

Distribucions i Ecologia Humana
Un exemple
referent al Vallès Oriental

Marta Estrada i Miyares

Febrer 1974

Caldrà que expliqui, en primer lloc, a quines distribucions em refereixo; d'una manera general, es tracta de les que s'obtenen en considerar uns grups (espècies, professions, paraules, ...) i el diferent nombre d'unitats (individus, lletres, ...) de que consta cada grup.

Si recollim amb una trampa les papallones que s'acosten de nit a una llum encesa i comptem les que pertanyen a cada espècie, veurem que hi ha unes poques espècies representades per molts individus, i moltes d'altres representades per pocs o un de sol. El mateix passa quan s'estudien altres col·lectius com les professions dels habitants d'una ciutat; hi ha unes poques ocupacions a les quals dediquen moltes persones, com manobre, obrer tèxtil, i moltes com notari o metge, amb pocs representants.

He citat l'exemple de les papallones perquè va ésser precisament aquest cas el que portà a Fisher, Corbet i Williams a cridar l'atenció dels biòlegs sobre aquestes regularitats. Són nombroses les distribucions matemàtiques que s'han utilitzat com a models per a explicar-les, però aquí només en consideraré dues com a exemple: la distribució log-normal i l'anomenada del bastó trencat.

D'una manera simplificada, es pot dir que la log-normal és una distribució que es transforma en la normal quan en lloc dels valors considerats es pren el seu logaritme. L'escala logarítmica és necessària perquè la resposta dels organismes a factors o a combinacions de factors ambientals és geomètrica, no lineal. Això vol dir que una circumstància favorable actuarà, per exemple, augmentant la població en un percentatge determinat; és a dir, si la població és de 100 individus, en quedaran 110, i si es de 1000, 1100.

L'aplicació de la distribució del "bastó trencat" fou suggerida per MacArthur (1957). En aquest model, es considera que l'abundància de les diferents espècies d'una comunitat és proporcional a la llargada dels segments en que un bastó es divideix quan es trenca per una sèrie de punts triats a l'atzar. A la naturalesa, l'anàleg del bastó podria ésser un recurs limitant per a totes les espècies, que es repartís a l'atzar entre elles. Cohen (1966) ha aplicat un model semblant a l'estudi de les distribucions de producció d'una sèrie d'empreses americanes.

Una altra característica de les distribucions d'individus i espècies és que, quan es fa un gràfica del nombre d'espècies trobades en relació amb el logaritme del nombre d'individu examinat, en mostres d'una comunitat preses a l'atzar, resulten moltes vegades línies aproximadament rectes. Aquest fenomen pot explicar-se per l'existència d'una ordenació jeràrquica, com indiquen Odum et al. (1960), tant en societats humanes com en comunitats biològiques en general, l'estructura ocupacional es fonamenta en unes ocupacions bàsiques i mitjanes per l'energia i els materials disponibles, a les quals s'afegeixen altres ocupacions menys freqüents i més especialitzades que apareixen en proporcions fixes en relació amb les anteriors. Un exemple típic d'estructura jeràrquica és el de l'exèrcit.

El concepte de diversitat està molt lligat a l'estudi d'aquestes distribucions; hi ha comunitats, pobles o boscos, per exemple, on en una determinada mostra hi ha representades moltes ocupacions o espècies, mentre que en altres, encara que s'examini una mostra igualment nombrosa, se'n troben molt poques. La diversitat és una expressió de la varietat d'elements que entren a formar part d'una comunitat, o, en general, de qualsevol sistema. En un boscos tropical, la diversitat seria alta; en canvi, seria molt baixa en un camp de blat. La diversitat es pot mesurar mitjançant diversos tipus d'índex de diversitat. Un dels més utilitzats és el de Shannon, derivat de la teoria de la informació, que es calcula segons la fórmula:

$$D = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i \text{ (bits / individu)}$$

on \log_2 representa els logaritmes de base 2, i p_i la proporció amb què l'espècie i està representada en la mostra que es considera. Si en la mostra hi ha en total n espècies, i assolirà els valors 1, 2, 3, ..., n .

Aquest índex, introduït en ecologia per Margalef, té l'avantatge de no dependre de cap hipòtesi prèvia sobre la distribució d'espècies i individus. El valor mínim (0) s'obté quan tots els individus pertanyen a la mateixa espècie, i el màxim quan cadascun és d'una espècie diferent. Si es consideren els individus de cada espècie com a símbols de diferents classes, l'índex de diversitat segons la fórmula de Shannon representa una mesura de la informació que conté la mostra.

