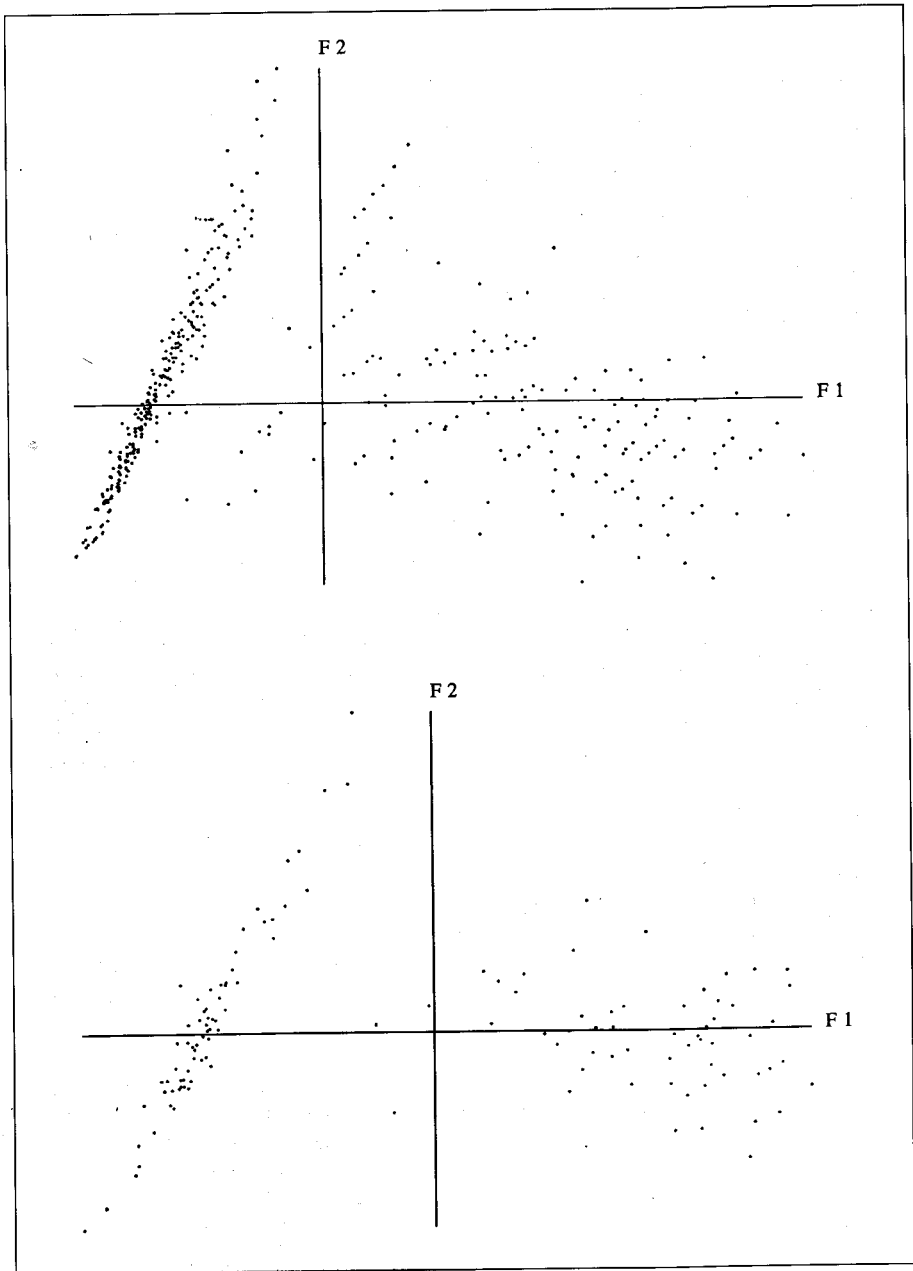


Fig. 1: Comparazione tra l'ordinamento (variabili=parametri morfologici; metodo: analisi delle corrispondenze) di 715 stazioni di rilevamento dati nel Friuli-Venezia Giulia (in alto) e una selezione di 138 stazioni (in basso) scelte per i campionamenti ittici (varianza spiegata: 85.58%).

