

¿Por qué los seres vivos envejecen a ritmos distintos?

Juan Seguro · Todos los derechos reservados

QUE · Artículo 032 · Preguntas sencillas, respuestas profundas · Versión 0.1 ES

Una vida larga y un envejecimiento lento no son la misma medición. Un organismo puede morir joven porque su ambiente es peligroso aunque su riesgo de muerte no haya aumentado mucho con la edad. Otro puede sobrevivir mucho tiempo y mostrar un deterioro pronunciado relacionado con la edad. Antes de preguntar por qué las especies envejecen de manera diferente, debemos decidir si comparamos la duración de la vida, la tasa de cambio funcional o el riesgo cambiante de muerte entre los supervivientes.

Esta distinción importa especialmente entre organismos muy diferentes. La historia vital de un mamífero conocido no es una plantilla universal para un árbol, un invertebrado o un organismo de crecimiento clonal. La propia unidad cuya edad se mide puede requerir una decisión.

1. Un riesgo condicionado a haber sobrevivido

La mortalidad a una edad especificada se refiere a los individuos que siguen vivos a esa edad. Es distinta de la fracción de la población original que ya ha muerto. Una curva de supervivencia puede disminuir continuamente aunque el riesgo de cada individuo superviviente sea constante.

Consideremos una población inventada en la que cada superviviente tiene una probabilidad del 10 por ciento de morir durante cada intervalo anual, con independencia de la edad. Partiendo de 1 000 individuos, el número esperado tras diez intervalos es $1\,000 \times 0,9^{10}$, aproximadamente 349. Muchos han muerto, pero el modelo no incluye ningún aumento del riesgo con la edad. Por tanto, una disminución del número de supervivientes no demuestra por sí sola senescencia demográfica.

Comparemos ahora una población cuyo riesgo anual aumenta de un intervalo al siguiente. Su patrón por edades contiene un fenómeno distinto, aunque ambas poblaciones tengan por casualidad la misma duración media de vida. Un único promedio condensa información que el patrón específico por edad conserva.

2. La diversidad es una observación, no una excepción que eliminar

Jones y sus colaboradores compararon patrones estandarizados por edad de mortalidad y reproducción en diversos animales y plantas. Encontraron trayectorias crecientes, aproximadamente constantes, decrecientes y más complejas, en lugar de una única forma universal. [1] Esto no implica que algún organismo sea inmune al daño o pueda sobrevivir a cualquier peligro. Significa que no puede suponerse sin más para toda la vida el patrón conocido de una mortalidad adulta que aumenta de forma continua.

Los datos comparativos también tienen límites. Las especies difieren en cómo se observan, en si los registros proceden de condiciones protegidas o naturales y en cómo se establece la edad o la etapa. Una curva reconstruida a partir de observaciones limitadas no tiene la misma certidumbre en todos sus puntos, especialmente cuando quedan pocos individuos viejos. Esas limitaciones deben matizar la comparación sin convertir todos los patrones en magnitudes incognoscibles.

El resultado útil es un cambio en lo que se exige a la explicación. Una teoría debe dar cuenta de la diversidad, no limitarse a explicar una curva y etiquetar cualquier otra forma como anómala.

3. Daño, mantenimiento y organización

A escala celular, la investigación del envejecimiento estudia cambios que interactúan en los genomas, las proteínas, los orgánulos, la señalización y la renovación de los tejidos. El marco actualizado de rasgos distintivos propuesto por López-Otín y sus colaboradores organiza doce procesos candidatos, entre ellos la inestabilidad genómica, la pérdida del mantenimiento de las proteínas, la disfunción mitocondrial y la comunicación celular alterada. [2]

Un marco de mecanismos no es una lista ordenada que demuestre que el primer elemento causa todos los demás. Los procesos pueden interactuar y su importancia puede diferir entre tejidos, organismos y condiciones. Una intervención que modifica una característica medida puede actuar por varias vías. Establecer el orden causal es más difícil que documentar que múltiples cambios acompañan a la edad.

