

Gegants nans

per RICARD GUERRERO i MERCÈ BERLANGA, amb il·lustració de CARLES PUCHE

La major part dels éssers vius són microorganismes, és a dir, organismes invisibles a l'ull nu. Tradicionalment, s'han definit com a organismes tan petits que només són visibles amb un microscopi. El límit de resolució de l'ull humà és d'uns 0,2 mm. Això vol dir que som incapaços de veure de forma individual dos punts que es trobin més propers entre si de 0,2 mm. En canvi, el poder de resolució del microscopi òptic és mil vegades més gran, uns 0,2 micròmetres (o micres; el símbol és μm). Els virus no els podem veure amb el microscopi òptic, però sí la majoria dels bacteris.

Per veure els virus, cal recórrer al microscopi electrònic, o bé de transmissió o bé de rastreig (o d'escaneig). Un microscopi òptic el podem trobar en una aula o un laboratori, i utilitza la llum per ampliar la imatge (fins a un màxim de 2.000 vegades; 2.000 \times). D'altra banda, el microscopi electrònic utilitza un feix d'electrons en comptes de llum per formar la imatge. L'augment d'un microscopi electrònic arriba fins a 2.000.000 \times , amb una resolució d'uns 0,5 nanòmetres (nm). Mentre que amb el microscopi òptic la majoria dels bacteris es veuen com a punts diminuts, amb l'electrònic ja s'hi visualitzen bé fins els virus més petits (d'uns 20 nm), i els talls fins de bacteris mostren la seva ultraestructura. Igualment, els llevats, que són fongs microscòpics i tenen entre 10 i 50 μm , es veuen molt bé. Per comparar les mides, podem pensar que els eritròcits de la sang humana (unes de les cèl·lules més petites del nostre cos) tenen entre 6 i 8 μm .

Encara que el microscopi electrònic de transmissió o de rastreig té molt més poder de resolució, l'equipament dels microscopis electrònics és molt costós, i es necessita que les mostres a observar estiguin mortes i, en molts casos, sotmeses a talls molt fins. Les imatges del microscopi electrònic tenen originalment un color uniforme (per exemple, verd o negre sobre blanc). Les reproduccions multicolor que veiem en llibres o revistes (vistosos bacteris o virus vermells, grocs, blaus, etc.) són producte d'una coloració artificial posterior, i generalment arbitrària.

La mida ens fascina als humans. El mite dels gegants ens ha apassionat des de sempre. Les figures de gegants són presents en multitud de llegendes de gairebé totes les cultures. A més, els humans hem representat freqüentment els nostres déus amb estàtues gegantines. Recordem, per exemple, l'estàtua de Zeus a Olímpia, de Fídies. Molts governants van pagar colossals representacions de si mateixos, en

pedra o en bronze. És un costum mil·lenari, que va des de les enormes estàtues erigides per Ramsès II, fins als grans caps amb «barrets» de l'Illa de Pasqua, o fins als hieràtics quatre bustos presidencials esculpits en la pedra del Mont Rushmore, a Dakota del Sud. També a Espanya en tenen un exemple: l'enorme creu que va construir, a la dècada de 1950, el dictador Franco al Valle de Cuelgamuros, prop de Madrid, amb el treball esclau de molts presos polítics. La creu, sola, fa 150 m, i el turó granític on s'assenta, 150 m més. Com a comparació, la piràmide egípcia de Kheops, la construcció funerària més gran i antiga del món, té «només» 138 m.

«Encara coneixem pocs casos d'espècies bacterianes gegants, potser a conseqüència del poc temps dedicat a estudiar-les»

En la literatura trobem referència als sorprenents canvis de mida d'una persona; per exemple, a *l'Àlícia al país de les meravelles* i a *Els viatges de Gulliver*. Sabem que, en general, els bacteris són petits, i probablement no és per atzar que hagin estat petits durant tota la història evolutiva, des de fa més de 3.500 milions d'anys. Tot i que la majoria de formes bacterianes observades són bacils (bastonets), cocs (esferes) o espirils (helicoidals), els bacteris poden presentar múltiples morfologies, tals com forma de llimona, triangulars, quadrades, filamentoses, estrellades, etc. Dins d'aquesta plèthora de possibilitats, però, la forma és una de les característiques més conservades en cada espècie. El fet que un microorganisme mantingui aquesta uniformitat morfològica implica que l'expressió d'aquesta característica li confereix un avantatge funcional en condicions ambientals diverses. Un bacteri conserva sempre la seva forma i mida adultes, com ho fem tots els vertebrats.

