

TAXONOMIA I EVOLUCIÓ EN ELS BACTERIS

per J. SANCHO i VALLS

1. LA CRISI DE LA TAXONOMIA BACTERIANA

La taxonomia en les ciències naturals és sempre únicament una forma més o menys elaborada de l'activitat espontània derivada de l'observació de les coses. Comença per distingir entre coses iguals i diferents, continua donant un nom a cada grup de coses iguals i finalment pretén d'incloure ràpidament dins un dels grups una cosa o objecte observat per primera vegada. És a dir que classificació, nomenclatura i identificació són les tres parts de la taxonomia.

És possible que els fonaments i mètodes de la taxonomia com a disciplina lògica només hagin estat considerats fins avui pels matemàtics. Mentrestant, d'altres la practiquen d'una forma professional, sobre diferents tipus d'objectes i ho fan d'acord amb regles més o menys admeses per tothom o quasi tothom de l'ofici, però d'una manera que recorda més la forma de fer dels artistes que no pas la dels científics. Tal com és practicada pels microbiòlegs, la taxonomia és un art basat fonamentalment en les idees d'un aspecte particular del món —els bacteris— després de tenir-ne una experiència prolongada. L'acostumat a classificar enterobacteris sovint identifica soques amb seguretat com a *E. coli*, *Pr. morgani*, etc., sense que sigui necessari que tinguin les característiques que serveixen per a descriure aquests tipus d'organismes en els llibres.

Per a classificar, el microbiòleg no ha aconseguit de trobar prou característiques de les anomenades per botànics i zòlegs com a taxonòmicament distintives: ha d'emprar un conjunt de moltes característiques per a fer cada grup, i, en tot cas, la incidència de cadascuna de les característiques no és mai absoluta. Els grups formats resulten fluctuants i altament dependents del nombre i del tipus particular de soques utilitzades per a formar-los. D'ací que la classificació i identificació resultin molt sovint dificultoses.

La nomenclatura emprada en microbiologia és una translació de la

utilitzada en botànica, per bé que hom hi afegeixi normes de la terminologia zoològica, i no sabem exactament què vol dir el gènere *Escherichia* ni l'espècie *coli*, però no restem tranquils fins que aquests termes o d'altres semblants poden ésser aplicats a una soca determinada. La nomenclatura binomial és sotmesa a unes regles i normes per les quals vetlla un Comitè Internacional de Nomenclatura i Taxonomia que actualment és considerat totalment inútil per la majoria de bacteriòlegs d'arreu del món.

Aquesta és la situació de l'art que molts microbiòlegs estan obligats a aplicar dia a dia com a objectiu principal de llur professió. Com a conseqüència d'això, ha aparegut un complex d'inseguretat que els manté vivament inquiets, i només calen uns exemples per a transferir aquesta inquietud als més sortosos que es dediquen a altres branques de la bacteriologia confiant innocentment en els taxonomistes. Potser el cas extrem es dona en els bioquímics, que no solament creuen en els taxonomistes quan suposen que és molt clar el que vol dir *Escherichia coli*, sinó que mai no han tingut interès per saber què és això tan clar i obvi. A aquests potser els exemples que exposarem immediatament tampoc no els serviran de res.

KAUFFMANN ⁶, un insigne especialista en enterobacteris, responsable de la inclusió de certs grups d'espècies a la darrera edició del *Bergey's Manual* de l'any 1957, publicà un llibre que ja és clàssic, sobre la bacteriologia de les espècies de *Salmonella*, el 1961. Des d'aquesta època, aproximadament, és membre del Comitè Judicial Internacional per a la Nomenclatura i Sistemàtica de les *Enterobacteriaceae*. Ara, el 1971, després de deu anys de judicis i modificacions dins aquesta família de bacteris, ha publicat una obra sobre la taxonomia general i la de *Salmonella* en particular, que ell anomena *Die neue Realitätstheorie*, en la qual, entre altres, arriba a les conclusions següents:

a) A la natura no hi ha sinó espècies i, per tant, qualsevol altra categoria és totalment artificial i no cal fer-ne cas.

b) Fins ara les espècies han estat mal definides, per no dir que ni tan sols no han estat definides. Llavors, tot allò que fins ara era denominat així, àdhuc al *Bergey's Manual* ³ —on ell mateix ho definia— cal que sigui desconsiderat i, naturalment, cal tornar a començar d'una altra forma.

c) La classificació no la pot determinar cap comitè o subcomitè, nacional o internacional, puix que, com en qualsevol altre problema científic, no hi val decidir per majoria ni tan sols per unanimitat de cap comissió. Vist així, aquests comitès són totalment inoperants.

COWAN ^{4, 5}, després de vint anys de taxonomia, arribà a una sèrie de conclusions que ell mateix anomena com de «Taxonomia herètica», i que es poden resumir de la manera següent:

d) No sembla possible d'establir jerarquies entre els bacteris, per tal

com llurs interrelacions són prou complicades perquè qualsevol assaig de fer-les (les jerarquies) ens allunyi de la realitat.

e) L'actual taxonomia bacteriana és confusa per molts motius, entre els quals sobresurten les diferències de tècniques, les descripcions ambigües, noms no adequats perquè segueixen regles que no són escaients i, sobretot, per una extraordinària manca de criteri sobre el que cal definir o descriure, és a dir, la unitat taxonòmica, es digui soca, espècie, gènere o taxó innominat.

El taxonomista experimentat sap que coneix una realitat, com l'artista capta una manifestació estètica, però, com passa sovint en aquest darrer, cau rendit davant la impotència de manifestar-la adequadament.