La diversitat així entesa és un caràcter global dels ecosistemes, com la temperatura ho és d'una massa d'aigua; no depèn de cadascun dels elements constituents, sinó del conjunt. La diversitat està íntimament relacionada amb el grau d'estructura i organització de la comunitat; a les comunitats on hi ha més riquesa d'elements i de connexions entre ells, la diversitat és més alta.

Una dificultat és que, tal com podem esperar d'allò que hem dit en tractar de la relació entre nombre d'espècies i nombre d'individus comptat, la diversitat depèn, en cada cas, de la mida de la mostra. És molt interessant considerar la variació dels valors de diversitat quan s'augmenta la mida de la mostra. En general, es poden trobar dos tipus de situacions; unes en que la diversitat és molt alta per a mostres petites, però augmenta poc en fer la mostra més gran, i altres en que la diversitat va pujant regularment quan s'amplia la mostra.

Un exemple típic del primer cas és el del públic d'una conferència; un petit nombre d'assistents donaria una diversitat elevada, però que no respondria a relacions funcionals entre els elements, es tracta d'una comunitat que, tancada, no podria funcionar mai. En canvi, en una ciutat on estiguessin representades de manera equilibrada les diverses activitats, donaria un exemple del segon tipus.

Un fet interessant és que existeix un límit de la diversitat. És fàcil veure algunes de les ca

ses; en una comunitat, les abundàncies dels diferents tipus d'elements estan determinades per una sèrie d'interaccions i apareixen organitzacions del tipus que s'ha anomenat jeràrquic. El nombre de nivells tròfics o el de professions que depenen de l'existència d'altres ha d'estar limitat, entre altres coses, perquè la comunitat disposa només d'un espai i d'uns recursos finits.

Un altre tipus de paràmetres globals aplicables a l'estudi de les comunitats naturals es refereix a l'aspecte energètic. Totes les comunitats es mantenen gràcies a un subministre energètic que, en ecosistemes no humanitzats, prové fonamentalment del sol a través de la fotosíntesi. En el món civilitzat, a aquesta font es suma un consum molt elevat d'energia fòssil, acumulada en el carbó i en el petroli, herències d'ecosistemes del passat. És molt important la relació productivitat / biomassa, o sigui, la relació entre la quantitat de matèria viva produïda per la comunitat per unitat de temps i el pes dels individus de la comunitat (Margalef, 1968).

Els ecosistemes experimenten un procés d'autoorganització que s'ha anomenat successió. Un exemple típic és el d'un camp abandonat; hi creixen primer herbes, després matolls, i si el deixéssim, apareixerien finalment arbres. Cal dir, però, que és un procés molt lent. En el transcurs de la successió tenen lloc uns canvis típics. Augmenta l'estructura de la comunitat i, amb ella la diversitat. Pel que fa referència a l'aspecte energètic, la relació productivitat / biomassa disminueix; es a dir, augmenta l'eficiència amb que s'utilitza l'energia. El grau d'organització o de maduresa que pot atènyer un ecosistema depen de molts factors; en un ambient estable, les espècies tenen temps d'adaptar-se i d'especialitzar-se per a utilitzar totes les possibilitats del medi; es pot arribar a diversitats molt altes; en ambients fluctuants i impredecibles, la comunitat sempre està dominada per espècies oportunistes, afavorides per les condicions del moment, i la diversitat és baixa.

Encara que és evident l'interès de l'aplicació del concepte de diversitat a les societats humanes, tal com ja s'ha suggerit moltes vegades, hi ha molt pocs estudis quantitius. Un dels escassos exemples és el treball de Marcuzzi i Camuffo (1968) sobre uns municipis de la zona dels Colli Euganei, propera a Pàdua.

Donades les facilitats que em va oferir la Delegació Comarcal de Sindicats de Granollers, vaig decidir que fóra molt interessant fer un estudi d'aquest tipus referit al Vallès Oriental.

Les dades de distribució per ocupacions s'han obtingut a partir del cens per agrupacions (d'empreses i d'obers) de la Delegació Sindical de Granollers corresponent al Gener del 1973. S'han considerat els 21 municipis dels quals es disposava de dades. El nombre de persones dedicades a l'agricultura s'ha tret de les estimes publicades pel I Consejo Económico Sindical del Vallés Oriental (1970), ja que els censos agraris de l'any 1972 no estan encara totalment publicats. S'han inclòs també algunes altres professions com metges, notaris i advocats, el nombre dels quals hem pogut saber a través de publicacions del Col·legi de Metges o de comunicacions personals.

