



Armillaria gallica, un hongo gigante que elude envejecer

Cuando nos referimos a organismos actuales de grandes dimensiones lo primero que imaginamos son animales como las ballenas o árboles como las secuías. Es poco habitual que se nos ocurra pensar en hongos multicelulares del tipo de los champiñones comestibles. La aparición esporádica en el suelo de estos -en realidad, de sus estructuras reproductivas- y su desaparición en poco tiempo hacen pensar que son organismos pequeños y de corta vida. Sin embargo, no sucede ni lo uno ni lo otro. La mayor parte de la biomasa de esos hongos son las *hifas*, unos filamentos microscópicos que constituyen una red llamada *micelio*. Este es el verdadero cuerpo del hongo, y puede ser enorme y muy longevo, pero no suele ser visible porque está principalmente bajo tierra.

En la década de 1980, investigadores de los Estados Unidos y Canadá analizaron el ADN mitocondrial de hongos en una plantación de pinos y sus zonas aledañas, cerca de la localidad de Crystal Falls, en el estado de Michigan, y descubrieron que el micelio de un úni-



Armillaria gallica en un bosque canadiense de la provincia de Ontario. Foto Paul Derbyshire, Wikimedia Commons.

co individuo del hongo *Armillaria gallica* abarcaba unas 37 hectáreas. Estimada su tasa de crecimiento, calcularon que su edad aproximada habría rondado los 1500 años, y su biomasa, unas 100 toneladas. Concluyeron que era el organismo más grande y longevo que existía en la Tierra, algo asombroso considerando que finalmente *Armillaria*, un hongo nativo de regiones templadas del hemisferio norte, es solo una red mayormente subterránea de hifas microscópicas.

Los mismos investigadores realizaron una nueva visita al sitio treinta años después y, mediante el análisis del genoma de *Armillaria*, obtuvieron resultados aún más asombrosos. Las

mutaciones encontradas en las células somáticas del individuo, que reflejan su patrón histórico de crecimiento desde su origen, indicaron que su tasa general de mutación es extremadamente baja, es decir, que se caracteriza por una amplia estabilidad genómica. Concluyeron ahora que su edad alcanza los 2500 años y su biomasa asciende a unas 400 toneladas, bastante mayores que las estimadas inicialmente.

La capacidad de crecimiento de los hongos está condicionada por la disponibilidad de recursos, en particular, por los contenidos por el suelo u otro sustrato del cual obtienen los nutrientes. ¿Sería posible que hubiera hon-



Rizomorfos de *Armillaria*. Foto Eric Steinert, Wikimedia Commons.

gos capaces de aprovechar de forma ilimitada los cuantiosos recursos de un bosque y así perpetuarse en el espacio y el tiempo?

Para contestar esta pregunta, consideremos dos cuestiones: el acceso a nuevas fuentes de alimento implica la necesidad de crecimiento constante, aunque el organismo permanezca en el mismo lugar; y para evitar el envejecimiento se requiere que la división celular, necesaria para el crecimiento del organismo, se produzca sin daños en el ADN, es decir, que el hongo tenga mecanismos de reparación o de evasión de esos daños.

En el caso de *Armillaria*, los rizomorfos -estructuras del micelio en forma de filamentos tubulares constituidas por manojos de hifas-, que crecen por su extremo o ápice y absorben los nutrientes del sustrato, son el órgano de colonización de nuevas fuentes de alimento. Se supone que la capacidad de las puntas de los rizomorfos de moverse por el sustrato impulsadas por la división celular, con su consecuente alargamiento detrás de ellas, es uno de los posibles mecanismos de evitar el envejecimiento. A esto se suma la posibilidad de que las células que perpetúan el linaje reciban ADN antiguo, mientras que las células comprometidas únicamente con el desarrollo local reciban el nuevo. De esta manera las primeras, es decir, las puntas de los rizomorfos, tendrían menos mutaciones que las últimas. **CH**

Sebastián Kravetz

sebastiankravetz@yahoo.com.ar

Más información en DALEY J, 2018, 'This humongous fungus is as massive as three blue whales', *Smithsonian Magazine*, accesible en <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/mushroom-massive-three-blue-whales-180970549/#QczvM46CDJJxzuSf.99>, y en ANDERSON JB *et al.*, 2018, 'Clonal evolution and genome stability in a 2,500-year-old fungal individual', *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, DOI 10.1098/rspb.2018.2233.

