Muerte celular programada en plantas

MARCEL BENTANCOR | MAG. | **SABINA VIDAL** | DRA. *

La ejecución de suicidio celular es parte de múltiples programas de desarrollo y respuestas al ambiente que llevan a cabo las plantas durante su vida. Su estudio contribuye al entendimiento de cómo estos organismos experimentan su ciclo vital y el mejor entendimiento de este alienta el desarrollo de mejoras en la producción agrícola.

* Laboratorio de Biología Molecular Vegetal, Facultad de Ciencias – Universidad de la República.

Cada año, cuando nuestro paisaje se viste con los colores del otoño, un sinnúmero de hojas cambia su coloración y finalmente cae (figura 1). La pérdida de estos órganos vegetales y su posterior regeneración ocurre año tras año, cuando las condiciones ambientales inducen programas genéticos codificados por muchas de las plantas que nos rodean. Lo común de este proceso ocasiona que para muchos pase inadvertido, pero lo cierto es que este fenómeno es el producto de la ejecución de programas genéticos escritos en el genoma de células vegetales, que las lleva a cometer suicidio de una forma contralada. Esta decisión final de la célula que conduce a su autoeliminación, representa un sacrificio en pos de una mejor posibilidad de sobrevida del organismo al que pertenece.

Más allá de la conocida relación intrínseca, biológica y filosófica de la muerte con la vida, existen fenómenos de muerte celular que permiten a los organismos ejecutar sus programas de desarrollo y establecer respuestas frente a desafíos ambientales. Los programas de suicidio celular han sido identificados tanto en organismos unicelulares como multicelulares. El beneficio de estos programas es más claro en los organismos multicelulares como las plantas y los animales, donde el sacrificio de algunas de sus células le garantiza la supervivencia del organismo entero.

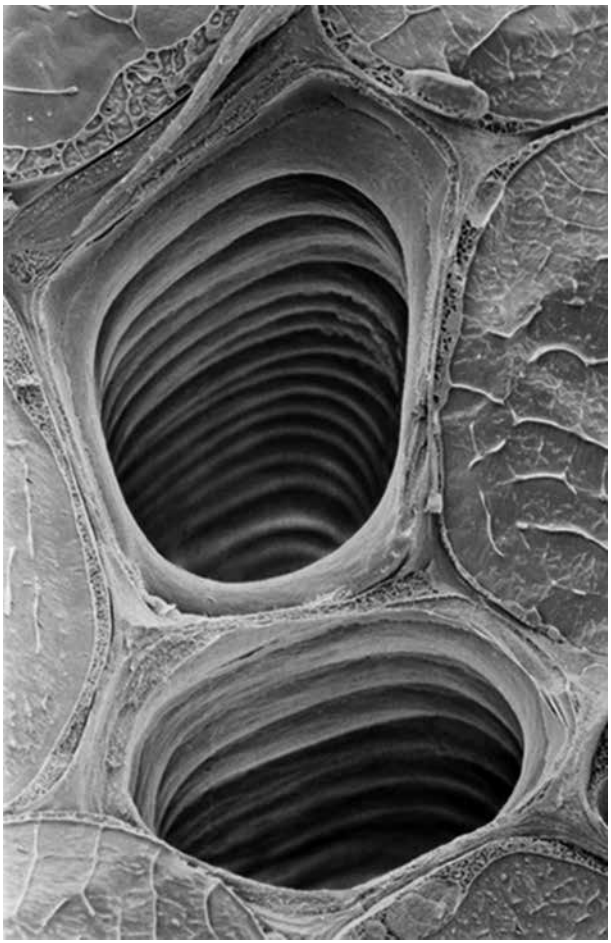
El suicidio celular o muerte celular programada adquiere diferentes formas en función del rol fisiológico que desempeñe. Hay casos de muerte celular que transcurren lentamente, propiciando una mayor eficiencia en el reciclado de los nutrientes de la célula que perece. De esta manera, los restos celulares son utilizados como nutrientes para otros tejidos gracias a que son movilizados a otras partes del organismo. En otros casos, la muerte celular es ejecutada rápidamente, como en el caso de la muerte inducida frente a la infección con algún organismo patógeno, como los virus. Los virus son entidades dependientes de las células para replicarse y al morir la célula son privados de este recurso, acotando así su multiplicación y eventual dispersión al resto del organismo. Así como esta medida es útil para limitar la infección por patógenos que requieren de células vivas para progresar, también es conocido que otros patógenos, aquellos que se benefician de células muertas, tales como los hongos, son capaces de inducir en beneficio propio, estos mecanismos de suicidio celular que presentan sus hospedadores.

