

**NOUS ASPECTES DE L'ESTUDI ESTADÍSTIC
DE LES COMUNITATS D'ORGANISMES**

Comunicació presentada el dia 20 de maig de 1965 pel doctor

RAMON MARGALEF

De l'Institut d'Investigacions Pesqueres.
Barcelona

Qualsevol comunitat natural —un bosc, un plàncton— és formada per un conjunt d'individus que es poden distribuir entre un cert nombre d'espècies. Una descripció simplificada de la comunitat pot consistir en una llista d'espècies amb expressió quantitativa de l'abundància o densitat de població de cadascuna d'elles. Aquestes llistes constitueixen el material bàsic per a atacar alguns objectius de l'estudi ecològic; el reconeixement de *tipus de comunitats*, i la definició de grups d'*espècies indicadores* de determinades propietats de l'ambient.

Ordinàriament es parteix d'una taula de doble entrada, en la qual cada línia horitzontal correspon a una espècie, i cada columna vertical a un inventari o a una mostra estudiats. En cada intersecció figura una xifra —que pot ésser zero— que dona la densitat de població de l'espècie definida en un inventari també determinat. Escrivint la taula repetides vegades, canviant l'ordre de línies horitzontals i de columnes, s'aconsegueix finalment d'ordenar talment les dades, que la taula principal és «quasi descomponible» en diverses taules parcials. Tenim apropiades les columnes que corresponen a comunitats concretes molt semblants, i també ocupen una posició pròxima aquelles espècies que sovint ocorren juntes. Ens és possible, doncs, de dir que un cert nombre d'inventaris o d'associacions concretes corresponen a un mateix tipus (abstracte) d'associació i definir grups d'*espècies característiques* d'aquestes associacions abstractes —i indicadores de les corresponents condicions d'ambient.

Aquesta manera de procedir és lenta i pesada. D'altra banda, hi entra sovint una dosi no gens petita de subjectivisme. Impressions particularment fortes rebudes en l'observació de la natura o durant la lectura d'obres d'altres autors poden acolorir els nostres punts de vista quan arriba el moment de resoldre ordenacions dubtoses. Finalment, quan el volum de la informació fonamental creix ràpidament, com ja s'esdevé sovint i és d'esperar que succeeixi més sovint encara en l'esdevenidor, cal recórrer a procediments automàtics i treure fruits de les computadores electròniques. Això ens obliga a formalitzar i objectivar els procediments a seguir. Certament, les màquines ens fan un gran bé en obligar-nos a depurar el nostre llenguatge fins a fer-lo entenedor per elles.

Seguim partint de la taula de doble entrada espècies-inventaris. D'aquesta taula poden derivar-se dues matrius quadrades i simètriques: l'una expressa l'afinitat entre cada parell d'inventaris en la nostra col·lecció; l'altra expressa la tendència a l'associació entre cada parell d'espècies de les representades en la col·lecció d'inventaris. Com a índex en aquestes matrius poden emprar-se els coeficients de correlació estadística senzilla entre les dues sèries de valors corresponents a les entitats comparades. Així, per exemple, si en 5 inventaris expressats sempre en el mateix ordre, l'espècie A és representada per les densitats de població 1, 0, 5, 22 i 12, i l'espècie B per 0, 0, 0, 14 i 7, la correlació entre les dues sèries de valors ens donarà una mesura del grau d'associació entre les espècies A i B. Amb finalitat semblant han estat proposats uns índexs de molt diversa forma, ja que serà certament impossible de calcular una correlació quan només hom té informació sobre la presència o l'absència, però no sobre la densitat real de població.

La matriu d'associació entre espècies i la matriu d'afinitat entre inventaris han partit de les mateixes dades i contenen una informació semblant. En certes condicions és, fins i tot, possible de passar de l'una a l'altra. Calcular totes dues pot ésser redundant, i, en tot cas, representa una inversió excessiva de temps. Posats a escollir, val més començar per la matriu d'associació entre espècies, ja que mentre que el nombre d'inventaris estudiats creix indefinidament, el nombre d'espècies s'apropa a una asymptota. La matriu preferida té, doncs, un caràcter més «definitiu».

Fixem-nos més detingudament en la matriu d'associació entre espècies. Podríem imaginar un espai semimètric en el qual cada espècie fos representada per un punt situat de manera que la distància entre els punts corresponents a dues espècies fos una funció inversa del grau d'associació entre elles. Els grups d'espècies fortament associades entre elles formaran, doncs, constel·lacions o eixams dins aquest espai imaginari. No és gens difícil de trobar criteris per a reconèixer les espècies que hi ha al centre dels eixams més importants, i amb la introducció arbitrària d'una distància límit es poden distribuir totes les espècies entre un cert nombre d'eixams o *grups d'associació*, més un considerable nombre d'espècies que es «fan amb tothom», és a dir, estan feblement associades amb la major part de les altres espècies. Els límits arbitraris que fixem a la definició dels eixams poden variar-se per tenir un nombre de grups que sigui eficient i que permeti d'operar amb ells amb una certa comoditat. En un estudi sobre les algues del plàncton mediterrani hom arribà a quinze grups, suficients en la labor de discriminació d'inventaris i prou homogenis per a ésser un bon indicador de condicions d'ambient.

