

Gigantes enanos

por RICARD GUERRERO y MERCÈ BERLANGA, con ilustración de CARLES PUCHE

La mayor parte de los seres vivos son microorganismos, es decir, organismos invisibles a simple vista. Tradicionalmente, se han definido como organismos tan pequeños que solo son visibles con un microscopio. El límite de resolución del ojo humano es de unos 0,2 mm. Eso quiere decir que somos incapaces de ver de forma individual dos puntos que se encuentran más cercanos entre sí de 0,2 mm. En cambio, el poder de resolución del microscopio óptico es mil veces mayor, unos 0,2 micrómetros (o micras, μm). Con el microscopio óptico no podemos ver los virus, pero sí la mayoría de bacterias.

Para ver los virus, se necesita un microscopio electrónico, o bien de transmisión o de rastreo (o de escaneo). Un microscopio óptico lo encontraremos en una aula o un laboratorio y utiliza la luz para ampliar la imagen (hasta un máximo de 2.000 veces; 2.000 \times). A su vez, el microscopio electrónico utiliza un haz de electrones en lugar de luz para formar la imagen. El aumento de un microscopio electrónico llega hasta 2.000.000 \times , con una resolución de unos 0,5 nanómetros (nm). Mientras que con el microscopio óptico la mayoría de las bacterias se ven como puntos diminutos, con el electrónico ya se visualizan bien incluso los virus más pequeños (de unos 20 nm), y los cortes finos de bacterias muestran su estructura. Igualmente, las levaduras, que son hongos microscópicos y tienen entre 10 y 50 μm , se ven bien. Para comparar tamaños, pensemos que los eritrocitos de la sangre humana (unas de las células más pequeñas de nuestro cuerpo) tienen entre 6 y 8 μm .

Aunque el microscopio electrónico de transmisión o de rastreo tiene mucho más poder de resolución, su equipamiento es muy costoso, y se necesita que las muestras a observar estén muertas y, en muchos casos, sometidas a cortes muy finos. Las imágenes del microscopio electrónico tienen originalmente un color uniforme (por ejemplo, verde o negro sobre blanco). Las reproducciones multicolor que vemos en libros y revistas (vistosas bacterias o virus rojos, amarillos, azules, etc.) son producto de una coloración artificial posterior, y generalmente arbitraria.

El tamaño nos fascina a los humanos. El mito de los gigantes nos ha apasionado desde siempre y su figura está presente en multitud de leyendas de prácticamente todas las culturas. Además, los humanos hemos representado a menudo a nuestros dioses con estatuas gigantescas. Recordemos, por ejemplo, la estatua de Zeus en Olimpia, de Fidias. Muchos

gobernantes pagaron colosales representaciones de sí mismos, en piedra o en bronce. Es una costumbre milenaria, que va desde las enormes estatuas erigidas por Ramsés II, hasta las grandes cabezas con «sombbrero» de la Isla de Pascua, o hasta los hieráticos cuatro bustos presidenciales esculpidos en la piedra del Monte Rushmore, en Dakota del Sur. También en España tienen un ejemplo de esto: la enorme cruz que construyó, en la década de 1950, el dictador Franco en el Valle de Cuelgamuros, cerca de Madrid, con el trabajo esclavo de muchos presos políticos. La cruz mide 150 m y la colina granítica donde se asienta, 150 m más. Como comparación, la pirámide egipcia de Kheops, la construcción funeraria más grande y antigua del mundo, tiene «solo» 138 m.

«Conocemos pocos casos de especies bacterianas gigantes, quizás como consecuencia del poco tiempo dedicado a estudiarlas»

En la literatura encontramos referencias a los sorprendentes cambios de tamaño de una persona; por ejemplo, en *Alicia en el país de las maravillas* y en *Los viajes de Gulliver*. Sabemos que, en general, las bacterias son pequeñas, y probablemente no es por azar que lo hayan sido durante toda la historia evolutiva, desde hace más de 3.500 millones de años. Aunque la mayoría de formas bacterianas observadas son bacilos (bastoncitos), cocos (esferas) o espirilos (helicoidales), las bacterias pueden presentar múltiples morfologías, como forma de limón, triangulares, cuadradas, filamentosas, estrelladas, etc. Dentro de esta plétora de posibilidades, no obstante, la forma es una de las características más conservadas en cada especie. El hecho de que un microorganismo mantenga esta uniformidad morfológica implica que la expresión de esta característica le confiere una ventaja funcional en condiciones ambientales diversas. Una bacteria conserva siempre su forma y tamaño adultos, tal como lo hacemos todos los vertebrados.

Aun así, en determinadas circunstancias, una bacteria o arquea puede cambiar su forma habitual, por ejemplo, cuando pasa de una fase de crecimiento a otra; como respuesta a cambios nutricionales en el medio; al colonizar un nuevo huésped, o bien cuando



Il·lustració: CARLES PUCHE

presenta estructures especialitzades, com les esporas o els heterocistes en les cianobacteries. Els biovolúmens de les cèl·lules procariotes individuals poden variar en un marge de 10 òrdenes de magnitud, des de $<0,01 \mu\text{m}^3$, per a les bacteries o arquees més petites, fins a $200.000.000 \mu\text{m}^3$, per a les més grans.

Bàsicament, el mida mínima d'una bactèria de vida lliure és aquell que pot albergar tota la maquinària enzimàtica, membranes, proteïnes, àcids nucleics, etc., necessaris per poder multiplicar-se. El límit inferior del mida d'una bactèria 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 se estima que seria una esfera de 250 a 300 nm (0,25 a 0,3 μm) de diàmetre.

Per exemple, *Pelagibacter ubique* (una alfa proteobactèria marítima, descoberta en el mar de les Sargasses el 1990) té forma de vibrion (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 una de les bacteries conegudes més petites, i també una de les més abundants a la Terra (se calcula que hi ha 10^{28} cèl·lules individuals en el plàncton marí). Degut a que la cèl·lula de *P. ubique* és molt delgada, la proporció superfície/volumen (S/V) és molt gran, característica compartida amb altres microorganismes presents en ambients oligotròfics (és a dir, pobres en nutrients).

El mida de les bacteries se rigeix bàsicament per el límit imposat per la difusió dels substrats, que, generalment, se troben en l'ambient a baixa concentració. Un ambient amb concentracions ele-

vades de substrats permetria la presència de bacteries més grans, sempre que se donessin altres condicions favorables. En aquest sentit, podríem generalitzar dos models de gigantisme en bacteries: la estratègia de *Epyulopiscium fishelsoni* (bactèria bacilar, de entre 200 i 700 μm de longitud), o la de *Thiomargarita namibiensis* (bactèria esfèrica, que arriba a 750 μm de diàmetre; 0,75 mm). Aquests dos «gigants» són visibles a simple vista. En el primer cas, *E. fishelsoni* presenta una complexa estructura de membranes invaginades, que augmenta la relació S/V necessària per a l'intercanvi de nutrients. En el cas de *T. namibiensis*, el seu mida gegant es basa en la presència d'una gran vacuola, envoltada en la fina capa que forma el citoplasma.

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

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

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

CARLES PUCHE. Il·lustrador (Barcelona).