"Después de todo la muerte es sólo un síntoma de que hubo vida"

Mario Benedetti
(1920-2009)

< FIGURA 1. **Las hojas caídas durante el otoño han sufrido muerte celular programada como parte de un proceso de reciclaje de sus componentes hacia el resto de la planta.**
FOTO: PEXELS.COM

»



< FIGURA 2. **Micrografía electrónica de barrido de elementos de los vasos conductores del xilema. Estas estructuras microscópicas se asemejan a túneles por donde circula un tipo de savia y son formadas por el suicidio coordinado de múltiples células.**
FOTO: KIM FINDLAY, JOHN INNES CENTRE

Dentro de las vías de desarrollo que ejecutan muerte celular programada, es notoria la generación de elementos conductores en el sistema circulatorio de plantas, denominados elementos de las traqueidas. Estos consisten en tubos huecos a través de los cuales circula un tipo de savia y que para generarlos en última instancia ocurre suicidio celular, produciéndose así una vía despejada para el transporte de dicho fluido (figura 2). También en la generación de otras estructuras vegetales interviene la muerte celular programada, un ejemplo de ello son los huecos generados en las hojas de algunas especies, como las del género Monstera (figura 3). Estos espacios se forman al morir algunas células durante el desarrollo de la planta. De la misma manera, nosotros los humanos, durante nuestra vida embrionaria, generamos los espacios entre nuestros dedos ejecutando suicidio celular en los tejidos que en primera instancia tenemos en los espacios interdigitales.

Otro ejemplo que ilustra este mecanismo lo vemos en el cultivo del arroz. Esta planta crece en terrenos inundados y para sobrevivir a la falta de oxígeno de los tejidos sumergidos desarrolla un tejido hueco a lo largo de la planta que le permite respirar, usando este tejido a modo de snorkel. Este tejido se denomina aerénquima y permite el pasaje de aire hacia las porciones sumergidas de la planta.

Cuando se observan zonas de tejido muerto en una planta es difícil a simple vista determinar qué factor fue el que las originó. Puede ser que la muerte se haya desencadenado como resultado de un factor ambiental o el ataque por un patógeno, o puede ser que se deba a la ejecución del programa de suicidio celular de las células vegetales (figura 4).

La mayoría de los seres vivos son capaces de experimentar muerte celular programada, lo cual es indicativo de la importancia de este fenómeno. En las plantas en particular, casi todas las etapas

A B C

< FIGURA 3 **La muerte celular programada está involucrada en la generación de formas corporales, tanto en vegetales como en animales. Ejemplo de ello son los huecos en las hojas de la planta del género Monstera (A), o los espacios interdigitales entre los dedos de los humanos (B). En algunas enfermedades (C), como la sindactilia, este mecanismo de suicidio celular falla por lo cual los dedos permanecen unidos.**
A Y B: FOTO: PEXELS.COM. C: FOTO: DUMPLESTILSKIN

de su ciclo vital son afectadas por este fenómeno. Cuando una célula experimenta un programa de suicidio, este es en general irreversible por lo que su ejecución está sujeta a una muy fina regulación. Los casos de desregulación del mismo muestran importantes consecuencias en la performance de las plantas afectadas. Tanto su ejecución innecesaria como su inactivación cuando se la requiere, producen un menor éxito vital en la planta que la sufre. Teniendo en cuenta la importancia de este fenómeno surge el interés de comprender cómo opera y así poder utilizarlo para obtener un mayor beneficio agrícola. Como ejemplo de esta incidencia puede citarse la producción de madera. Las especies forestales son aprovechadas por este recurso siendo la producción de la madera dependiente de la ejecución de muerte celular programada en la planta.

A B

^ FIGURA 4. **Aspecto de dos variedades de tabaco infectadas por el virus del mosaico del tabaco (TMV, tobacco mosaic virus). A la izquierda se muestra una planta susceptible con síntomas de infección (A). A la derecha se muestra el aspecto de una planta resistente (B), que ha ejecutado suicidio celular limitando la dispersión de la infección.** FOTO: K.-B. G. SCHOLTHOF.

La identificación del fenómeno de muerte celular programada durante muchas etapas del ciclo vital vegetal, frente a la infección por diversos tipos de patógenos o en condiciones de cultivo perjudiciales como la sequía o las temperaturas extremas, alienta a estudiar este fenómeno celular. Resulta un campo de estudio por sí mismo fascinante para quienes investigamos la biología vegetal y se presenta, al ser un fenómeno biológico central, como un promisorio espacio de aplicaciones de particular interés para un país como Uruguay de fuerte base agroeconómica.

BIBLIOGRAFÍA

- Pérez Delgado, Yornayser, Galindo Castro, Iván, Arvelo, Francisco, 2007. *La muerte celular programada en las plantas: ¿es semejante a la "apoptosis" en animales?* Interciencia, 32 Disponible en: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913503 ISSN 0378-1844
- Gunawardena, A.H.L.A.N., 2008. *Programmed cell death and tissue remodelling in plants.* Journal of Experimental Botany 59, 445–451.
- Van Hautegem, T., Waters, A.J., Goodrich, J., Nowack, M.K., 2015. *Only in dying, life: programmed cell death during plant development.* Trends in Plant Science 20, 102–113.