

Regeneración celular: una segunda oportunidad de vida



HUMBERTO BAHENA

Eumeces schwarzei

Las cabezas de la hidra que resurgen al ser cortadas o las extremidades perdidas en batalla que vuelven a aparecer en algunos seres, no son solo ficciones. Prácticamente todos los seres vivos tienen la capacidad de regenerarse, en especial las plantas. Aunque en grado menor, la regeneración celular también es una característica humana y sus aplicaciones en medicina podrían implicar una nueva oportunidad de vida.

Ficción o realidad

Hércules debió estar nervioso al darse cuenta de que sería difícil vencer a la hidra de Lerna, aquella terrible criatura mitológica con aspecto de serpiente y varias cabezas. Cada vez que el héroe cortaba una de ellas, de inmediato surgían dos. ¡Y qué decir de quienes se hayan enfrentado a los troles! Esas entidades de la mitología escandinava capaces de regenerar miembros cercenados en batalla, incluso órganos vitales. Existen relatos más dramáticos en torno a la regeneración, por ejemplo, el de Prometeo encadenado en una montaña como castigo de Zeus por llevar a la humanidad el fuego de los dioses, condenado a permanecer eternamente ahí, a fin de que un águila se comiera su hígado día a día; para que tal cosa fuera posible, el hígado de Prometeo se restauraba cada noche.

Personajes *místicos* como estos, a quienes las partes perdidas de su cuerpo les crecen de nuevo, habitan en un gran número de narraciones mitológicas, leyendas e historias modernas de ciencia ficción. Aunque pueda sonar descabellado, no es algo tan lejano a la realidad y se presenta en numerosos seres vivos, desde plantas y ani-

males del jardín hasta en nuestro propio cuerpo.

El fenómeno dispara la imaginación y representa desafíos interesantes para la ciencia actual. Se trata de la *regeneración celular* y se refiere al mecanismo por el que un organismo puede volver a formar, de modo parcial o total, un órgano o sección de su cuerpo, incluso constituir un individuo independiente a partir de una fracción. Aunque no ocurre precisamente como en las historias de mitología o ficción, es similar.

Lo que ajolotes, lagartijas y personas tienen en común

Casi todos los seres vivos de la Tierra cuentan con la capacidad de regeneración en algún grado, ya que esta se relaciona estrechamente con la respuesta para enfrentar y reparar un daño o lesión. Hay ejemplos muy conocidos sobre regeneración celular de secciones de ciertos animales, como sucede con las planarias (gusanos planos de vida libre), con diversos peces, o con las salamandras y otros anfibios. Tal vez tengamos presente a la salamandra mexicana, o sea, el ajolote; un animal endémico del Valle de México y famoso por su capacidad de regenerar extremidades y tejidos.

El caso más común es el de reptiles como las lagartijas y otras especies del grupo de los saurios: su cola se regenera con facilidad cuando es desprendida del cuerpo. En realidad es una autoamputación conocida como *autotomía caudal*, que en situaciones de estrés se activa como un mecanismo pasivo de defensa y escape ante un depredador. Tal vez nos haya tocado detener a una lagartija por la cola y quedarnos con esta estructura moviéndose entre nuestros dedos, mientras el animal escapa corriendo. La nueva cola que se les desarrolla es distinta de la original en longitud, color, grosor y a veces en textura, aunque sigue siendo bastante funcional para los procesos vitales en los que se involucra: almacenamiento de energía (lípidos), locomoción y equilibrio, además de que en varias especies es un órgano prensil (gekkos y camaleones).

La regeneración parcial o total de un miembro es un mecanismo biológico complejo; implica la formación de nuevas capas celulares que dan origen a diferentes tejidos, órganos e incluso a un animal completo (aunque esto último nunca ocurre en los vertebrados). El fenómeno se conoce como *apoptosis* y en esencia es la reparación de los tejidos por un proceso natural, en el que las células dañadas se destruyen o mueren de manera controlada para que otras las reemplacen. Lo vemos en las estrellas de mar, que regeneran partes del cuerpo al sufrir una herida o amputación; las hidras de agua dulce –cuyo nombre deriva de la criatura de la mitología griega– y las planarias o gusanos planos, que aun al ser cortadas en pedazos, cada porción puede dar origen a clones totalmente reconstituidos. El modo y nivel de regeneración varía en los grupos de seres vivos, así que mujeres y hombres también nos regeneramos.



Plestiodon tetragrammus con la cola en regeneración.