S'han considerat com a pertanyents a cada professió les persones que hi estaven enquadrades sigui com a empresaris o com a treballadors; encara que així resulta que tant hi ha oficialistes en un magatzem de ferros com en una agència d'Assegurances, es té una mesura més adequada de la gent que realment es guanya la vida en un ram o en un altre.

No s'ha pretès fer un estudi exhaustiu de tots els habitants de cada municipi, sinó considerar, per a cada població una mostra que s'ha acceptat com a suficientment representativa: el nombre de persones censades al Sindicat local; procedint així, no s'obtenen dades de les ocupacions de les persones residents a cada municipi, sinó de les que realment hi treballen, aspecte molt més important de cara a aquest treball.

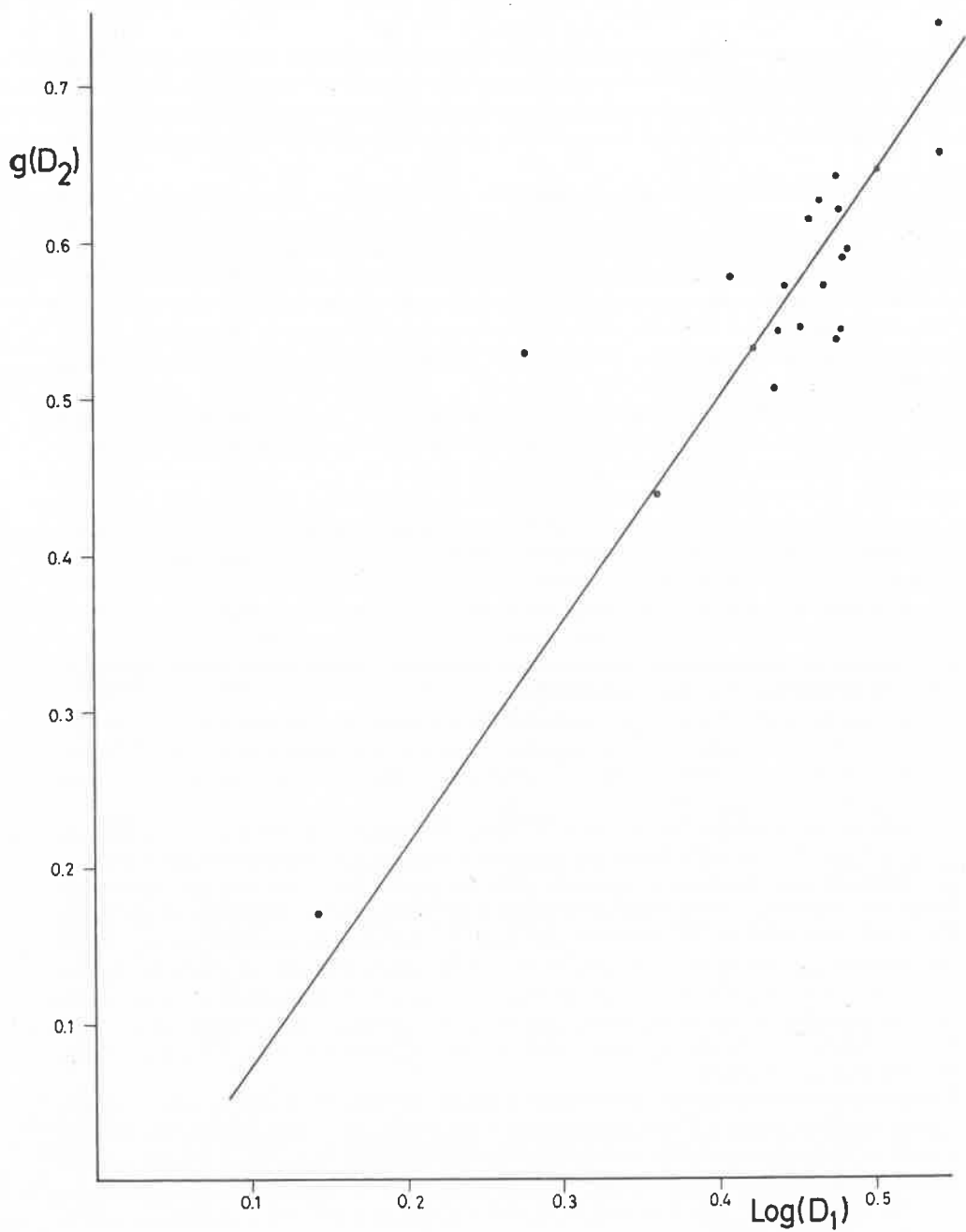


Figura 1

Relació entre els logaritmes del índex de diversitat calculats segons la classificació de taula 1 (D_1) i de la taula 2 (D_2).