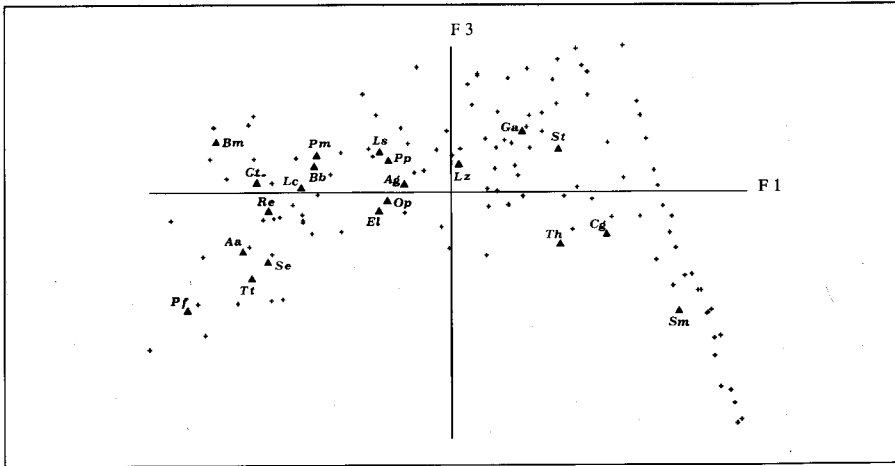


Fig. 2: Ordinamento delle stazioni di campionamento e delle specie ittiche nel piano individuato dal I e III asse (varianza spiegata: 27.86%) estratti dall'analisi delle corrispondenze. Sigle delle specie: Aa = *Alburnus alburnus*; Ag = *Anguilla anguilla*; Bb = *Barbus barbus*; Bm = *Barbus meridionalis*; Cg = *Cottus gobio*; Ct = *Cobitis taenia*; El = *Esox lucius*; Ga = *Gasterosteus aculeatus*; Lc = *Leuciscus cephalus*; Ls = *Leuciscus souffia*; Lz = *Lampetra zanandreae*; Op = *Orsinigobius punctatissimus*; Pf = *Perca fluviatilis*; Pm = *Padogobius martensi*; Pp = *Phoxinus phoxinus*; Re = *Rutilus erythrophthalmus*; Se = *Scardinius erythrophthalmus*; Sm = *Salmo trutta marmoratus*; St = *Salmo trutta trutta*; Th = *Thymallus thymallus*; Tt = *Tinca tinca*.

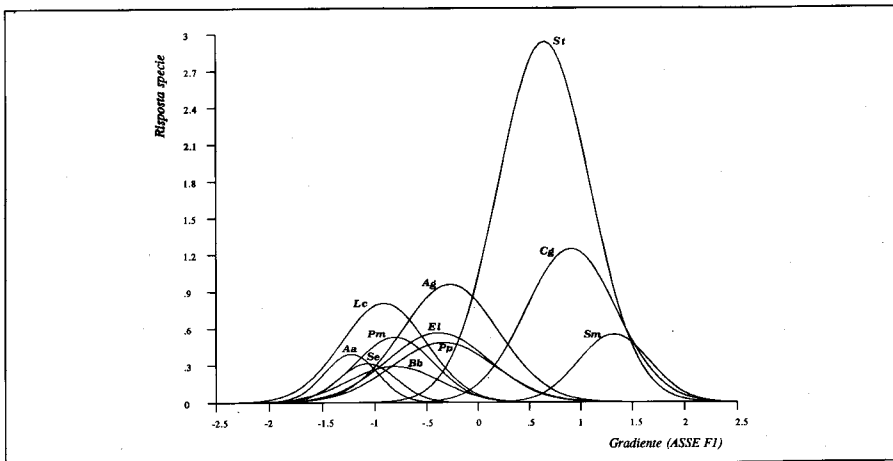


Fig. 3: Distribuzione delle specie strutturali più importanti lungo il primo asse derivato dall'analisi delle corrispondenze; gli optima sono stati ottenuti come medie pesate delle frequenze. Le sigle delle specie sono quelle della fig. 2.