Tanmateix, en determinades circumstàncies, un bacteri o arqueu pot canviar la seva forma habitual, per exemple, quan passa d'una fase de creixement a una altra; com a resposta a canvis nutricionals en el medi; en colonitzar un nou hoste, o bé quan es diferencia en estructures especialitzades, com ara les espores o els heterocists en els cianobacteris. Els biovolums de les cèl·lules procariotes individuals poden



Il·lustració: CARLES PUCHE

variar en un marge de 10 ordres de magnitud, des de $<0,01 \text{ mm}^3$, per als bacteris o arqueus més petits, fins a $200.000.000 \text{ mm}^3$, per als més grans.

Bàsicament, la mida mínima d'un bacteri de vida lliure és aquella que pot albergar tota la maquinària enzimàtica, membranes, proteïnes, àcids nucleics, etc., necessaris per poder multiplicar-se. El límit inferior de la mida d'un bacteri ve determinat per la necessitat de mantenir una adequada velocitat de transport dels nutrients. El càlcul de l'espai mínim requerit per a la multiplicació d'una cèl·lula s'estima que seria una esfera de 250 a 300 nm (0,25 a 0,3 μm) de diàmetre.

Per exemple, *Pelagibacter ubique* (un alfa-proteobacteri marí, trobat al mar dels Sargassos el 1990), té forma de vibrió (com una coma) de 0,4 a 0,9 μm de llarg i no més de 0,12 a 0,20 μm d'ample. És un dels bacteris coneguts més petits, i també un dels més abundants a la Terra (hom calcula que n'hi ha 10^{28} cèl·lules individuals al plàncton marí). Atès que la cèl·lula de *P. ubique* és molt prima, la proporció superfície/volum (S/V) és molt alta, característica compartida amb altres microorganismes presents en ambients oligotròfics (és a dir, pobres en nutrients).

La mida dels bacteris està regida bàsicament pel límit imposat per la difusió dels substrats, que, generalment, es troben a l'ambient en baixa concentració. Un ambient en què hi hagués elevades concentracions de substrats permetria la presència de bacteris més grans, sempre que es donessin altres condicions

favorables. En aquest sentit, podríem generalitzar dos models de gegantisme en bacteris: l'estratègia d'*Epu-lopiscium fishelsoni* (bacteri bacil·lar, que té entre 200 i 700 μm de longitud), o la de *Thiomargarita namibiensis* (bacteri esfèric, que arriba a 750 μm de diàmetre; 0,75 mm). Aquests dos «gegants» són, per tant, visibles a simple vista. En el primer cas, *E. fishelsoni* presenta una complexa estructura de membranes invaginades, que augmenten la relació S/V necessària per a l'intercanvi de nutrients. En el cas de *T. namibienis*, la mida gegantina es basa en la presència d'una gran vacúol, embolcallat per la fina capa que forma el citoplasma.

Tanmateix, encara coneixem pocs casos d'espècies bacterianes gegants, potser a conseqüència del poc temps dedicat a estudiar aquests microorganismes. Però, segurament el gegantisme bacterià no és tan inusual com creiem. Com altres moltes incògnites de la ciència, no ho sabem encara, però de segur que ho sabrem. Aquestes investigacions bàsiques, «inútils» per a diferents organismes subvencionadors de la recerca, són essencials per conèixer els ecosistemes microbians i, en conseqüència, per comprendre l'ecosistema global de la biosfera. El temps ens ho dirà. 🌱

RICARD GUERRERO. Catedràtic emèrit de Microbiologia Universitat de Barcelona i membre de l'Institut d'Estudis Catalans.

MERCÈ BERLANGA. Professora agregada del Departament de Biologia, Sanitat i Ambient, Secció de Microbiologia, Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Universitat de Barcelona.

CARLES PUCHE. Il·lustrador (Barcelona).