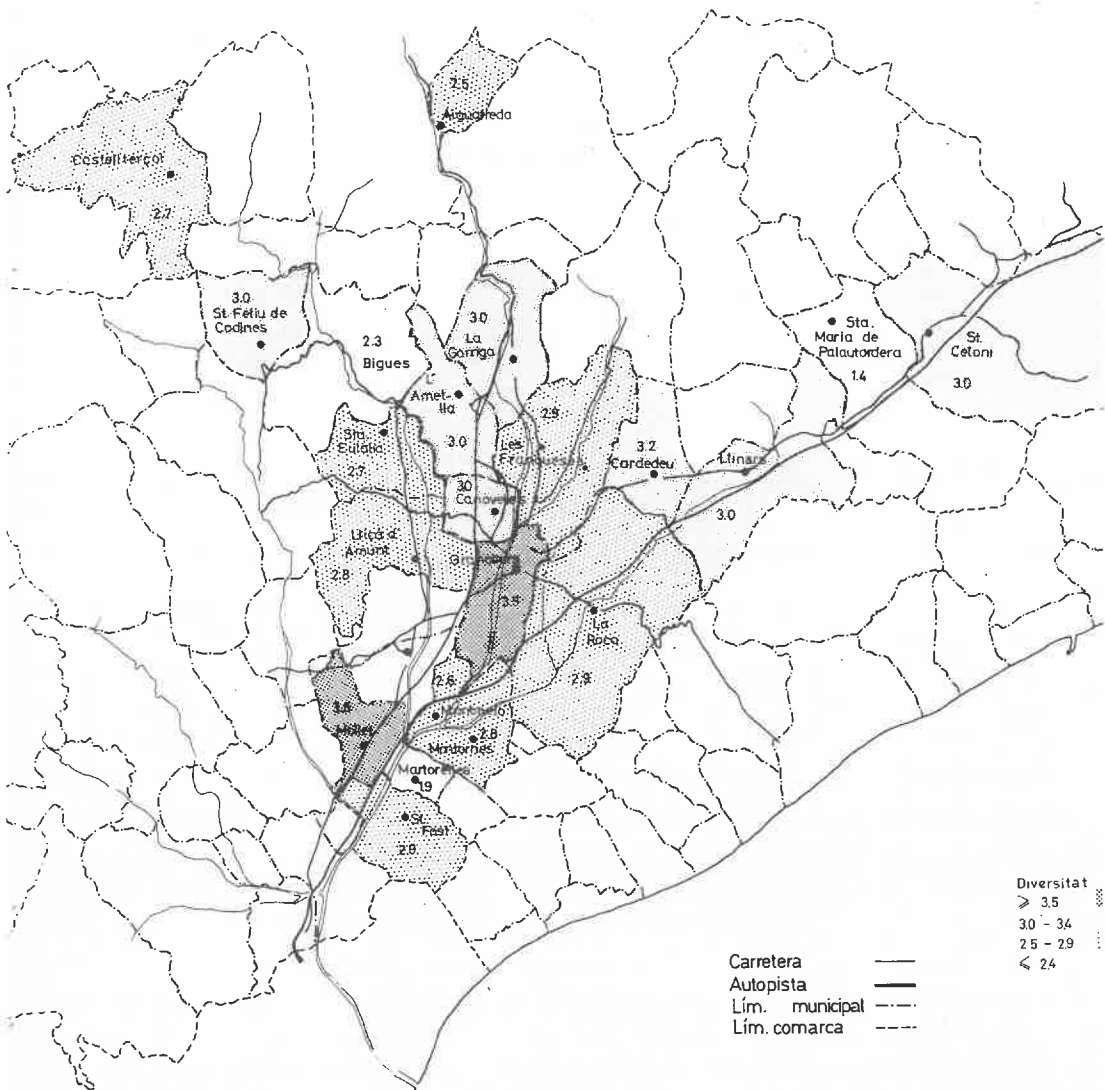


Figura 2

Distribució geogràfica de la diversitat de 21 municipis del Vallès Oriental, calculada segons la classificació de la taula 2.