L'evolució fou presentada inicialment com una teoria per a explicar l'origen de les espècies, i per tant pressuposa que aquestes estiguin normalment establertes segons el principi avui encara vàlid de conjunt d'individus morfològicament semblants que es reproduïxen habitualment entre ells dins poblacions naturals, i que només deixen de fer-ho quan estan isolats per barreres geogràfiques. Cal tenir en compte les diferències que hi ha entre els éssers superiors i els bacteris, o, si hom vol, entre els eucariotes i els procariotes, però el concepte d'espècies no és aplicable als bacteris.

Volem assenyalar que un dels problemes més destacats del pensament actual en microbiologia és la crisi total dels sistemes de classificació, incloent-hi la validesa de les categories taxonòmiques. És quasi segur que en un estat de coneixements com el que tenim avui, si tots els éssers vius es comportaven com els bacteris no hi hauria espècies, ni la menor necessitat d'inventar-les, i llavors, òbviament, hom no hauria escrit mai cap llibre que digués l'origen de les espècies, i, si s'hagués arribat a fer, és evident que no hauria tingut cap transcendència sobre el pensament biològic ulterior.

2. GRUPS POLITÈTICS

Per la manca de característiques taxonòmicament distintives, els microbiòlegs han d'estudiar en els bacteris un gran nombre de trets fisiològics, ecològics i culturals per tal de fer-se càrrec dels tipus i després identificar els bacteris com hom identifica el seu amic o el seu gos i no com identifica un capità d'artilleria, un vigilant o un guàrdia civil. I d'aquí les dificultats de la taxonomia bacteriana.

El bacteriòleg treballa amb soques (és a dir, amb cultius purs o poblacions clonals aïllades), i sobre elles ha d'edificar el concepte d'espècies. Fins ara, en gairebé tots els sistemes de classificació de bacteris, l'espècie restava entesa com un conjunt de soques prou semblants entre elles ma-

teixes com per a diferenciar-les d'altres grups. Llavors només cal establir la semblança de les soques: comparar totes i cadascuna de les característiques i veure fins a quin punt una soca s'assembla a les altres o en difereix.

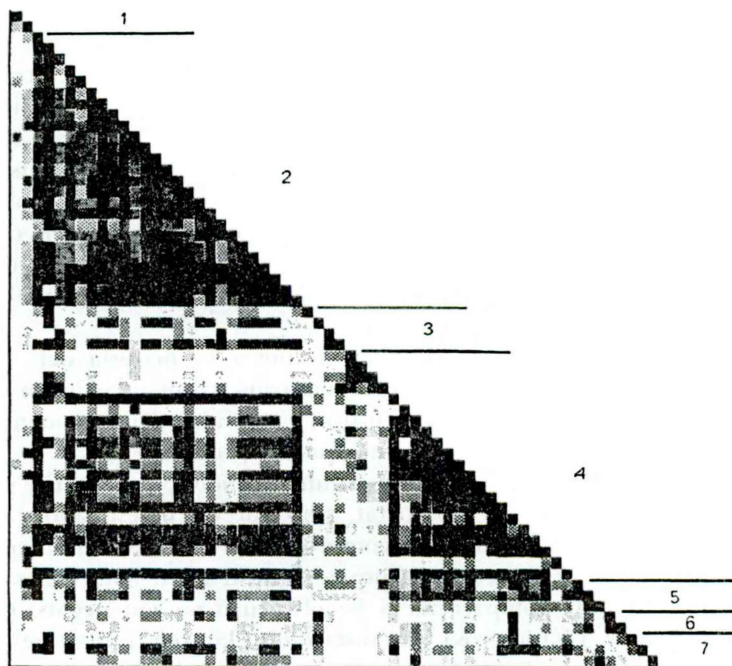
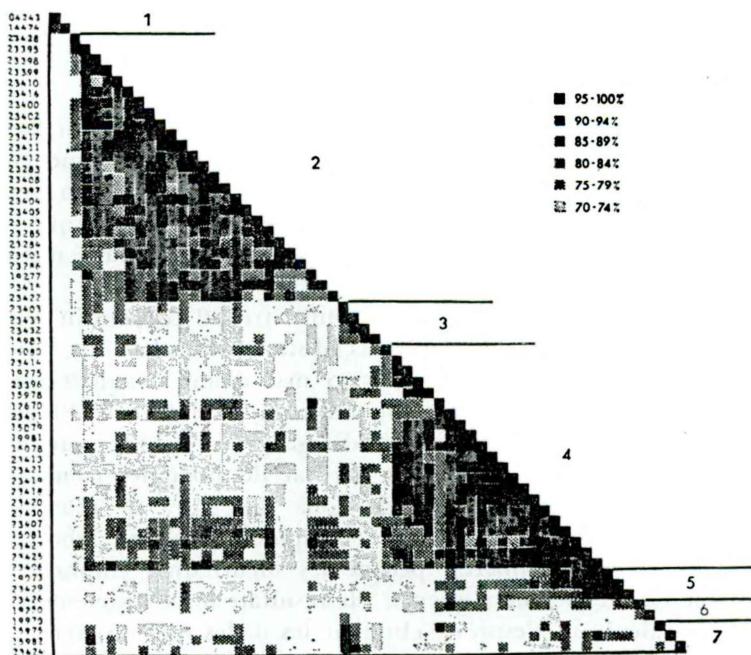
Aquest tipus d'arranjament ja fou establert el 1757 per MICHEL ADANSON, naturalista francès que preconitzava aquest sistema de moltes característiques simultànies com a independent de la seva significació taxonòmica. L'únic inconvenient és que el mètode és extraordinàriament llarg i enutjós per la quantitat de dades amb què cal treballar. En part per això, però sobretot pel l'èxit del sistema linneà, aquesta taxonomia adansoniana no tingué difusió i restà oblidada gairebé fins a la meitat del nostre segle.

