

¿Por qué persiste la reproducción sexual?

Juan Segurola · Todos los derechos reservados

QUE · Artículo 028 · Preguntas sencillas, respuestas profundas · Versión 0.1 ES

Producir descendencia no siempre requiere una pareja. Algunos linajes se reproducen sin fecundación, mientras otros alternan entre modos reproductivos. Aun así, la reproducción sexual sigue muy extendida. Su persistencia se convierte en un problema científico cuando contabilizamos sus costes, en lugar de suponer que todo proceso biológico conocido debe ser la mejor organización posible.

La pregunta no es si el sexo crea variación. Es cuándo las consecuencias de la mezcla genética pueden compensar sus costes en los linajes y condiciones que se comparan. Un beneficio en un entorno no tiene por qué explicar todas las especies, y una explicación del mantenimiento continuado no tiene por qué explicar también el origen inicial del sexo.

1. Especificar la comparación

La reproducción sexual implica meiosis y la unión de contribuciones genéticas mediante la fecundación. El cruzamiento entre individuos une contribuciones de individuos distintos; la autofecundación también implica sexo, pero cambia la comparación genética. Tratar toda autofecundación como reproducción asexual borraría una distinción importante en los experimentos.

Los costes pueden incluir la búsqueda de pareja y la asignación del esfuerzo reproductivo. En una comparación idealizada concreta, un linaje que produce solo hijas reproductoras puede aumentar más deprisa que otro equivalente en los demás aspectos que destina la mitad de su descendencia a hijos. Ese conocido argumento del factor dos requiere sus supuestos: igual producción total de descendientes, igual supervivencia y ninguna contribución compensatoria ni diferencia ecológica. Es un modelo de un coste, no un impuesto numérico universal para todo organismo sexual.

La revisión de Otto destaca que la selección cambiante, las poblaciones finitas y las diferencias de comportamiento reproductivo alteran las condiciones en que puede mantenerse el sexo. [1] Por tanto, explicar un patrón requiere declarar la comparación, no limitarse a nombrar una posible ventaja.

2. La mezcla modifica las asociaciones

La recombinación reorganiza las variantes heredadas. Puede reunir variantes favorables, separar una variante favorable de una vecina desfavorable o deshacer una combinación que ya tenía éxito. Ninguna de estas consecuencias garantiza una mejora en cada descendiente. Un proceso que amplía el abanico de combinaciones puede generar ajustes tanto mejores como peores a las condiciones actuales.

Un ejemplo hipotético concreta la lógica. Dos linajes portan variantes favorables en posiciones distintas. Sin un proceso de intercambio, esas variantes pueden competir en contextos separados hasta que un linaje adquiera de forma independiente el cambio del otro. Con una mezcla genética adecuada, un descendiente puede recibir ambos. Este ejemplo identifica un posible beneficio; no cuantifica la frecuencia de las combinaciones parentales necesarias ni si su combinación mejora realmente la aptitud biológica.

El caso opuesto es igualmente posible en un modelo. Si una combinación concreta funciona especialmente bien, deshacerla puede reducir el rendimiento medio. La pregunta empírica se refiere a la distribución de tales efectos y a la velocidad con que cambian los ambientes y los contextos genéticos.

3. Un adversario cambiante permite una prueba

La coevolución entre hospedadores y parásitos ofrece una hipótesis abordable experimentalmente. Los parásitos pueden volverse especialmente eficaces contra variantes comunes del hospedador, cambiando qué combinaciones de este resultan favorecidas. En condiciones adecuadas, generar combinaciones menos comunes mediante el cruzamiento entre individuos puede ayudar a responder a las poblaciones hospedadoras. Es un mecanismo condicional, no una afirmación de que la rareza siempre proteja a un organismo.

Morran y sus colaboradores compararon poblaciones de nematodos expuestas a ningún patógeno, a una cepa fija de un patógeno o a un patógeno bacteriano que coevolucionaba. En su sistema de *Caenorhabditis elegans*, la coevolución con *Serratia marcescens* mantuvo más cruzamiento entre individuos en las poblaciones capaces de variar su comportamiento de apareamiento. Las poblaciones de autofecundación obligada se extinguieron en el tratamiento de coevolución, mientras persistieron las poblaciones con cruzamiento entre individuos. [2]

Los controles importan tanto como el resultado llamativo. Un desafío infeccioso fijo y un adversario que evoluciona son ambientes distintos. Si ambos se denominaran simplemente «presencia de parásitos», se ocultaría la prueba del cambio continuado que realiza el experimento. El resultado respalda un mecanismo en ese sistema experimental; no demuestra que los parásitos expliquen toda la reproducción sexual.