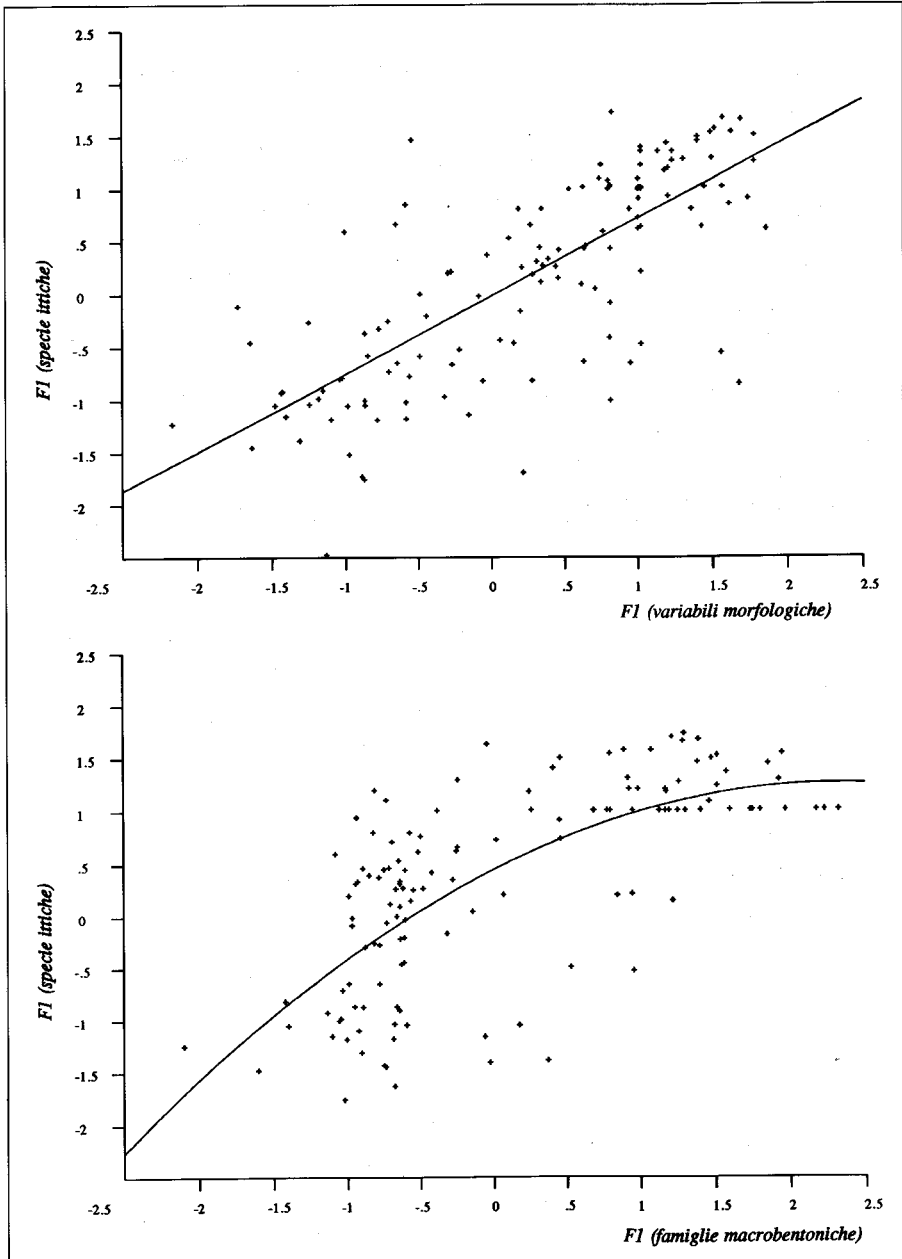


Fig. 4: Correlazione tra il primo asse di ordinamento delle specie ittiche con i primi assi relativi alle variabili morfologiche ($r=0.7539$) e alle famiglie macrobentoniche ($r=0.725$).