A partir dels anys 50, ajudada per la difusió dels ordenadors electrònics, que facilitaven la seva aplicació, i també per la inquietud dels taxonomistes, fou ressuscitat aquest sistema de classificació, el qual, pel fet que tractava totes les dades en forma de xifres, fou rebatejat amb el nom de «Taxonomia numèrica».

Arribats en aquest punt, la majoria dels taxonomistes bacterians veïren el cel obert. Semblava que el sistema numèric fos pensat per als bacteris, puix que emprava un gran nombre de dades i, el que era més important, permetia o semblava permetre l'establiment d'un sistema de grups politàtics molt més correctes que els monotètics que fins llavors hom pretenia de fer servir. Sembla una mica absurd que si per a poder definir una soca cal descriure'n una gran quantitat de característiques, per a agrupar aquestes soques hom n'empri només unes quantes i de mica en mica introduïdes progressivament per un sistema de categories. Hom ha arribat a incloure a la darrera edició del *Bergey's* una clau gairebé dicotòmica de gèneres. D'aquesta forma, cada taxonomista podria fer la seva classificació pròpia amb una combinació predeterminada de característiques-clau. Només caldria provar estadísticament que la combinació de característiques-clau es manté amb una alta probabilitat dins unes soques, que naturalment poden ésser seleccionades prèviament. La referida clau de gèneres només és vàlida per a classificar les espècies del *Bergey's*, no les que hom pot trobar a la natura.

A mesura que va passant el temps són més els taxonomistes convençuts que la numèrica és l'única taxonomia que, dins la sistemàtica de bacteris, ens pot acostar a la realitat, bé que en els moments actuals encara en som bastant lluny.

Potser perquè la base matemàtica no està prou desenvolupada (o potser sí que ho està; el que passa és que no ha estat ben entesa pels seus practicants), la veritat és que els estudis de taxonomia numèrica que han estat fets fins ara amb els bacteris no semblen aportar sinó una miqueta més de confusió a la ja existent. Probablement això és perquè la influèn-



FIGURES 1 i 2. — *Matrius de similitatats*. En la primera matriu les 60 soques estan ordenades per la similitat de les 140 proves recopilades entre tots el laboratoris, i sembla que hi ha dos grups clars i cinc de no tan clars. A la figura 2 (Matriu E) la matriu segueix el mateix ordre, però amb similitatats calculades d'acord amb les dades trameses pel laboratoris (17 proves)

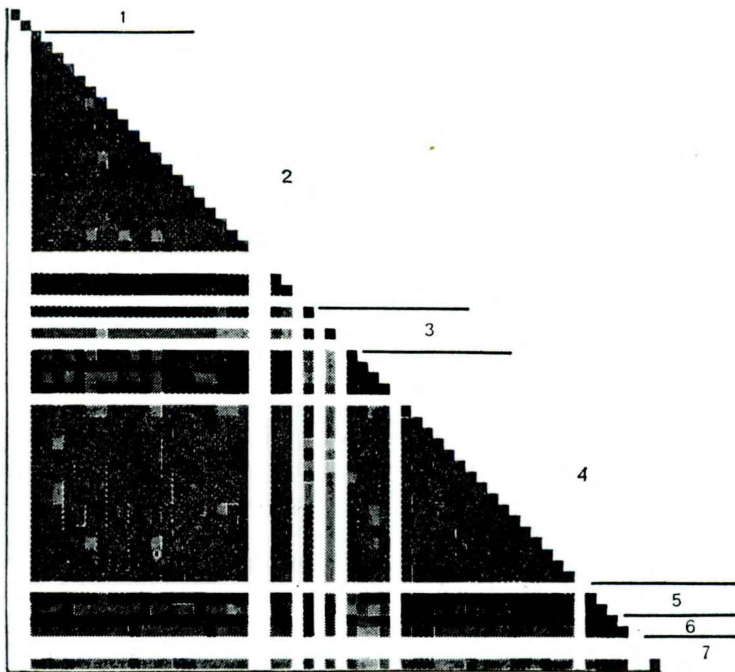
cia del sistema linneà i del Codi Botànic ens han deixat un llast tan pesant que sempre ens afanyem a interpretar els resultats que ens ofereix l'ordenador amb el prisma linneà. I això encara quan hom porta el sistema matemàtic fins al final, que no és gaire freqüent, perquè el normal és d'interrompre'l a mig treballar per tal d'acabar amb mètodes molt més subjectius.

Com a exemple pot servir un magnífic treball cooperatiu publicat pel juny de 1971 ¹³, en el qual deu especialistes en micobacteris, volent millorar la posició taxonòmica d'un grup mal definit d'aquests organismes, decidiren de fer una anàlisi taxonòmica un xic informal. El material de partida foren 60 soques, la majoria del grup mal definit, però també n'hi foren incloses d'altres conegudes per tal de poder-les comparar. Totes elles foren liofilitzades, i hom els donà una xifra de referència. Cada investigador en rebé una col·lecció completa en el seu laboratori i fou deixat en completa llibertat perquè les identifiqués emprant les tècniques que ell cregués més adients. Els resultats foren tramesos a un laboratori de càlcul, on, després d'eliminar les dades que no eren apropiades, hom féu una anàlisi numèrica amb les 140 característiques que pogueren ésser recollides. Però, a més, hom féu també les anàlisis corresponents a les dades que havia tramès cada laboratori. De totes les característiques foren eliminades les serològiques que hom emprà per a confirmar l'agrupament numèric; i, naturalment, per a l'anàlisi total ho foren aquelles que eren redundants o reiteratives. Una vegada calculada la similaritat i reordenades les matrius, els resultats foren els de les figures 1, 2, 3 i 4.