La finalitat bàsica era la distribució dels inventaris o mostres en tipus de comunitats, i aparentment ens hem desviat d'aquest objectiu:

en realitat hem cobert les etapes prèvies per a apropar-nos-hi. Han estat construïdes una sèrie de «màquines que poden aprendre», i una de típica és l'anomenada *Whirling Dervish*, que ha estat emprada a Nord-amèrica per a classificar fotografies aèries. El principi és el següent: hom dona a la màquina una col·lecció de fotografies representatives d'un tema. La màquina les examina tot superposant-les successivament a cada una d'una sèrie de diapositives que tenen taques negres i transparents de diferent gra i diferent motiu i direcció en cada una d'elles. El grau de superposició es registra òpticament. Igual es fa amb totes les fotografies d'un tema. El tema es caracteritza, en la màquina, per un espectre, una sèrie de valors mitjans de superposició que corresponen a les diverses diapositives fixes-patró. Un altre tema diferent es caracteritzarà per un altre espectre. Ara: si donem a la màquina una fotografia-problema, la màquina pot donar la probabilitat estadística que aquesta fotografia pertanyi a un o a un altre dels temes que la màquina ha «estudiat».

Imaginem que tenim unes targetes perforables en les quals cada posició correspon a una espècie o a un grau d'abundància d'una espècie. Cada targeta pot servir per a registrar la composició d'una mostra, o inventari, perforant les posicions que corresponen a les espècies presents i als graus d'abundància corresponents. Tractem d'aplicar el principi del *Whirling Dervish* a la classificació d'aquestes targetes en paquets, cada un dels quals ha de correspondre a un tipus de comunitat o comunitat abstracta. Podem pensar a examinar les targetes inventaris per superposició òptica sobre una sèrie de targetes-patró. És clar que la màxima discriminació s'obté utilitzant tantes targetes-patró com espècies, o com graus d'abundància total. Així retornem directament a la matriu d'afinitats entre inventaris. Nosaltres desitgem una solució intermèdia: reduir el nombre de targetes-patró per fer la feina més ràpida, però no perdent massa capacitat de discriminació. La solució consisteix a reunir en una targeta-patró totes les espècies que formen part d'un grup d'associació, espècies que van habitualment juntes i la presència de les quals té un significat redundat.

Tornant al problema pràctic de l'estudi de comunitats planctòniques, podem registrar ràpidament la composició de les comunitats observades sobre targetes (per exemple, les *Port-a-punch*, d'IBM) i després caracteritzar cada inventari per un espectre que dona el grau relatiu de coincidència de les perforacions de la targeta pròpia d'aquell inventari, amb la sèrie de quinze targetes-patró que corresponen als quinze grups d'associació definits prèviament, després d'un estudi de la matriu d'associació entre espècies.

El mètode és d'una sensibilitat extraordinària per a un estudi ràpid dels «núvols» de plàncton, i ha estat incorporat a un complex d'aparells

i de mètodes, actualment en desenvolupament, destinats a l'estudi continu de les poblacions planctòniques i a una interpretació i avaluació ràpida dels resultats.

DISCUSSION

Dr. ORIOL DE BOLÒS

Quin grau de continuïtat ha estat apreciat en el plàncton?

Dr. MARGALEF

Un grau molt notable, possiblement major que en la vegetació terrestre. Potser per això l'anàlisi a base d'un espectre de grups d'espècies associades sembla ésser més útil que una sistematització de comunitats senceres.

Dr. SURINYACH

L'interès que tenen en el camp de la biologia marina els treballs del doctor MARGALEF és extraordinari i ha estat internacionalment reconegut. L'exposició d'avui és només una petita mostra o aspecte d'aquests treballs.

Jo voldria remarcar l'interès general per a la SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA i per a alguns dels seus membres en particular dels mètodes emprats, fins i tot considerats en abstracte. El doctor MARGALEF ha creat una sèrie d'aparells per a treballar en procés continu i en forma automàtica introduint tècniques modernes, com computadors de grandària, isotops marcats, fitxes perforades, etc., que per ells mateixos i per la forma estrictament científica com estan acoblats constitueixen una obertura d'idees i són susceptibles de possibles aplicacions per a molts de nosaltres. Per això, em permeto de suggerir l'interès que tindria que un grup de membres de la SOCIETAT CATALANA DE BIOLOGIA pogués traslladar-se a l'Institut d'Investigacions Pesqueres i veure el laboratori del doctor MARGALEF en plena activitat.

Dr. MARGARIT

M'adhereixo a la proposició del doctor SURINYACH i pregunto al doctor MARGALEF si el mètode matemàtic exposat té alguna similitud amb l'anàlisi factorial.

Dr. MARGALEF

Efectivament, amb aquests procediments podem anar a parar a l'anàlisi factorial. El problema amb l'anàlisi factorial en aquest cas concret és que els factors que surten són una mica fantasmals en el sentit que és difícil de donar-los contingut. I si el tenen obvi, com en certes combinacions de temperatura i de salinitat, hom s'adona que més aviat es tracta de causes incògnites associades amb determinades masses d'aigua, que no pas d'efectes de temperatura i de salinitat per si.