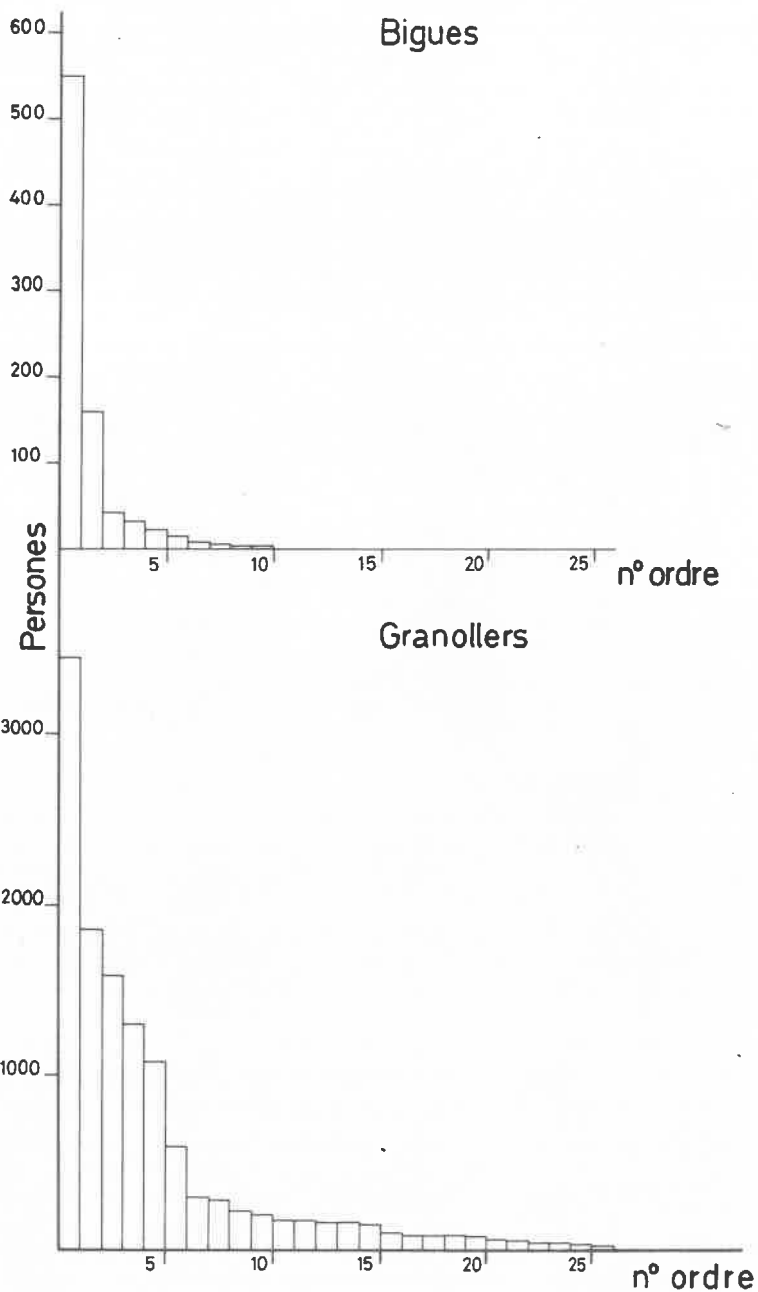


Figura 3

Distribució, per ordre decreixent, del nombre de persones dedicades a les ocupacions de la taula 2, en els municipis de Bigues i Granollers.

Cal remarcar que un estudi d'aquest tipus està subjecte a diverses fonts d'error. En primer lloc, no tots els treballadors estan sindicats; un altre problema és que algunes fàbriques situades al Vallès estan inscrites a Barcelona. De totes maneres, encara que això fa que tinguem que sospesar molt acuradament els detalls, no invalida les conclusions generals.

Hi ha també una altra qüestió, cap divisió en grups o classes, sigui de professions, espècies o d'altres entitats no és mai plenament objectiva. A fi de controlar fins a quin punt aquest factor afectava els resultats, s'han fet dues sèries de càlculs.

En la primera sèrie, s'ha intentat obtenir el màxim detall en la classificació. Les dades de base es referien a la classificació per associacions sindicals, però no sempre eren coherents, i s'han hagut de fer algunes modificacions per tal de fer comparables les dades dels diferents llocs. La taula 1 dona la llista dels apartats considerats.