A la vista d'aquests resultats és evident que apareixen uns grups en l'anàlisi principal i que certs laboratoris coincideixen en moltes menys proves. Però també és evident que en altres no coincideixen o bé no hi ha grups, i fins i tot hi ha un laboratori, el que dona més dades, que només té un sol grup. D'altra part, la semblança intergrup al és massa gran i en altres massa diferent.

La conclusió que hom en treu és que a la majoria dels laboratoris foren escollides les característiques que, conscientment o inconscientment, se sabia que donaven uns certs grups, i per això l'agrupament no és el resultat de l'anàlisi numèrica sinó que és preestablert.

Naturalment, aquest magnífic estudi taxonòmic cooperatiu no es limita a un arranjament de similaritat, sinó que els investigadors, conscients de la imperfecció del mètode, comproven (o almenys intenten de comprovar) que les tècniques serològiques estan d'acord amb els grups numèrics. Amb aquesta comparació, si bé els grups no són negats, tampoc no són confirmats. L'única cosa que resta molt clara en aquest treball és que per a aquest tipus d'agrupament hom aconsegueix de definir 16 característiques que són suficients per a definir els grups.



FIGURES 3 i 4. — Matrius de similitats fetes pel mateix sistema que la de la figura 1. El codi de representació és el mateix que per a la primera matriu, i les ratlles blanques representen soques que per causes diverses no han pogut ésser comparades

El grup polític⁷, per definició, és l'obtingut sobre unes característiques que hom considera equivalents, però el que aquí hom ha fet és trobar les característiques que per l'anàlisi numèrica permetien d'arribar a uns determinats grups. Es tractaria de treure a la llum allò que l'expert ha considerat en el seu subconscient com a caracterització d'uns tipus biològics.

3. MÈTODES D'AGRUPAMENT

Moltes de les dificultats de la taxonomia numèrica en els bacteris són degudes al fet que els mètodes que normalment són aplicats són rudimentaris. Donant un repàs a la bibliografia dels bacteris és molt fàcil de comprovar que quasi totes les anàlisis numèriques consisteixen en càlculs de les matrius de similitat i un rearranjament posterior d'acord amb aquestes similitats, bé sobre la mateixa matriu, o bé en forma de dendrograma o histograma. És a dir, gairebé no res més que un aparellament senzill on, per a incloure un bacteri dins un grup de similitat, no cal sinó que s'assembli a algun dels que ja hi són. Aquest sistema, que d'altra part és el més difós, com ho prova el fet que llibres amb tant de prestigi com la «Guia d'Identificació» de SKERMAN¹⁰ o el mateix tractat de «Taxonomia Numèrica» de SOKAL i SNEATH¹¹ recomanen d'aplicar-lo als bacteris, porten a una sèrie de resultats confusionistes: hom arriba a tenir un sol grup a nivells relativament alts. Si fan servir poques soques, surten molts grups, i si són moltes, apareix una gradació que no permet de distingir cap grup concret. I aquesta observació és vàlida també per al nombre de característiques amb què cal treballar: si són poques no hi ha definició, i si són moltes hi ha confusió. Per aquest sistema sembla que l'agrupament no depèn tant dels objectes o de llurs característiques com de llur nombre.

Sembla que la tècnica més lògica i versemblant per a poder agrupar els bacteris és la d'aparellament complet, en la qual, per tal de poder incloure un bacteri dins un grup ja fet, cal que la nova soca s'assembli a totes les del grup. Tanmateix, això suposa una sèrie de problemes de càlcul extraordinaris i per a marginar-los hi ha tota una sèrie de variacions i termes mitjans d'agrupament que són anomenats de forma general d'agrupament mitjà. Probablement amb algun d'aquests hom pugui fer una bona aproximació i segons sembla ara ja són els que hom comença a emprar, com podem veure en aquests tres dendrograms de LAPAGE i col·laboradors¹, on són comparats dos sistemes d'agrupament mitjà amb el clàssic de l'aparellament senzill. Aquest treball, que ja dona molta més confiança al mètode matemàtic, acaba fent una estima total-