Poder mental

Alrededor del 20% de la población mundial vive en condiciones de pobreza. Lo componen personas que generalmente sufren necesidades y se ven a menudo frente a restricciones alimenticias, materiales, de entretenimiento, etcétera. Eso significa que están sometidas a más y mayores situaciones de autocontrol que quienes poseen más alto poder adquisitivo. Todos necesitamos autocontrol para alcanzar metas o para tomar decisiones que permitan mejorar la situación futura a expensas de no satisfacer un deseo o una necesidad inmediata. Pero si bien esa capacidad de controlar los deseos es una de las grandes fortalezas del ser humano, requiere considerable esfuerzo mental.

Un experimento reciente demostró que, a lo largo del día, las personas pierden progresivamente su capacidad de autocontrol a medida que se repiten situaciones que lo requieren. De esta manera, cuanto mayor el número de decisiones sucesivas a tomar por un individuo que requieren autocontrol, menor su capacidad de tomarlas. Es decir, se produce un círculo vicioso, pues una persona sometida a restricciones tiende a tomar malas determinaciones, las que lo someten a más restricciones.

Con el fin de comparar las capacidades cognitivas de personas en situación de pobreza con las de aquellas en buena situación económica, dos grupos de investigadores realizaron sendos experimentos. El primero sometió a los participantes tomar una serie de decisiones de las que unas eran importantes y otras ligeras, y luego evaluó su rendimiento en pruebas diseñadas para medir capacidades cognitivas. Agrupó a los participantes en ricos y pobres, según fuera su nivel de ingreso económico. Los ricos mostraron me-

jor rendimiento que los pobres luego de haber tomado tanto decisiones importantes como ligeras; los pobres, en cambio, exhibieron peor rendimiento cognitivo luego de haber tomado decisiones importantes que el comprobado luego de tomar decisiones ligeras, y en ambos casos los pobres rindieron menos que los ricos.

El segundo grupo experimentó con campesinos de la India antes y después de la cosecha de caña de azúcar. Esos agricultores llegan al momento de cortar la caña con deudas y problemas financieros, y al venderla reciben más del 60% de su ingreso anual, con lo cual entran en una temporada de abundancia y bienestar en comparación con la situación restrictiva anterior a la zafra. El experimento reveló que las mismas personas rinden mejor en las pruebas cognitivas tomadas después de la cosecha, cuando están sometidos a menos situaciones de autocontrol, que en las realizadas antes de ella.

Teniendo en cuenta que nuestro cerebro tiene capacidades cognitivas limitadas, los resultados sugieren que, en personas en situación de pobreza, parte de esas capacidades están comprometidas con tareas que afectan sus decisiones. **CH**

Federico Coluccio Leskow

fedocles@gmail.com

Más información en VOHS KH, 2013, 'The poor's poor mental power', *Science*, 341, 969-970, y en MANI A *et al.*, 2013, 'Poverty impedes cognitive function', *Science*, 341, 976-980, accesibles en <https://science.sciencemag.org/content/341/6149/969> y <https://science.sciencemag.org/content/341/6149/976>.



Antidepresivos durante la infancia

Las hormonas son compuestos que actúan como mensajeros químicos en muchos organismos, pues comunican células y tejidos. La *serotonina* es una *neurohormona*, ya que cumple esa función en el tejido nervioso. Es clave para regular procesos esenciales como la respiración, el metabolismo o la reproducción. En los seres humanos modula, entre otras cosas, el sistema cardiovascular y una amplia gama de funciones de la mente, entre las que se encuentra la *cognición* o capacidad de procesar información del entorno y, por ende, de contribuir a respuestas emocionales ante condiciones desfavorables o estresantes del medio.

La relevancia de la serotonina para el humor de los individuos es tal que en el tratamiento de determinados trastornos emocionales -incluida la depresión mayor y la ansiedad- se utilizan fármacos diseñados con el objeto de incrementar la cantidad de serotonina disponible y así influir sobre el funcionamiento cerebral. Técnicamente se llaman *inhibidores selectivos de la recaptación de serotonina* y su acción consiste en bloquear los transportadores de serotonina encargados de removerla (*recaptarla*) de su lugar de acción una vez liberada. De esta forma, al no haber *recaptación* se prolonga la acción de la hormona. Entre esos fármacos está la *fluoxetina*, que es el principio activo de medicamentos vendidos con diversas marcas comerciales, entre otras, Prozac, de amplia utilización en psiquiatría.

