

HABLANDO DE SEXO EN PLANTAS: ¡VAMOS AL GRANO!

Juan de Dios Alché Ramírez

Investigador Científico del CSIC. Grupo de Biología Reproductiva de Plantas. Departamento de Bioquímica, Biología Celular y Molecular de Plantas. Estación Experimental del Zaidín. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Profesor Albareda 1, 18008 Granada.

juandedios.alche@eez.csic.es

45

En las plantas, el desarrollo y la reproducción sexual son pasos clave para la obtención de la generación siguiente y para que tenga lugar la recombinación genética resultante del proceso meiótico. Además, no hay que olvidar que en muchos casos la producción de muchas especies de interés agrícola explota el resultado parcial o final del proceso reproductivo, ya que con frecuencia se recolectan las flores, el fruto completo o la semilla. Las plantas superiores han ido evolucionando hacia la generación de fases gametofíticas (haploides) cada vez más reducidas, que incluyen el saco embrionario y el grano de polen como expresión de los gametofitos femenino y masculino respectivamente. La comprensión de la fisiología del grano de polen es una de las cuestiones más apasionantes de la biología reproductiva. ¡Parece imposible que esa estructura diminuta —en el caso del olivo un miligramo de polen contiene unos 100.000 granos—, y que está formada únicamente por dos o tres células, sea capaz de completar tantas funciones!

En primer lugar, el grano de polen es una forma de resistencia y de dispersión porque actúa básicamente como un protector biológico de los núcleos espermáticos que contiene y que constituyen el material genético que intervendrá en la fertilización. Está recubierto por una pared celular muy especializada (la exina), formada por uno de los polímeros biológicos más resistentes que existen, llamado «esporopolenina». La diversidad de formas, tamaños y estructuras del polen entre los diversos taxones responde a cuestiones eminentemente adaptativas, y tiene como objeto mantener con vida y transportar a estas células desde la dehiscencia o apertura de la antera donde se forma, hasta llegar a un estigma receptor. En las condiciones adecuadas, el grano de polen, que generalmente tiene un contenido mínimo de agua, se hidratará y germinará para producir un tubo polínico que invadirá los tejidos del estigma, penetrará el estilo y finalmente depositará los núcleos espermáticos en el saco embrionario, donde tendrá lugar la doble fertilización característica de las plantas superiores que genera el cigoto y el endospermo.

En algunas especies, este tubo llega a alargarse incluso varios centímetros, lo que supone más de 200 veces el diámetro del grano de polen: todo un prodigio metabólico. Y eso no ocurre con todas... Como nos dice una colega del ámbito (la profesora María Herrero del Instituto Aula Dei del CSIC en Zaragoza) en términos seguramente más elegantes, hay una especie de flirteo o cortejo amoroso entre el grano de polen y el estigma de forma previa a la fertilización que les permite reconocerse e intercambiar señales químicas e incluso nutrientes. En muchos casos

estos mecanismos están destinados a promover el intercambio genético y a impedir la autofecundación, y se denominan mecanismos de autoincompatibilidad.

El pequeño tamaño del grano de polen y el elevado grado de "intimidad" que supone la fecundación, restringida al saco embrionario, hace que los estudios sobre biología de la reproducción de las plantas hayan estado siempre muy ligados al uso de diversas técnicas de microscopía. Existen, por ejemplo, métodos específicos para determinar la viabilidad de los granos de polen y la integridad de su membrana mediante el uso de moléculas fluorescentes que se acaban observando en microscopios de fluorescencia. Los microscopios electrónicos de barrido y de transmisión son herramientas habituales en los estudios palinológicos (se denomina Palinología a la disciplina que estudia el polen en sus diversos aspectos). En estos días en los que la secuenciación de un genoma ya no es un sueño lejano, y en los que la genómica, proteómica, metabolómica y otras numerosas «ómicas» nos proveen de poderosas herramientas para el análisis del funcionamiento de los organismos, la biología del polen no escapa a esta tendencia. Estamos empezando a descifrar los productos génicos y los mecanismos que regulan los procesos reproductivos de las plantas, y los genes que los codifican. Así, por ejemplo se han elaborado varios atlas de expresión génica de los tejidos reproductivos en el arroz y en *Arabidopsis*. En el grupo de investigación del que formo parte también estamos haciendo una modesta contribución a este conocimiento en el caso del olivo. Se estima que en los meiocitos masculinos de *Arabidopsis* se expresan alrededor de 20.000 genes. En el caso del polen ya maduro, los autores parecen coincidir en el hecho de que se expresan bastantes menos genes, de forma que sólo aparecen transcritos esencialmente relacionados con germinación, crecimiento celular rápido y señalización celular. Curiosamente, muchos de ellos son genes específicos de tejidos y estadios reproductivos que no se expresan en la contrapartida vegetativa, o corresponden a variantes o isoformas enzimáticas presentes exclusivamente en el polen.