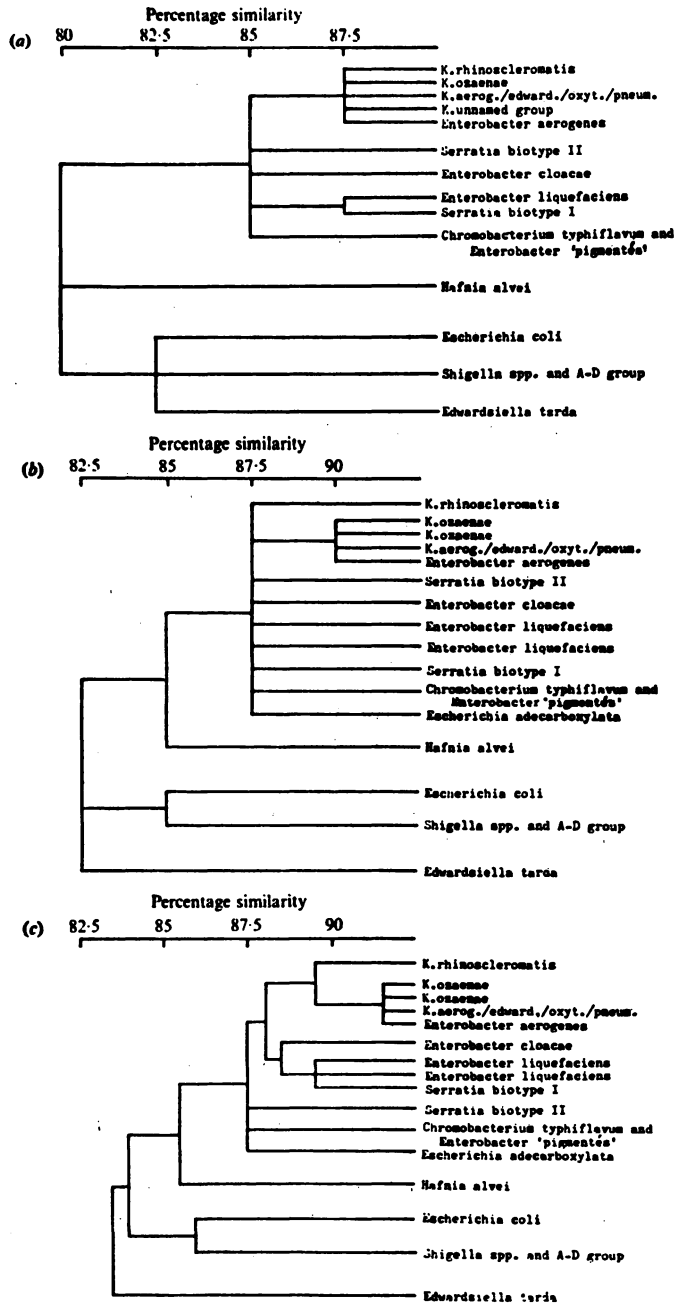


FIGURA 5. — Dendrogrames de comparació. Fets sobre el mateix conjunt de dades i soques (a) per agrupament mitjà; (b) per aparellament senzill, i (c) pel sistema de «l'arbre estès» (un mètode d'agrupament mitjà)

ment subjectiva de quin és el millor agrupament, basant-se en aquest sisè sentit que tenen els microbiòlegs pràctics.

Dins l'anàlisi factorial hi ha totes les tècniques que GOODHALL denominà d'ordinació i que serveixen per a millorar els agrupaments, puix que són molt més elaborades matemàticament. Aquestes tècniques poden ésser emprades per a establir grups, o bé (i aquí potser és on hi ha la millor aplicació) per a discriminar quina de les tècniques bàsiques és la que agrupa millor.

Nosaltres no volem ésser doctrinals en aquesta matèria, perquè creiem que encara no estem prou preparats per a fer-ho; però l'opinió que tenim al respecte és que els mètodes de l'anàlisi factorial encara no han estat prou explotats, i en realitat no sabem si per a nosaltres són millors les tècniques del factor principal o si, potser, el que aniria més bé seria una reordenació per la xarxa de connexió mínima. Però estem convençuts que no cal aportar cap factor subjectiu fins a exhaurir totes les possibilitats que ofereix aquest model d'anàlisi matemàtica.

Amb l'aplicació d'aquestes tècniques hom pot arribar amb una facilitat relativa (i un bon ordenador) a construir models multidimensionals, que un cop reduïts a tres dimensions arribin a expressar d'una forma adequada la distribució que tenen en les n on són elaborats i restin amb un aspecte com aquest de la figura 6, en el qual, a més de la tendència a l'agrupament, hom pot reconèixer perfectament una certa estructura taxonòmica.

Bé que tota la teoria taxonòmica⁸ diu que quan hi ha estructura d'agrupament és molt fàcil de posar-la en evidència, i siguin els que siguin els mètodes que hom empri, s'assemblaran molt, quasi tothom està d'acord que en certs casos resulta més interessant o més clar de fer servir una o altra tècnica per a manifestar-la. En el nostre cas, amb els bacteris sembla que, pel fet que no podem cercar-hi una distribució jeràrquica, els mètodes d'ordinació en un espai multidimensional són els més escaients, puix que ens permeten de fer una estima real de les distàncies taxonòmiques.

Fixant-nos en aquest tipus de model tridimensional podem veure que no apareix cap mena de distribució jeràrquica, sinó que sembla haver-hi una ordinació espectral tant en el sentit d'espectre continu com en el de discontinu.

Hom pot argüir que la distribució espectral cal considerar-la com un artefacte dels mètodes poc desenvolupats; però sempre hi haurà la contrapartida que tot el pensament en taxonomia bacteriana apunta cap aquest tipus d'agrupament, almenys com a la forma que s'apropa més a la realitat. La distribució que donen les anàlisis fetes amb aparellament complet insinuen una estructura taxonòmica, bé que els grups no acaben

de restar definits. Per contra, si hom els aplica les tècniques d'ordenació, poden ésser definits millor per les distàncies i per la freqüència de soques, de manera que un grup pot restar perfectament definit tant per l'aparició de moltes soques separades com per unes poques que restin molt juntes. A més en aquests casos sembla que la xarxa de connexió mínima entre les soques és gairebé la mateixa que entre els grups.

En aquests sistemes no hi ha indicis de quina pugui ésser la categoria taxonòmica dels grups així establerts, ni tan sols si té veritable sentit de parlar de categories, però tanmateix expressa una certa mena de diversitat. A més tota aquesta metodologia ens condueix fins a la possibilitat d'analitzar les característiques de màxima profunditat o de major informació, que seran les que ens permetran d'identificar i catalogar d'una manera convencionalment unívoca les noves soques.

4. SOCA I GRUPS NATURALS

El bacteriòleg només pot treballar amb soques, és a dir, amb poblacions clonals. Aquest és un punt bàsic que cal tenir en compte, perquè és la causa de molta part de la confusió actual, dins les discutides descripcions que serveixen de models de comparació. És una qüestió tan fonamental que tota la importància que hom li doni sempre serà poca.