4. Por qué el experimento no es toda la respuesta

El estudio compara sistemas de apareamiento de nematodos, contextos genéticos y condiciones experimentales concretos. Un gusano que se autofecunda no es un representante universal de todos los organismos asexuales. Tampoco la persistencia durante el experimento establece que una ventaja observada se mantendría idéntica en todos los ambientes y escalas temporales.

Esta limitación no debilita el experimento. Hace identificable la inferencia. Los investigadores modificaron un factor causal propuesto y midieron una respuesta distinguiendo alternativas pertinentes. Extender la explicación requiere comparaciones en otros sistemas, no simplemente repetir la conclusión a mayor escala.

Otros modelos destacan el destino de las mutaciones perjudiciales o la capacidad de combinar cambios ventajosos. Estas propuestas no son automáticamente excluyentes. Su importancia puede depender del tamaño de la población, las asociaciones genéticas y la variación ambiental. La existencia de varios mecanismos plausibles es una razón para buscar mediciones que permitan distinguirlos, en lugar de declarar que la variación por sí sola ha resuelto el problema. [1]

5. Una ventaja necesita la escala temporal adecuada

Un modo reproductivo puede tener un beneficio numérico a corto plazo y crear posibilidades diferentes a más largo plazo. A la inversa, un proceso que a veces ayuda a las poblaciones a adaptarse no tiene por qué extenderse simplemente porque ayudaría a una población futura. Una explicación evolutiva debe conectar sus consecuencias con la transmisión real de las variantes que afectan a ese proceso.

Consideremos dos poblaciones hipotéticas que empiezan con 100 individuos reproductores. Si una se duplica en cada intervalo y la otra aumenta por un factor de 1,5, tras cinco intervalos sus tamaños serían 3200 y aproximadamente 759, omitiendo todos los efectos de densidad. Una ventaja posterior tendría que evaluarse frente a esa diferencia ya acumulada. La aritmética no describe tasas reales de crecimiento sexual y

asexual; muestra por qué una promesa vaga de adaptabilidad futura no puede sustituir una comparación explícita.

La misma cautela se aplica al examinar los linajes supervivientes. Los organismos disponibles para estudiar descienden de poblaciones que persistieron. Inferir una superioridad universal de su mera existencia corre el riesgo de ignorar alternativas extinguidas y los ambientes que las filtraron.

6. Qué sigue sin resolverse

Disponemos de mecanismos capaces de hacer ventajosa la mezcla genética y de experimentos que respaldan algunos de ellos en condiciones especificadas. No disponemos de un único beneficio establecido que se aplique por igual a todos los linajes. La importancia relativa de los costes, los parásitos, la mutación, la recombinación y las circunstancias ecológicas sigue siendo una cuestión para sistemas concretos.

El sexo persiste porque sus consecuencias pueden resultar favorecidas a pesar de sus costes, no porque cada descendiente sexual mejore o porque los organismos planifiquen colectivamente los cambios futuros. La enseñanza más profunda es que producir variación y explicar por qué se mantiene un proceso que la produce son tareas científicas distintas.

Lectura relacionada

El artículo 027, «¿Por qué puede persistir la resistencia tras dejar de usar un antibiótico?», examina otro caso en que el contexto genético y la transmisión impiden una predicción sencilla a partir de la selección por sí sola. El vínculo es opcional y recíproco.

Referencias

[1] S. P. Otto. The evolutionary enigma of sex. The American Naturalist 174, suplemento 1, S1-S14 (2009). <https://doi.org/10.1086/599084>

[2] L. T. Morran, O. G. Schmidt, I. A. Gelarden, R. C. Parrish II and C. M. Lively. Running with the Red Queen: Host-parasite coevolution selects for biparental sex. Science 333, 216-218 (2011). <https://doi.org/10.1126/science.1206360>