No quiero dejar de mencionar uno de los aspectos «indeseables» del polen, que consiste en que algunos de ellos tienen un carácter fuertemente alergénico para los humanos. Nuestro grupo trabaja tratando de aislar y caracterizar los alérgenos del polen del olivo. Se trata de proteínas sin relación estructural aparente entre sí, pero que tienen algunos rasgos en común, como su elevada solubilidad (capacidad de liberación al medio), su punto isoeléctrico ligeramente ácido y, tal como estamos comprobando recientemente, su elevado polimorfismo con

numerosas variantes moleculares. Todas ellas corresponden a productos génicos con funciones biológicas clave en el grano de polen, y que incluyen desde enzimas (ej. superóxido dismutasa) a proteínas de unión a Ca^{2+} , proteínas de transferencia de lípidos, profilinas etc. Se deduce por tanto que su mala relación con el sistema inmunitario humano no es una cuestión diríamos premeditada o funcional, sino una alteración de éste que cree que estas importantes proteínas suponen un daño en potencia.

El grano de polen es además una herramienta biotecnológica de primer orden. Como ejemplos, caben citar que la selección y almacenamiento de polen, el forzado de la polinización en diversos cultivos, el aislamiento de núcleos espermáticos del polen para fertilización *in vitro*, la inducción de esterilidad masculina etc. son métodos cada vez más empleados en la biotecnología vegetal. Finalmente, el grano de polen constituye en muchos casos el material inicial para la generación de plantas haploides, de gran utilidad en los programas de mejora en diversas especies. El polen puede ser además un vector a tener en cuenta en cuanto a la movilización o transferencia de genes para generar plantas transgénicas, por lo que existen diversas estrategias biotecnológicas para asegurar su contención y control.

Como curiosidad, los granos de polen mantienen su estructura externa incluso en condiciones extremas. Esta particularidad, unida a su morfología característica y única para cada especie (e incluso varie-

dad), hace que sean utilizados en métodos analíticos propios de disciplinas más alejadas de la biología, como son la geología (se utilizan para datar estratos geológicos) o las técnicas forenses (pueden usarse para obtener pruebas de la participación en crímenes).

Aparte de estas aplicaciones que catalogaríamos de sorprendentes, la biología de la reproducción en plantas superiores es una disciplina en constante actualización. Todavía nos queda muchísimo por aprender y algunos de los temas «calientes» incluyen el conocer más sobre el control de la recombinación genética que ocurre en la meiosis, determinar los mecanismos moleculares de la autoincompatibilidad y las rutas de señalización que regulan la interacción entre el polen y el estigma, saber cómo el tubo polínico encuentra su camino hacia el saco embrionario, y, en el caso de los alérgenos, qué podemos hacer para minimizar sus efectos en los humanos.

Parafraseando a Robert B. Goldberg, uno de los editores fundadores de la revista «*The Plant Cell*», que dedicó sendos volúmenes especiales a la reproducción de plantas en 1993 y 2004, espero poder disfrutar de al menos otro par de especiales para hacerme una idea de cómo se van respondiendo las numerosas incógnitas sobre estos procesos que aún tenemos planteadas. Y si no podéis esperar tanto, ved el vídeo que os indico en la bibliografía; os sorprenderá.

Lecturas recomendadas para saber más:

- Every pollen grain has a story: Jonathan Drori on TED.com. Video original con subtítulos disponibles en español. http://blog.ted.com/2010/04/08/every_pollen_gr/
- R Malho (Ed.). The pollen tube. A cellular and molecular perspective. Plant Cell Monographs. Vol 3. Springer (2006).
<http://www.springerlink.com/content/978-3-540-31121-8/#section=503359&page=1>
- JD Alché, AJ Castro, JC Jiménez-López, S Morales, A Zafra, AM Hamman-Khalifa and MI Rodríguez-García. Differential characteristics of the olive pollen from different cultivars and its biological and clinical implications. J Invest Allerg Clin Immunol 17(Suppl. 1 «Trends in olive pollen allergy»):69-75 (2007). <http://www.jiaci.org/issues/vol17s1/4.pdf>
- Rejón, J.D., Fendri, M, Morales, S, Suárez, C, Zafra, A., Alché J.D. Ciencia Visual: El polen a escala íntima. Fotografías. Ainnova 14:32-33 (2010).
<http://www.andaluciainvestiga.com/revista/pdf/n14/14p32-33.pdf>