No podem fer taxonomia si no tenim les característiques ben clares sobre les quals hem d'edificar-la, i aquestes característiques només poden ésser obtingudes d'un cultiu pur. En l'actualitat les tècniques de treball estan molt avançades, però tot i així encara són descrites «espècies» que mai no han pogut ésser mantingudes en cultius purs, i això fins i tot és donat com una característica pròpia. El mateix *Bergey's Manual* n'és ple, i no cal dir que molts dels bacteris avui encara poc coneguts ho són per aquest motiu: no haver trobat la manera de mantenir un cultiu pur. De fet, de les descripcions del *Bergey's* d'autotròfics i anaerobis, no n'hi ha cap que tingui garanties d'haver estat feta sobre un cultiu pur; i, a part d'aquestes, hi ha aquelles de les quals hom diu que no poden ésser mantingudes en aquestes condicions de laboratori. En els moments actuals, és a la ment de tots els bacteriòlegs que la majoria de les descripcions fetes abans del 1920 no eren fetes sobre cultius que mereixessin el nom de purs, per la senzilla raó que les tècniques no ho permetien en la majoria dels casos.

De fet tota la problemàtica en aquest respecte és derivada de la incapacitat material de poder definir l'espècie en el sentit clàssic dins els bacteris, puix que, en mancar el criteri genètic, hom no pot establir els límits del concepte. La manca de reproducció sexual ha estat considerada

una limitació de la variabilitat. La mutació, unida al petit temps de generació i al gran nombre d'individus de les poblacions de bacteris, fou considerada un mecanisme de variabilitat prou potent per a explicar la capacitat adaptativa del microbi. No obstant això, posteriorment han estat descoberts mecanismes de recombinació genètica que han mostrat, en alguns casos de forma rotunda, que les característiques de la descendència d'un sol bacteri depenen del fet que es desenvolupi aïlladament o de forma conjunta amb altres bacteris. En alguns casos, les característiques que poden ésser intercanviades amb facilitat poden ésser una part considerable del genoma. Aquest fet ha convertit l'element fonamental de la taxonomia bacteriana, la soca, en un artefacte, per tal com la seva capacitat evolutiva en els cultius purs serà no solament més restringida que en les condicions naturals, en contra del que calia esperar dels models dels organismes superiors, sinó, a més, totalment artificial.

D'altra part, les possibilitats d'intercanvi genètic entre altres soques són diferents i no hi ha uns límits ben definits entre el conjunt de soques que no poden intercanviar característiques entre elles. Fins i tot, aquests límits poden canviar contínuament. En aquestes circumstàncies, l'agrupament de soques que pot ésser establert basant-se en l'estudi de llurs característiques representarà, principalment, la tendència a uns tipus en algun sentit òptims per a unes determinades condicions del medi ambient. Quan aquest medi sigui molt definit i constant, i, sobretot, si representa unes condicions de desenvolupament axènic, aquest tipus serà molt ben definit, i així s'esdevé en certs grups de soques patògenes. En altres casos serà molt poc definit i es passarà gradualment d'unes soques a altres ben diferents.

D'aquesta manera és relativament fàcil d'adonar-nos que el cultiu pur no és una població natural, però és l'únic camí que ens és ofert per a apropar-nos al que és real i natural, de la mateixa manera que els grups de la taxonomia numèrica és la distribució de soques que s'acosta més al que és natural, tenint en compte sempre les limitacions temporals.

Cal considerar que, en parlar de cultius purs, sembla que hom presuposi que són constituïts per individus equivalents i constantment iguals a ells mateixos, almenys mentre no variï el medi de cultiu. En realitat això no és així en molts casos, encara que hom deixi a part l'aparició de diferents mutants que la selecció periòdica farà que siguin una fracció reduïda de la població.

PARÉS i GUINEA⁹ estudiaren un fenomen d'heterogeneïtat colonial en relació amb la segregació de glutamat, que posa de manifest els sorprenents fets següents: *a*) Un bacteri dona lloc a una població heterogènia, i *b*) dos bacteris diferents donen lloc a una mateixa població.

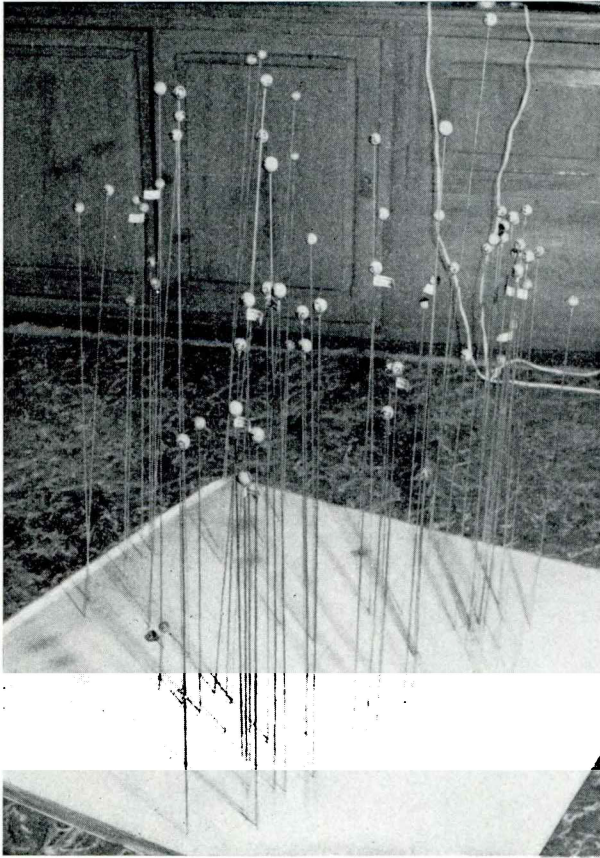


FIGURA 6. — Model tridimensional de la distribució de 66 soques d'enterobacteris en un espai de 60 dimensions. Cada bola representa una soca

A més, sembla perfectament previsible que fenòmens com aquest es donin molt més sovint que hom no creu.