El éxito terapéutico de estas drogas en pacientes adultos no solo se debe a su efectividad sino, también, a que producen limitados efectos secundarios indeseados. Sin embargo, estudios preclínicos -los que se deben hacer con los medicamentos antes de



ensayarlos en seres humanos- llevados a cabo en su mayoría en roedores demostraron que tratamientos realizados durante etapas tempranas de la vida pueden dar lugar, en la adultez, a mayor vulnerabilidad emocional, niveles más elevados de ansiedad y trastornos depresivos.

Una investigación reciente, en la que tomó parte el autor de esta nota, publicada en la revista *Molecular Psychiatry* en mayo de 2019, mostró que los inhibidores de la recaptación de serotonina interactúan durante el desarrollo con las neuronas de la corteza prefrontal del cerebro, la cual se activa durante diversas actividades cognitivas de planeamiento y coordinación. El estudio llevó a concluir que, durante la infancia de los ratones, la formación y la conectividad de ciertos circuitos neuronales de la corteza prefrontal resultan perturbadas por estas drogas. En particular, quedan afectados aquellos circuitos relacionados con las respuestas al estrés y con los estados emocionales, que además tienen la particularidad de contener las neuronas cerebrales que fabrican la serotonina. Los autores también descubrieron una posible causa de este efecto no deseado: el transportador de serotonina, sobre el cual actúan las

drogas que nos ocupan, se encuentra presente en ciertas neuronas de la corteza prefrontal durante un período específico de la infancia.

Junto con la constatación de que las neuronas de la corteza prefrontal alteradas por la exposición a fluoxetina durante el neurodesarrollo inducen cambios en las respuestas emocionales de los ratones adultos, los investigadores advirtieron que la activación de dichas neuronas es suficiente para normalizar tanto los niveles de ansiedad como los trastornos depresivos aun en casos de exposición temprana al antidepresivo.

Una pregunta importante que surge de dicha investigación es si lo constatado en los ratones de laboratorio es extrapolable a los seres humanos. Análisis recientes de tejido cerebral de fetos mostraron que el transportador recaptador de serotonina se encuentra presente en varias regiones de la corteza cerebral durante el desarrollo intrauterino. En consonancia con estos hallazgos, existen estudios clínicos que muestran un incremento en la vulnerabilidad de los individuos a padecer trastornos del humor en la adolescencia y la adultez si fueron expuestos a estas drogas durante la vida intrauterina y la lactancia. Esto hace cuestionar el uso de este tipo de fármacos antidepresivos durante dichas etapas tempranas de la vida. **CH**

Mariano Soiza Reilly

msoizareilly@fbmc.fcen.uba.ar

Más información en Soiza-Reilly M *et al.*, 2019, 'SSRIs target prefrontal to raphe circuits during development modulating synaptic connectivity and emotional behaviour', *Molecular Psychiatry*, 24: 726-745. DOI 10.1038/s41380-018-0260-9.

Origen y evolución de las células eucariotas

Según explica Mathias Germain en la revista francesa *La Recherche*, después de doce años de trabajo, microbiólogos japoneses han logrado por primera vez aislar y cultivar células procariotas (células sin núcleo) pertenecientes al grupo de las *arqueas de Asgard*, unos microorganismos unicelulares que llevan un nombre tomado de la mitología escandinava y viven en las cercanías de fuentes termales submarinas. La comunidad científica los considera apasionantes por verlos como un eslabón esencial en la aparición de células eucariotas (células con núcleo), las cuales caracterizan a cuatro de los grandes grupos de seres vivos popularmente conocidos como reinos: protistas, animales, plantas y hongos. Las arqueas de Asgard presentan secuencias de ADN comunes con las de esos cuatro grupos.