La reparación también tiene un objetivo y un coste. Mantener un componente no preserva automáticamente el organismo completo, del mismo modo que sustituir una pieza de un dispositivo complejo no establece que todas las demás sigan en buen estado. La analogía solo es útil para distinguir el mantenimiento de componentes del funcionamiento del sistema; los organismos también crecen, se remodelan y responden de maneras en que una máquina pasiva no lo hace.

4. Las explicaciones evolutivas y las inmediatas difieren

Una explicación inmediata pregunta cómo aparece el daño o cambia el mantenimiento. Una explicación evolutiva pregunta por qué los sistemas heredados con esos patrones persistieron a lo largo de las generaciones. Identificar una lesión molecular no explica por sí solo por qué un linaje evolucionó hacia su inversión concreta en mantenimiento, crecimiento y reproducción.

El razonamiento sobre historias vitales considera esas asignaciones y los ambientes en que se produce el éxito reproductivo. No requiere una decisión consciente del organismo ni un programa universal cuya finalidad sea hacer morir a los individuos viejos. Tampoco puede inferirse un presupuesto preciso de mantenimiento únicamente de la duración de la vida. Una misma duración observada puede surgir de varias combinaciones de fisiología y riesgo externo.

Por tanto, una compensación propuesta entre funciones debe generar una comparación. ¿Cambiar la asignación modifica tanto el resultado reproductivo pertinente como el de mantenimiento? ¿Son esos efectos coherentes entre ambientes? Un relato evolutivo plausible sigue siendo una hipótesis hasta que las observaciones lo distinguen de las alternativas.

5. La comparación puede cambiar con la unidad

En un organismo que produce continuamente módulos nuevos, la edad de una hoja, una rama o un tallo no tiene por qué coincidir con la edad asignada al individuo mayor. El daño de un módulo y la persistencia del linaje pueden coexistir. Una medición de una parte no puede convertirse automáticamente en la tasa de envejecimiento del conjunto.

El mismo problema aparece dentro de los animales a otra escala. Distintos tejidos pueden mostrar trayectorias diferentes, y una medición basada en sangre no revela directamente

el estado de todos los órganos. Un índice puede predecir un resultado en una población estudiada y seguir siendo incompleto como medida mecanística del envejecimiento.

Supongamos que un marcador hipotético disminuye después de una intervención. Eso demuestra un cambio del marcador en las condiciones ensayadas. Sin evidencia adicional, no demuestra una vida más larga, una función conservada o una reducción de enfermedad en todos los tejidos. Distinguir una medida sustitutiva del resultado de interés impide que un resultado prometedor se convierta en una afirmación universal sin respaldo.

6. Qué podemos concluir razonablemente

Los seres vivos difieren en sus sistemas de mantenimiento, su desarrollo, sus circunstancias ecológicas y sus historias vitales. Sus patrones observados de envejecimiento también dependen de lo que se mide y de la población seguida. La demografía comparativa documenta esta diversidad, mientras los marcos moleculares identifican procesos que interactúan y pueden contribuir al deterioro. [1,2]

El problema sin resolver es cómo se combinan esos procesos para producir una trayectoria concreta. No existe una única causa establecida que fije la tasa de envejecimiento de todas las especies, y un resultado en un organismo experimental no demuestra la eficacia de una intervención anti-envejecimiento humana. Una respuesta cuidadosa mantiene conectadas la duración de la vida, el riesgo específico por edad, los mecanismos celulares y las explicaciones evolutivas sin tratarlos como sinónimos.

Lectura relacionada

El artículo 033, «¿Por qué necesitamos dormir?», considera el mantenimiento fisiológico recurrente y la evidencia necesaria para establecer sus funciones. Es una comparación opcional y recíproca, no una afirmación de que el sueño determine todos los patrones de envejecimiento.

Referencias

[1] O. R. Jones et al. Diversity of ageing across the tree of life. *Nature* 505, 169–173 (2014). <https://doi.org/10.1038/nature12789>

[2] C. López-Otín, M. A. Blasco, L. Partridge, M. Serrano and G. Kroemer. Hallmarks of aging: An expanding universe. *Cell* 186, 243–278 (2023). <https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.001>