D'altra part, és un fet que ha estat comprovat de forma repetida que hi ha moltes propietats que es perden amb el temps i el subcultiu continuat, com és ara la virulència, la producció de càpsules, etc., sense que per això el cultiu deixi d'ésser pur.

Del que hem dit inferim que les característiques derivades de l'estudi dels cultius purs poden diferir de les corresponents a una població natural definida. Una soca pot ésser un tipus de població que mai més no torni a ocórrer en la natura. L'existència d'un grup natural sembla que només pugui derivar del continuat aïllament i recuperació d'unes soques estretament semblants, si no idèntiques, bé que les característiques dels biotips que es defineixen sobre aquests grups poden diferir de les corresponents del grup natural.

5. L'EVOLUCIÓ EN ELS BACTERIS

Fou a partir que KLUYVER i DONKER anunciaren llur principi de la bioquímica unitària quan tàcitament foren inclosos els bacteris dins l'evolució neodarwiniana establerta per als éssers superiors. A partir del 1943, amb la genètica microbiana i la dels virus, sembla que no hi ha dubte que el mateix mecanisme que ha permès l'evolució a nivells superiors ha donat lloc a la dels bacteris.

Hom considera el conjunt de la diversitat de la vida el resultat d'una sèrie d'estats anteriors diferents i cada cop més simples, bé que en alguns grups particulars, com és ara en els foraminífers, haguessin pogut ésser més complexos en temps passats. El testimoni fòssil constitueix una prova indiscutible d'aquest canvi, però és totalment inaplicable als bacteris. Les restes fòssils són totalment inexpressives, i les de llur activitat, com és ara els dipòsits de ferro i de sofre d'origen bacterià, només indiquen que els tipus més complexos de bacteris són antiquíssims. Cal preguntar-se, doncs, si des de fa molt de temps l'evolució bacteriana no ha representat sinó l'explotació de nous ambients per tipus ja existents prèviament o per adaptacions secundàries que no són gaire més que un cul-de-sac, com és ara el cas de molts bacteris paràsits.

Cal considerar que la hipòtesi més versemblant per a l'origen dels eucariotes és de considerar-los derivats dels procariotes primitius, bé que algú hagi dit que són el resultat de biogènesis diferents sobre la terra. També és versemblant que l'evolució bioquímica tingués lloc fonamentalment en el camp dels procariotes. Hi ha alguns exemples bastant clars d'irreversibilitat de l'evolució en els bacteris, com és ara la regulació

metabòlica dels quimiolitotròfico-nitrificants que els incapacita per a utilitzar la matèria orgànica com a font de carboni i energia si falla algun punt del mecanisme quimiolitotròfic; però, en general, podem suposar que el sentit reversible de l'evolució només està provat en els éssers supe-

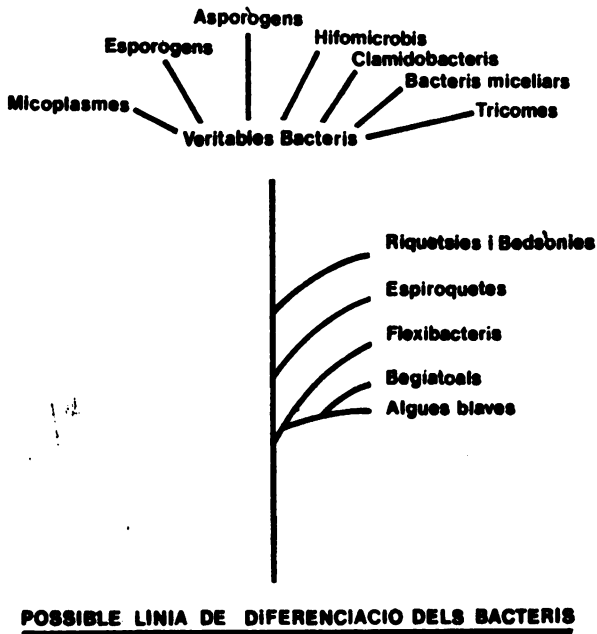


FIGURA 7. — Possible línia de diferenciació dels grans grups de bacteris

riors, bé que entre els inferiors hi hagi uns models d'organització en organismes que no poden ésser transvasats.

El fet que hi hagi un nivell de protistes amb una sèrie de característiques d'organització comunes a procariotes i eucariotes, també és suggestiu de cara a establir llur parentiu i l'existència d'una evolució dins els procariotes.

D'un altre costat, l'evidència cada vegada més abundant que hi ha una uniformitat total en el mecanisme genètic, tant per a eucariotes com per a procariotes, és un punt més que ajuda a convèncer-nos que hi ha una evolució bacteriana, però no en sabem la connexió ni podem fer-ne un arbre filogenètic. Al més que podem arribar és a establir uns models d'organització, sense que tinguin cap sentit temporal, com els de la figu-

ra 7, on podem veure quatre grans grups i dins ells unes certes tirades, i no hi ha cap dubte que són la base dels grans grups de bacteris.

6. SISTEMÀTICA I TAXONOMIA

Ja hem dit abans que la taxonomia és en realitat un art. Bé, doncs: si la taxonomia és un art, la sistemàtica no pot ésser sinó una filosofia, i, en el cas que ara ens ocupa, té el fonament en l'evolució biològica en el sentit que l'entendem avui dia, és a dir, dins la més pura línia neodarwiniana.

Per a entendre això només cal tenir en compte tota la sèrie de punts extraordinàriament peculiars que presenta l'evolució bacteriana, almenys en els nivells de coneixement actual.