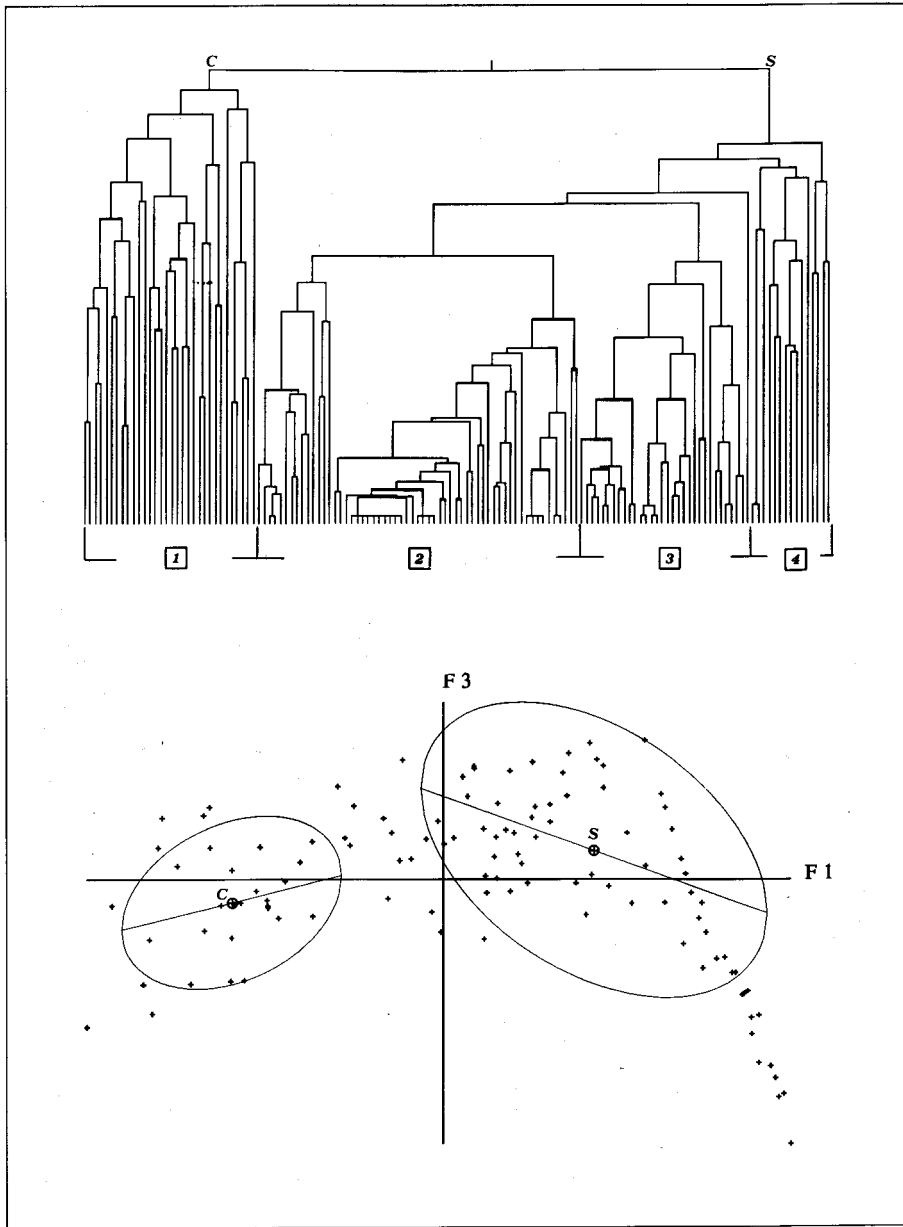


Fig. 5 : Dendrogramma illustrante il livello di somiglianza tra le stazioni di campionamento (in alto) e mappaggio dei centroidi dei due clusters principali e delle ellissi di equiconcentrazione (tail probability 10%) sul piano della fig. 2 (C = acque a ciprinidi; S = acque a salmonidi). I numeri sotto al dendrogramma corrispondono ai clusters mappati in fig. 6.