La segona sèrie s'ha fet considerant com a ocupacions grups molt més amplis, corresponents, aproximadament a la classificació oficial per Sindicats (taula 2). La taula 3 presenta el nombre de persones dedicades a cadascuna d'aquestes ocupacions en els municipis estudiats.

La taula 4 dona els valors de diversitat obtinguts aplicant la fórmula de Shannon a les dues classificacions. Els càlculs s'han fet mitjançant l'ordenador 1130 de l'Institut d'Investigacions Pesqueres. A la figura 1 es mostra la relació entre els logaritmes dels dos valors trobats per a cada municipi, segons les dues classificacions. Algun punt queda molt desviat, però la correlació general és bona, la qual cosa és indicatiu que, a pesar dels possibles errors, les mesures reflecteixen realment una propietat estructural de cada població.

Si s'examina la taula 3 es pot veure que l'índex de diversitat no depèn només del nombre de treballadors o del nombre d'activitats de cada comunitat; influeix també la distribució del nombre de persones ocupades a cadascuna; la diversitat per a un nombre determinat de professions seria màxima quan el nombre de treballadors estigués igualment repartit entre totes.

El mapa de la figura 2 dona idea de la distribució geogràfica de la diversitat (segons la segona classificació). Les dues zones de més alta informació corresponen a Granollers i Mollet, on l'economia es basa en bastants recursos diferents. Els ajuntaments de més baixa diversitat són de dos tipus; uns, com Santa Maria de Palautordera i Bigues tenen com a activitat bàsica l'agricultura. Altres, com Martorelles, són industrials, però han sofert un desenvolupament desequilibrat que fa que gran part dels treballadors pertanyin només a unes poques grans indústries del mateix ram.

A la figura 3 s'han comparat les distribucions de professions de Granollers i Bigues, ordenades en ordre decreixent d'importància. És ben clara la diferència; a Granollers trobem bastantes ocupacions representades en percentatges importants, mentre que a Bigues n'hi ha només una de dominant i les altres estan proporcionalment molt poc representades o són absents.

Hi ha altres aspectes del mapa que cal remarcar. Es pot veure com hi ha una tendència a l'associació de les poblacions d'alta diversitat amb les vies de comunicació (carretera N-152 i carretera de Caldes a Sant Celoni). D'altra banda, la situació d'aquestes vies està relacionada amb factors geogràfics com la topografia del terreny, que tenen també gran importància; els municipis d'informació més alta són els de la plana; a mida que ens acostem a la muntanya, trobem una estructura més senzilla. Evidentment, les condicions a les zones més accidentades no són tan adients per a permetre el desenvolupament d'una organització complexa. Marcuzzi i Camuffo trobaren resultats similars en el seu estudi dels Colli Euganei.

Les mesures de diversitat es fan en un moment determinat, però cal recordar que no corresponen a una propietat estàtica sinó dinàmica. La maduresa actual d'una població és el resultat d'un procés en l'espai i en el temps; les ciutats antigues, que portem molts anys d'una