En el árbol de la vida se pueden reconocer tres grandes familias de células: arqueas, bacterias y eucariotas. Las dos primeras carecen de núcleo en que se aloje su ADN y de mitocondrias para producir energía, en oposición a las células eucariotas. Una de las teorías formuladas sobre el origen de las células eucariotas (llamada de *endosimbiosis serial*) postula que son el fruto del encuentro ocurrido hace 2000 millones de años entre arqueas de Asgard y bacterias. La bacteria, englobada por la arquea, habría devenido en la usina de producción de energía de esta. Para confirmar esta hipótesis, los microbiólogos se interesaron especialmente en las arqueas de Asgard, pero hasta el presente no se había podido cultivarlas y se las conocía solo por el estudio de su genoma. El trabajo realizado por los nipones Hiroyuki Imachi y Ken Takai, de la agencia japonesa

para la Ciencia y la Tecnología del Mar y la Tierra, de Yokosuka, cambió el escenario. Los nombrados tomaron muestras de sedimentos del fondo del mar del Japón, recogidos de 2500 metros de profundidad, y las acondicionaron en un biorreactor que imitaba las condiciones de la ventilación de metano en agua profunda. Dejaron que durante cinco años se multiplicaran los microorganismos presentes en el reactor y luego estudiaron las muestras. Los análisis genéticos revelaron la presencia de arqueas de la familia de Asgard, a las que aislaron y cultivaron pacientemente con el fin de que se multiplicaran. Así determinaron que en ellas la división celular se produce cada dos a tres semanas (mientras que las bacterias lo hacen en apenas una hora).

Gracias al cultivo estable logrado después de algunos años de trabajo, el estudio de estas arqueas deparó varias sorpresas. Una fue que no habían llevado al laboratorio una sola especie sino dos viviendo en simbiosis: la primera, bautizada *Prometheoarchaeum syntrophicum*, descompone los aminoácidos y libera hidrógeno, el que alimenta a su acompañante, denominada *Methanogenium*. Esto ayuda a la reducción de la cantidad de hidrógeno y evita que su exceso impida prosperar a la primera arquea. Otra sorpresa fue que la primera tiene una morfología compleja, formada por largos y finos tentáculos en los cuales pueden refugiarse otros microorganismos. ¿Habría esta disposición permitido la simbiosis con una bacteria susceptible de convertirse en una mitocondria?

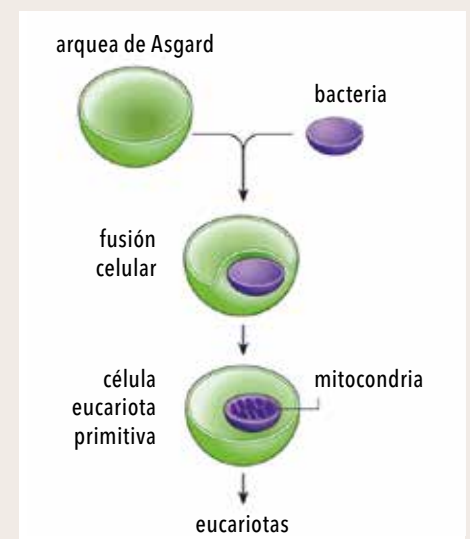
Estos son resultados controvertidos por otros autores, entre ellos el microbiólogo Patrick Forterre, del Instituto Pasteur de París, un especialista en pro-

cariotas para quien el sistema hallado no constituiría un estadio intermedio entre arqueas y eucariotas. De cualquier forma, la proeza realizada por los japoneses permite esperar que el cultivo de otras arqueas lleve a una mejor comprensión del papel desempeñado por esos organismos en la evolución de la complejidad celular de los eucariotas, en estos momentos uno de los principales enigmas de la biología. **CH**

Mariano Martinez

mmartinez@macn.gov.ar

Más información en GERMAIN M, 2019, 'Une équipe japonaise parvient à cultiver des archées d'Asgard', *La Recherche*, 552: 24, y en IMACHI H *et al.*, 'Isolation of an archaeon at the prokaryote-eukaryote interface', *BioRxiv*, DOI 10.1101/726976.



Esquema ilustrativo del encuentro hace 2000 millones de años de una arquea de Asgard y una bacteria, descendientes de un ancestro común universal. Ese encuentro generó una célula eucariota, es decir, una célula con núcleo –como las humanas– que tiene una mitocondria en su interior, fuera del núcleo.