EDGAR AHMED BELLO SÁNCHEZ

Abronia graminea

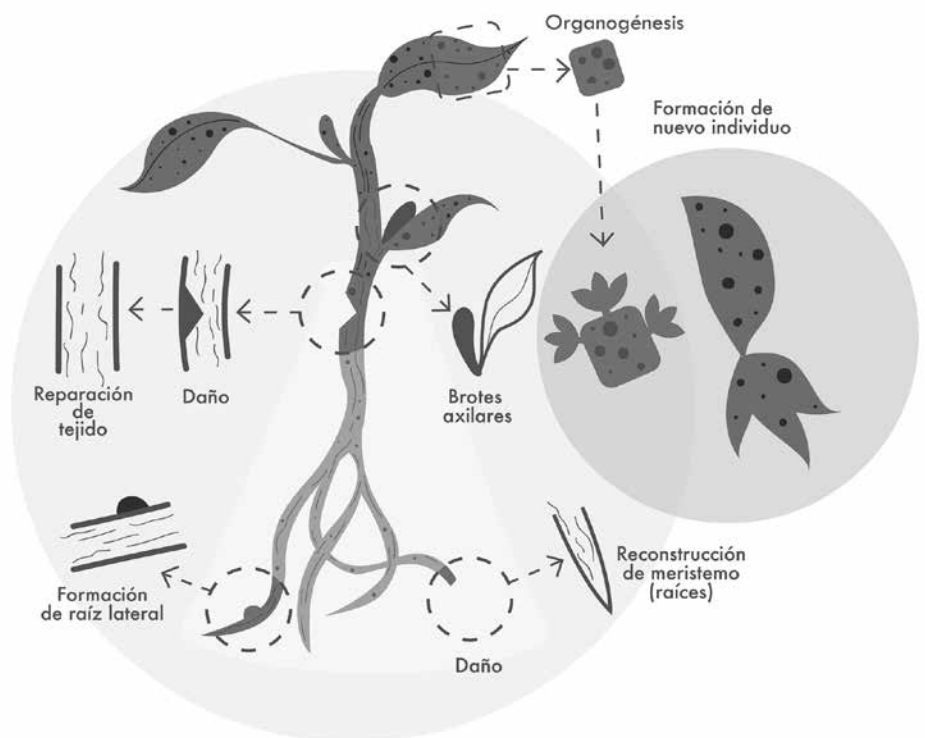
Nuestra regeneración celular

El cuerpo humano reacciona a tal velocidad que una herida en la piel, el órgano más grande, comienza a sanar, ¡a regenerarse!, en unos segundos. El cerebro envía señales electroquímicas a la parte dañada y provoca la aglomeración de células (plaquetas) y moléculas de hierro; se produce una especie de tapón que evita la pérdida de sangre y funge como barrera contra agentes externos (virus y bacterias). Al irse endureciendo y secando, se crea lo que conocemos como costra. Momentos más tarde, las células epiteliales proliferan con rapidez para reconstituir un tejido igual al que había antes. Cuando la nueva capa de células termina de integrarse, la costra se cae y queda una cicatriz.

Nuestra capacidad regenerativa se limita solo a formar algunos tejidos. Como si fuera una huella de Prometeo en la raza humana, el hígado es el único órgano capaz recuperarse incluso con menos de la mitad de su tamaño original; por eso es posible donar una parte de hígado a alguien compatible que lo requiera en una urgencia médica. Más allá de esto, las personas no podemos hacer que surja otro individuo a partir de una pequeña porción de

nosotros, como las planarias, ni podemos regenerar una parte completa del cuerpo, como un dedo o una pierna, al estilo de los ajolotes y otras salamandras.

Adaptación de Ikeuchi et al. 2014, por Oscar Balista Jaime



Formas más comunes de regeneración en plantas. Los meristemas son tejidos responsables del crecimiento, como raíces o brotes. Al dañarse, hay procesos que los restauran; de no poderse reparar, por ejemplo, si son arrancados, se desarrollan nuevos órganos: brotes axilares y raíces laterales. A veces los tallos reparan tejidos si hay una herida. Algunas plantas desarrollan nuevos órganos a partir de una fracción de donde fueron extirpadas, como las plantas suculentas.

Campeonas en regeneración

Diversos datos científicos en temas de biología vegetal han demostrado que a diferencia de los animales, las plantas poseen una capacidad bastante desarrollada para presentar cambios morfológicos y fisiológicos en respuesta a variaciones ambientales importantes, como en temperatura, pH o humedad. El mecanismo es conocido como *plasticidad* y provoca que luzcan colores distintos o que hasta modifiquen su aspecto. Es como si se moldearan a sí mismas para adaptarse; por ejemplo, después de una laceración, las raíces crecen un poco, con lo que logran penetrar más en el suelo y obtener mejores nutrientes y agua, o bien, las hojas modifican su tamaño para extender su superficie foliar y con ello absorber más sol para la fotosíntesis.