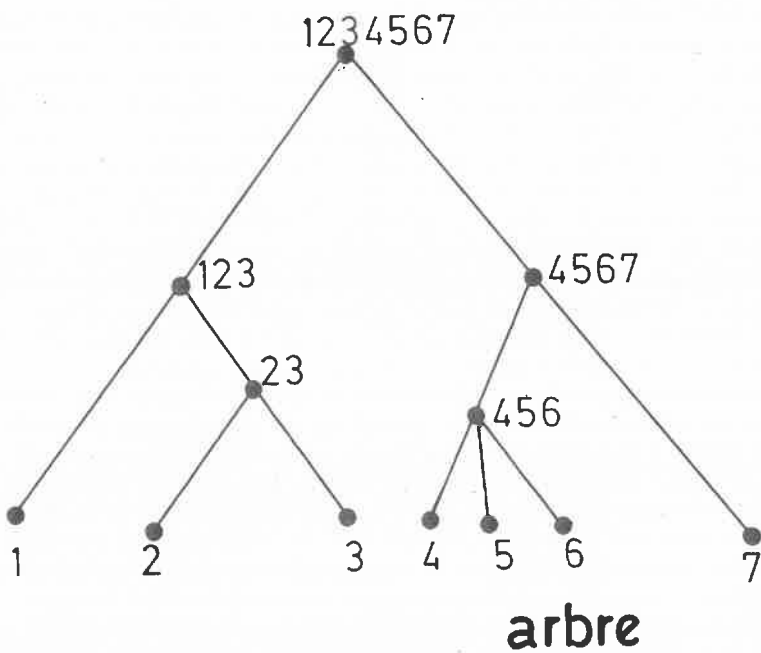
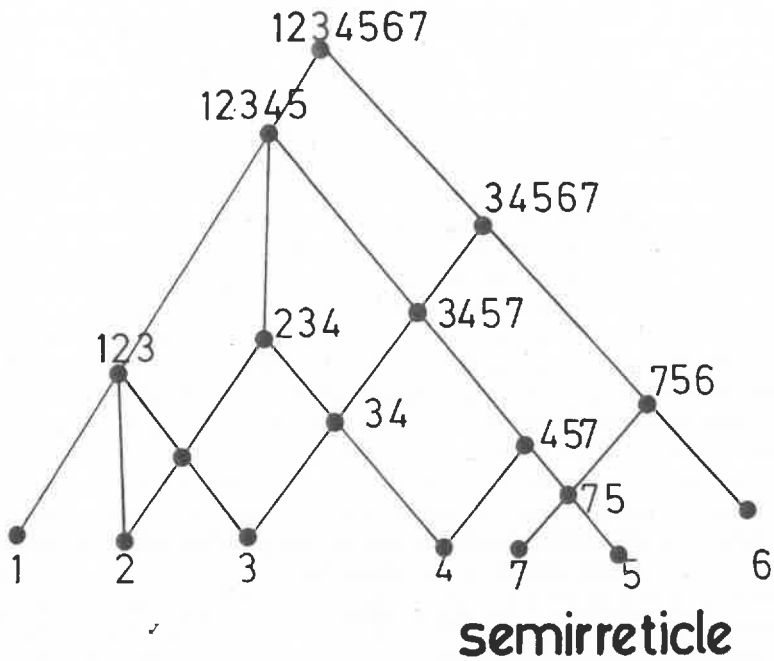


Figura 4

Esquemes d'un semirreticle i d'un arbre.

evolució que podríem qualificar de natural, atenyen una complexitat d'organització molt difícil d'improvisar en urbanitzacions i polígons industrials fets depressa. En aquest sentit, és interessant recordar un estudi d'Alexander (1969) sobre la diferència entre el que ell anomena "ciutats naturals" i "ciutats artificials". Arriba a la conclusió que l'organització de les ciutats naturals és la d'un semirreticle, i la de les artificials, o sigui ciutats que han nascut ja planejades, com Brasília, és, en canvi, la d'un arbre; els noms arbre i semirreticle corresponen aquí a les estructures matemàtiques esquematitzades a la figura 4. En un semirreticle hi ha superposicions parcials entre els conjunts, en canvi, en un arbre, un conjunt de la família està o bé completament a fora o bé completament a dins d'un altre.

En aquest punt, potser es plantejarà la pregunta: I això, serveix per a alguna cosa?. És impossible contestar des d'aquesta posició, però intentaré assenyalar alguns aspectes importants.

La diversitat d'un sistema està íntimament relacionada amb allò que s'anomena estabilitat. Aquesta paraula ha fet vessar als ecòlegs torrents de tinta, i s'ha entès de moltes maneres diferents. Aquí la utilitzarem en el sentit de "persistència" o manteniment d'una estructura sense sofrir transformacions radicals. Aquest tipus d'estabilitat és típic dels ecosistemes madurs, amb grau d'organització i diversitat elevats. Es poden comprendre bé els motius. El cos humà, per exemple, manté d'una manera molt exacta unes determinades constants biològiques: pH, pressió arterial, etc. gràcies a que existeixen molts mecanismes relacionats entre elles que s'encarreguen de compensar qualsevol desviació. En una comunitat, les espècies estableixen una sèrie de relacions entre elles; entre un gat i una rata, per exemple, hi ha el tipus de relació que s'anomena de depredador-presa. Aquest tipus d'interaccions poden equiparar-se a circuits reguladors. Si la diversitat de la comunitat és alta, hi ha més classes de relacions i tot el sistema és més estable. Citaré com a exemple, el problema de les plagues. Moltes espècies s'han convertit en perjudicials quan han desaparegut els mecanismes naturals de regulació a que estaven sotmeses. Unes vegades, es tracta de l'eliminació d'altres espècies enemigues; altres, de la creació de zones artificials de diversitat baixíssima (com un camp de blat, per exemple); les grans extensions de monocultiu són terreny abonat per a l'expansió de plagues que, a més de trobar aliment abundant, no hi troben cap o gairebé cap dels seus enemics naturals.