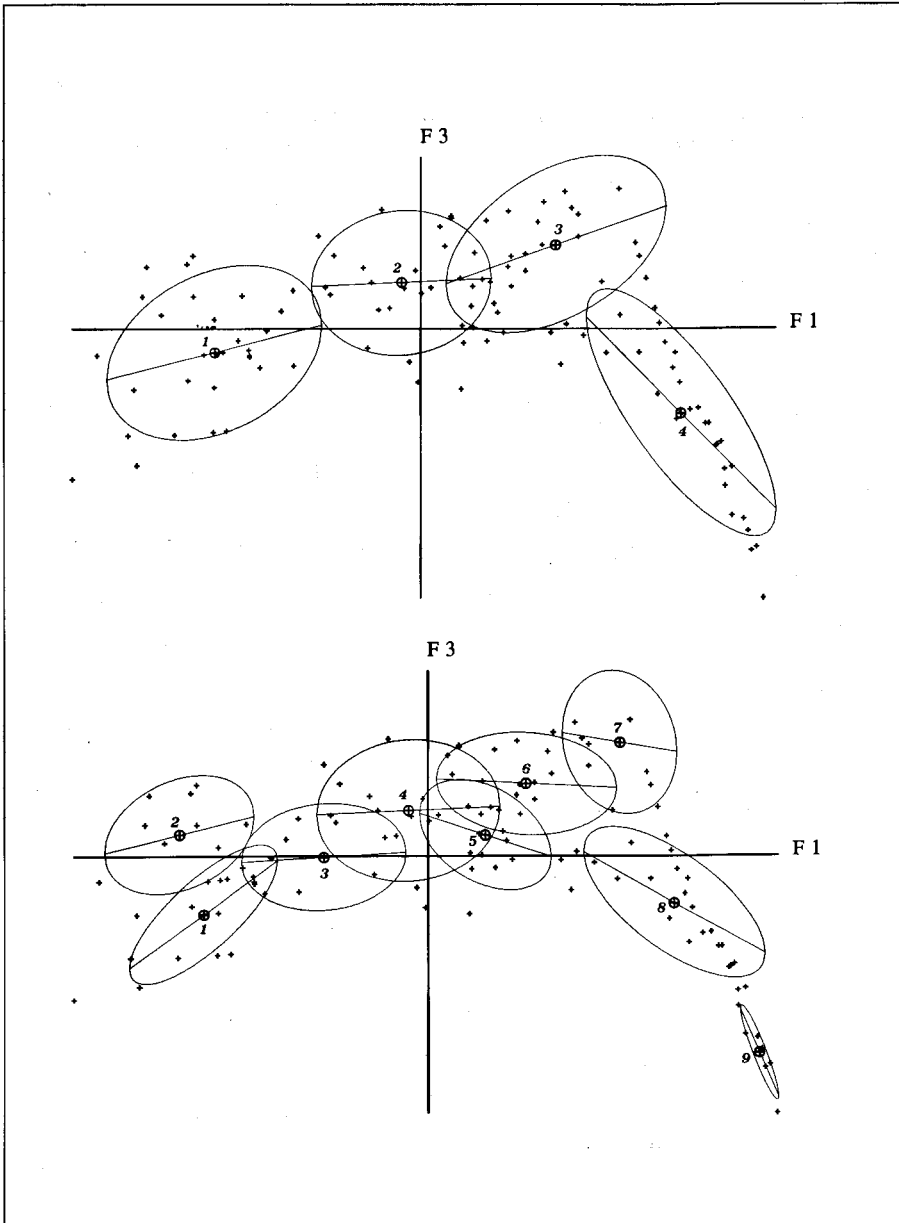


Fig. 6 : Proiezione sul piano F1-F3 della fig. 3 dei centroidi dei clusters individuati dal dendrogramma di fig. 5 a due distinti livelli di somiglianza; attorno ai centroidi sono tracciate le ellissi di equiconcentrazione (tail probability = 10%). In alto: 1 = acque a ciprinidi; 2 = acque a ciprinidi e fario; 3 = acque a trota fario; 4 = acque a trota marmorata. In basso: vedi spiegazione nel testo.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. - 1983 - *La carta ittica. Documento fondamentale della Provincia autonoma di Trento per una razionale politica di gestione delle acque*. Ed. Temi, Trento, 117 pp.
- AA.VV. - 1990 - *Carta ittica regionale. Quad. Regione dell'Umbria, ser. Ambiente e territorio*, 1: 1-245.
- AUSTIN M.P. - 1985 - *Continuum concept, ordination methods, and niche theory*. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 16: 39-61.
- BRAIONI M.G. - 1986 - *La fauna macrobentonica*. In: Braioni M.G., Ruffo S. (eds.), *Ricerche sulla qualità delle acque dell'Adige*. Mem. Mus. Civ. St. Nat. Verona (II ser.), sez. biol., 6: 243-290.
- BOTOSANEANU L. - 1979 - *Quinze années de recherches sur la zonation des cours d'eau: 1963-1978. Revue commentée de la bibliographie et observations personnelles*. *Bjdr. Dierk.*, 49(1): 109-134.
- CUSHING C.E., McINTIRE C.D., CUMMINS K.W., MINSHALL G.W., PETERSEN R.C., SEDELL J.R., VANNOTE R.L. - 1983 - *Relationships among chemical, physical, and biological indices along river continua based on multivariate analysis*. *Arch. Hydrobiol.*, 98: 317-326.