La plasticidad es determinante en procesos comunes de regeneración. Una raíz faltante llega a reconstituirse a partir de un tallo, y lo mismo ocurre con hojas y otras estructuras. También se integran nuevos órga-



Fotocomposición de Citlali Mariana García Aguirre

Secuencia fotográfica de la formación de nuevas plantas de la *rosa del desierto* a partir de una hoja.

nos a partir del fragmento de un tejido, como en el caso del tabaco, papa, petunia, girasol y mostaza, entre otras tantas. Las fitohormonas desempeñan un papel activo en todo esto; son hormonas vegetales que la misma planta produce en las hojas, y potencian el proceso de regeneración celular vegetal.

En las especies de la familia Crassulaceae, o *plantas suculentas*, vemos una capacidad de regeneración sin precedentes (una especie común por ser adorno en las casas son las *rosas del desierto*). A partir de hojas se constituyen nuevos ejemplares, lo que es útil para su propagación en la naturaleza y muy bien aprovechado por productores de plantas de ornato en viveros. Cada hoja puede convertirse en una planta genéticamente igual a la que le dio origen y así se crean numerosos clones.

Intervención humana

Las características biológicas de la flora, su capacidad de regeneración, propagación y cualidades reproductivas, han despertado interés desde tiempos remotos. Con el surgimiento de la agricultura, se comenzó a tener una idea más o menos clara de lo que pasaba, por ejemplo, cuando se talaron árboles y después de un tiempo se volvían a formar estructuras que se convertían en nuevos organismos.

En el transcurso de la historia, gente especializada ha ido incorporando méto-

dos, y es el caso del cultivo de tejidos para mejorar características vegetales –sobre todo con fines comerciales– para obtener plantas con mayor vigor, verdor, fortaleza de tallos y tamaño de hojas; también es útil para mejorar los medios de propagación vegetal a través de semillas, bulbos, tubérculos, rizomas, esquejes o estacas, plantas-hijas, cultivos de tejidos, entre otras técnicas.

La regeneración vegetal a partir de cultivos *in vitro* es un tipo de reproducción manipulada y asistida, cuyo avance se debe al conocimiento de las fitohormonas que regulan el desarrollo vegetal. Se sabe que fitohormonas como auxina y citoquinina son determinantes en la regeneración de algún tejido en particular, ya que la auxina regula el crecimiento de la planta y es usada para acelerar la producción de raíces tanto en vegetación de ornato como de consumo humano; por su parte la citoquinina ayuda a retrasar el envejecimiento de las hojas y se aplica en viveros.

Promesas para la medicina

La capacidad regenerativa de los seres vivos ha estado presente desde el Paleozoico medio, hace unos 480 millones de años, con la aparición de las primeras plantas que colonizaron el ambiente terrestre: las embriofitas, grupo que alberga a hepáticas y musgos (los que usamos en festividades

navideñas) y que dispara naturalmente el mecanismo de regeneración celular.

Para múltiples especies de flora y fauna, la regeneración está ligada a la sobrevivencia, y en ocasiones se trata de una segunda oportunidad de vida. Pensemos en un pez cebra que logra reparar su corazón, una lagartija que desprende su cola para escapar de un gavián o un arbusto que restaura su raíz. Se podría sugerir que durante la historia evolutiva, el mecanismo ha resultado importante para la supervivencia de las plantas y muchas especies animales en la Tierra.

Su aplicación controlada en seres humanos ha sido ampliamente explorada en la ciencia ficción. Recordemos al “Lagarto”, temible enemigo del Hombre Araña, quien antes de transformarse en bestia era un científico desesperado por lograr la regeneración de su brazo amputado y experimentó con reptiles, recombinando su ADN de manera ficticia.

Abordar el tema en historias imaginarias, de cierto modo es un reflejo de las expectativas generadas para la ciencia. La llamada medicina regenerativa, ligada al estudio de las células madre, estudia la posibilidad de regeneración de células en tejidos e incluso en órganos dañados, mediante ingeniería de tejidos, genética y terapia celular. Requiere la relación interdisciplinaria de especialistas de diferentes campos: medicina, biología, física, química, e incluso de la ingeniería o ciencias de la información. Se vislumbran aplicaciones en padecimientos cardiovasculares, enfermedades neurológicas y degenerativas, lesiones óseas, diabetes mellitus y otras tantas, en lo que podría también considerarse una segunda oportunidad de vida. ✍

Citlali Mariana García Aguirre es colaboradora del Laboratorio de Epigenética y Biología del Desarrollo y estudiante de la Universidad Veracruzana (c.marianaguirre@gmail.com). Christian A. Delfín-Alfonso es coordinador del Área de Zoología del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana (cdelfin@uv.mx, cada7305@gmail.com). Laura López Argoytia es coordinadora de Fomento Editorial de ECOSUR (llopez@ecosur.mx).