En primer lloc hi ha una ignorància total de la pauta que representen els registres fòssils, puix que els pocs que tenim són totalment inexpressius. D'altra part tenim l'evidència que en els bacteris hi ha una reversibilitat d'evolució, que es pot inferir amb una relativa facilitat de totes les dificultats taxonòmiques que hem exposat fins ara, bé que no puguem donar-se cap exemple prou gràfic.

A més hom pot fer la suposició que les dificultats per a establir una taxonomia escaient o tan sols uns grups amb tendències filogenètiques, és gravada pel mateix primitivisme dels bacteris, puix que, si aquests organismes van lligats a tota l'evolució, cal esperar que siguin molt més a prop del punt de partida evolutiu que qualsevol altre dels éssers vius dels quals coneixem la filogènia. I, si és així, és molt possible que les lleis que governen llur esdevenir siguin bastant diferents de les que ara sabem o, almenys, molt mal conegudes encara.

També cal tenir en compte que no hi ha cap motiu per a creure que el medi ambient que permeté la diferenciació existeixi actualment, sinó que cal suposar que era fonamentalment diferent de l'actual, i fins i tot hem d'imaginar que no era totalment estrany al que corresponia a la línia més alta d'evolució de la matèria inorgànica.

BIBLIOGRAFIA

1. BASCOMB, S., LAPAGE, S. P., WILCOX, W. R. i CURTIS, M. A. — *Numerical Classification of the tribe Klebsiellae*, «J. gen. Microbiol.», 66, 279-295 (1970).
2. BERGEY'S, *Manual of determinative Bacteriology* (William Wilkins Co., Baltimore, 1957).

3. COWAN, S. T. — *A dictionary of taxonomical Usage* (Oliver & Boyd, Edimburg, 1967).
4. — *Heretical Taxonomy for Bacteriologists*, «J. gen. Microbiol.», 61, 145-154 (1970).
5. — *Sense and no-sense in Bacterial Taxonomy*, «J. gen. Microbiol.», 67, 1-8 (1971).
6. KAUFFMANN, F. — *Die Moderne Klassifikation und Nomenklatur der Bakterien*, «Current Topics in Microbiology and Immunology», 56 (Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1971).
7. LOCKHART, W. R. i HARTMAN, P. A. — *Formation of monothetic groups in quantitative bacterial Taxonomy*, «J. Bacteriol.», 85, 1061 (1963).
8. LOCKHART, W. R. i LISTON, J. — *Methods for Numerical Taxonomy*, «American Society for Microbiology» (Bethesda, Md., 1970).
9. PARÉS-FARRÀS, R. i GUINEA, J. — *Simposi sobre genètica bacteriana*. «III Congreso Nacional de Microbiología» (Barcelona, 1971).
10. SKERMAN, V. B. D. — *A guide to identification of the genera of bacteria*, William Wilkins Co., Baltimore (1967).
11. SOKAL, R. R. i SNEATH, P. H. A. — *Numerical Taxonomy*, «Prepublicating draft». (The Freeman Co., San Francisco, 1971).
12. STANIER, R. Y., DOUDEROFF, M. i ADELBERG, E. A. — *General Microbiology*, «Prentice Hall», Londres (1971).
13. WAYNE, L. G., DIETZ, T. M., GERNEZ-RIEUX, C., JENKINS, P. A., KÄPPLER, W., KUBICA, G. P., KWAPINSKI, J. B. G., MEISSNER, G., PATTYN, S. R., RUNYON, E. H., SCHRÖDER, K. H., SILCOX, V. A., TACQUET, A., WOLINSKI, E. i TSUKAMURA, M. — *A cooperative numerical analysis of scotochromogenic slowly growing mycobacteria*, «J. gen. Microbiol.», 66, 255-271 (1970).

DISCUSSIÓ

GELPÍ

La taxonomia numèrica pot anar bé aplicada a la química. ¿Pot ésser eficaç en el camp bacteriològic?

SANCHO

Crec que sí. Espero el progrés de la taxonomia bacteriana.

AIGUADER

Si els caràcters considerats no fossin correlacionats, podria ésser que grups acceptats actualment esdevinguessin falsos.

SANCHO

Cal fer una selecció dels caràcters amb una anàlisi de correlació. Fent l'anàlisi en un nombre gran de soques, hom pot arribar a conclusions útils respecte a l'existència de relacions bioquímiques.

PARÉS

Cada nova tècnica taxonòmica impulsa el progrés en el camp dels bacteris. Hom pensa, potser, de cercar en el buit, i potser foren inventades, les categories taxonòmiques a partir d'un cert nivell en l'evolució.

PREVOSTI

¿Quina informació poden donar sobre filogènia els resultats de la taxonomia numèrica?

SANCHO

Hi ha tècniques dedicades a filogènia, però cal que siguin donades dades adients. Hom no pot, de tota manera, decidir la direcció de les línies de pas.

PREVOSTI

Algunes de les tècniques de taxonomia numèrica, ¿no tenen, potser, el problema que, en establir noves relacions, canviï totalment el panorama de la taxonomia? Potser el resultat no és objectiu amb validesa general.

SANCHO

Naturalment, un resultat és vàlid per a un determinat grup de dades. És funció de la informació fornida prèviament.

MARGALEF

No crec que la taxonomia pugui resoldre problemes de filogènia. És un problema semblant a la projecció en el temps de les afinitats de comunitats naturals. El fet de definir grups canalitza, freqüentment, la classificació posterior. Calculem les probabilitats que els nous elements per-

tanyin a un dels grups. El mateix passa en la classificació de comunitats quan hom emprà grups preparats per a d'altres zones.

SANCHO

No podem arribar a una classificació real sense una evidència real.

DOMINGO

Cal, doncs, no prendre massa seriosament la taxonomia.