- DIGBY P.G.N., KEMPTON R.A. - 1987 - *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman & Hall, London, 206 pp.
- FISHER S.G. - 1983 - *Succession in streams*. In: Barnes J.R., Minshall G.W. (eds.), *Stream ecology, application and testing of general ecological theory*. Plenum Press, New York: 7-28.
- FURSE M.T., MOSS D., WRIGHT J.F., ARMITAGE P.D. - 1984 - *The influence of seasonal and taxonomic factors on the ordination and classification of running-water sites in Great Britain and on prediction of their macro-invertebrate communities*. *Freshw. Biol.*, 14: 257-280.
- GRANDMOTTET J.P. - 1983 - *Principales exigences des teleosteens dulcicoles vis a vis de l'habitat aquatique*. *Ann. Sci. Univ. Besançon, Biol. anim.*, 4ème sér., 4: 3-32.
- HAWKES H.A. - 1975 - *River zonation and classification*. In: Whitton B.A. (ed.), *River ecology*. Blackwell Sci. Publ. : 312-374.
- HILDREW A.G., TOWNSEND C.R. - 1987 - *Organization in freshwater benthic communities*. In: Gee J.R.H., Giller P.S. (eds.), *Organization of communities, past and present*. 27th Sympos. British Ecol. Soc.: 347-371.
- HILL M.O., GAUCH H.G. - 1980 - *Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique*. *Vegetatio*, 42: 47-58.
- HUET M. - 1938 - *Hydrobiologie piscicole du bassin moyen de la Lesse (Ardennes Belges)*. *Mém. Mus. R. Hist. Nat. Belgique*, 82: 1-128.
- HUET M. - 1946 - *Note préliminaire sur les relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes; règle des pentes*. *Trav. Stat. Rech. Groenendaal*, sér. D, 4: 232-243.