Els mateixos conceptes generals es poden aplicar als problemes econòmics d'una societat humana. Si hi ha molts tipus diferents d'activitats, la població serà més estable en front de pertorbacions econòmiques parcials. Exemple ben clars foren els de la crisi tèxtil de la dècada dels seixanta o la de la vinya amb l'aparició de la filoxera.

Leontief, recent premi Nobel d'Economia ha aplicat a l'anàlisi econòmica un model matemàtic que els ecòlegs utilitzaven des de feia ja molts anys. Es basa en unes equacions del tipus:

$$\begin{array}{rcl}
 X_1 - x_{11} - x_{12} \dots - x_{1j} - \dots & & - x_{1n} = Y_1 \\
 - x_{21} + X_2 - x_{22} - \dots - x_{2j} \dots & & - x_{2n} = Y_2 \\
 \cdot & & \cdot \\
 \cdot & & \cdot \\
 - x_{n1} - x_{n2} - \dots - x_{nj} - \dots + X_n - x_{nn} & = & Y_n
 \end{array}$$

X_i representa la producció d'un sector econòmic, i ($i = 1, 2, \dots, n$). x_{ij} són les lliurances del sector i al sector j ($i, j = 1, 2, \dots, n$). Y_i és la demanda final del sector i . Si el sector i , fos per exemple, el del petroli, X_i seria el petroli produït o importat, les x_{ij} les demandes interme-

diàries de petroli per a altres indústries, com la de plàstics, i Y_j el petroli venut per a ésser utilitzat directament, per a cremar, per exemple.

Sembla clar que si un determinat sector econòmic depèn de molts factors que influeixen en diversos sentits, serà més fàcil que pertorbacions externes d'aquests es compensin i que el sistema es mantingui estable.

Una altra qüestió important es refereix a les relacions entre sistemes de diferents graus d'organització. No es poden fer prediccions a un nivell detallat, però sí en termes generals: el flux d'energia va dels sistemes menys madurs als més madurs (Margalef, 1968). En canvi, són els sistemes més madurs els que controlen els altres. Una balena es manté gràcies a que explota el plancton d'una gran extensió marina; de manera semblant, es pot dir que les ciutats subsisteixen gràcies a l'explotació de les zones rurals veïnes. Les migracions pendulars entre el lloc on es viu i la població on es treballa són també un cas ben típic. Al Vallès, llocs com Granollers, Mollet i Sant Celoni, on les diversitat són més altes, actuen com a centres d'atracció en aquest sentit; la mà d'obra d'altres municipis veïns menys madurs que es desplaça a aquests llocs es pot equiparar a un flux d'energia. En altres nivells, passa el mateix entre Granollers i Barcelona i amb el "brain drain" entre Europa i els Estats Units.

Tot això són només alguns exemples de l'aplicació d'uns principis ecològics generals que poden ajudar a una comprensió adequada de les relacions entre societats humanes.

REFERÈNCIES

ALEXANDER, C. 1969.— La ciudad no es un árbol. En **3 Aspectos de matemática y diseño**. pp. 17-60. Tusquets ed. Barcelona.

COHEN, J. E. 1966.— **A model of simple competition**. Harvard University Press. Cambridge, 138 pp.

I CONSEJO ECONOMICO SINDICAL DEL VALLÈS ORIENTAL. 1970. **Estructura económica y posibilidades de la comarca**.

CONSEJO ECONOMICO - SOCIAL SINDICAL DEL VALLES ORIENTAL. 1973.— **Memoria 1972**.

MACARTHUR, R. H. 1957.— On the relative abundance of bird species. **Proc. Nat. Acad. Sci. Wash.**, 43: 293 - 295.

MARCUZZI, G. i CAMUFFO, A. 1968.— Prima applicazione della teoria dell'informazione allo studio dell'ecologia humana. **Revista di Biologia**, 61 (2/3): 293 - 326.

MARGALEF, R. 1968.— **Perspectives in Ecological Theory**. The University of Chicago Press. London, 111 pp.

ODUM, H. T., CANTLON, J. E. i KORNICKER, L. S. 1960.— An organizational hierarchy postulate for the interpretation of species - individual distributions, species entropy ecosystem evolution, and the meaning of a species - variety index. **Ecology**, 41: 395 - 399.