- HUET M. - 1949 - *Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes*. Schweiz. Zeitschr. Hydrol., 11: 332-351.
- HUET M. - 1954 - *Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes*. Bull. Fr. Piscic., 175: 41-53.
- HUET M. - 1959 - *Profiles and biology of western European streams as related to fish management*. Trans. Amer. Fish. Soc., 88: 155-163.
- ILLIES J., BOTOSANEANU L. - 1967 - *Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérée surtout du point de vue faunistique*. Ver. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 12: 1-57.
- LAGONEGRO M., FEOLI E. - 1985 - *Analisi multivariata di dati. Manuale d'uso di programmi BASIC per personal computers*. Libreria Goliardica, Trieste, 182 pp.
- LAGONEGRO M., FEOLI E. - 1985a - *The use of ellipses of equal concentration to analyse ordination vegetation patterns*. Studia Geobotanica, 5: 143-165.
- LUDWIG J.A., REYNOLDS J.F. - *Statistical ecology, a primer on methods and computing*. Wiley, London, 337 pp., 1988.
- MAIO G., MARCONATO A. - 1987 - *Distribuzione ed ecologia dell'ittiofauna della provincia di Vicenza*. Biologia e gestione dell'ittiofauna autoctona, Atti II Conv. AIIAD: 175-203.
- MINSHALL G.W., CUSHING K.W., PETERSEN R.C., CUSHING C.E., BRUNS D.A., SEDELL J.R., VANNOTE R.L. - 1985 - *Developments in stream ecosystem theory*. Can. J. Fish Aquat. Sci., 42(5) : 1045-1055.
- STATZNER B., HIGLER B. - 1985 - *Questions and comments on the river continuum concept*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 42: 1038-1044.
- STATZNER B., HIGLER B. - 1986 - *Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns*. Freshw. Biol., 16: 127-139.
- STOCH F., PARADISI S., BUDA DANCEVICH M. - 1992 - *Carta ittica del Friuli-Venezia Giulia*. Ente Tutela Pesca, Udine, 285 pp., 4 carte.
- STOCH F., PARADISI S., BUDA DANCEVICH M. - *Le zonazioni ittiche del Friuli-Venezia Giulia, con particolare riguardo al problema della "zona a marmorata" (presente volume)*.
- TOWNSEND C.R., HILDREW A.G. - 1984 - *Longitudinal pattern in detritivore communities of acid streams: a consideration of alternative hypotheses*. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol., 22: 1953-1958.
- TOWNSEND C.R., HILDREW A.G., FRANCIS J. - 1983 - *Community structure in some southern English streams: the influence of physicochemical factors*. Freshw. Biol., 13: 521-544.
- VANNOTE R.L., MINSHALL G.W., CUMMINS K.W., SEDELL J.R., CUSHING C.E. - 1980 - *The river continuum concept*. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 130-137.
- VERNEAUX J. - 1973 - *Cours d'eau de Franche-Comté (Massif du Jura). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie*. Ann. Sci. Univ. Besançon, Zool., Physiol, Biol. anim., 3ème sér., 9: 1-257.

- VERNEAUX J. - 1977 - *Biotypologie de l'écosystème "eau courant". Détermination approchée de l'appartenance typologique d'un peuplement ichtyologique.* C.R. Acad. Sc. Paris, sér. D, 284: 675-678.
- VERNEAUX J. - 1981 - *Les poissons et la qualité des cours d'eau.* Ann. Sci. Univ. Besançon, Biol. anim., 4ème sér., 2: 33-45.
- WINTERBOURN M.J., ROUNICK J.S., COWIE B. - 1981 - *Are New Zealand streams really different?* New Zeal. J. Mar. Freshw. Res., 15: 321-328.
- WRIGHT J.F., MOSS D., ARMITAGE P.D., FURSE M.T. - 1984 - *A preliminary classification of running water sites in Great Britain based on macro-invertebrate species and the prediction of community type using environmental data.* Freshw. Biol., 14: 221-256.