

Argonauta en busca de clones: Plantas reprimidas sexualmente

Noé Valentín Durán Figueroa

Las plantas tienen sexo para formar semillas.

Existen científicos que padecen de extrañas desviaciones sexuales: se pasan días enteros observando los órganos sexuales de las plantas con flores (angiospermas). Estos científicos *voyeurs* son especialistas del Desarrollo Reproductivo de las angiospermas y enfocan su pasión por la ciencia en responder una pregunta simple ¿Cómo se forman las semillas?¹ Por décadas, la observación meticulosa de los genitales vegetales ha mostrado que las semillas comestibles se forman por un doble acto sexual. A dicho acto, los científicos lo llaman sutilmente y en voz baja: *la doble fecundación*. El polen que todos conocemos y que a muchos nos causa alergia, se desarrolla en los estambres de las flores y representa al gameto masculino de las plantas, mientras que en la intimidad de la flor, en el pistilo se desarrolla el ovulo y mas internamente se aloja el gametofito femenino o saco embrionario. Cuando el polen a través de su tubo polínico logra llegar a la profundidad del saco embrionario, este descarga dos “espermias” que se llaman células espermáticas. Una célula espermática del polen fecunda la célula huevo del saco embrionario y la fusión de estas dos células da lugar al cigoto y posteriormente al embrión; la segunda célula espermática se fusiona con la célula central del saco embrionario y da lugar al endospermo, un tejido rico en azúcares y aminoácidos esenciales. Así, la doble fecundación origina una semilla conformada por el embrión y el endospermo².

La mayoría de las plantas que existe en la naturaleza se reproducen sexualmente, sin embargo, hay un grupo que son reprimidas y mantienen un celibato absoluto, son plantas que para perpetuar su especie se abstienen al sexo y se reproducen por clonación natural. A este tipo de reproducción asexual se le conoce como *Apomixis*. Toda la descendencia de las plantas apomicticas son copias idénticas a la planta madre, no requieren de gametos masculinos para formar embriones o semillas completas, la apomixis es un método de clonación natural a través de semillas. Un ejemplo clásico de este tipo de plantas son los dientes de león (famosas por haber sido retratadas con Salvador Dalí), limones, mangos y naranjas³. Casi contradictoriamente, los científicos buscan hacer que las plantas de interés agrícola sean apomicticas; es decir, pretenden

lograr que la producción de semillas comestibles sea a través de clonación natural⁴ ¿por qué? ¿Por qué hacer del maíz o del arroz una planta apomictica? ¿Por qué el maíz tiene que renunciar al sexo?

En la agricultura mundial los granjeros gastan unos \$36 mil millones de dólares al año en la compra de semillas para cultivos, especialmente las que contienen características deseadas como fortaleza y resistencia contra plagas (semillas mejoradas)⁵. Debido a que estas semillas son de reproducción sexual, en cada nueva generación se ganan y se pierden las características genéticas iniciales (por analogía: en los seres humanos cada nueva generación es una combinación genética que proviene del padre y de la madre, lo mismo ocurre con las plantas). Entonces, cada año los granjeros tienen que adquirir semillas mejoradas genéticamente para garantizar su alta producción. Ahora bien, si tales características genéticas se mantuvieran a perpetuidad, no habría necesidad de gastar millones en la compra de semillas. Por lo tanto, encontrar la forma de inducir o transferir la apomixis en plantas de interés agrícola representa uno de los retos mas importantes de la biotecnología agrícola. Al respecto, un grupo de científicos mexicanos del Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, del CINVESTAV-IPN ha tratado de encontrar primero, una explicación genética y molecular del fenómeno de la apomixis y segundo, poder transferir este tipo de reproducción a plantas de interés agrícola¹.

Aparición del Represor Sexual Argonauta.

Para entender como se forma una semilla y cuales son los mecanismos que regulan su formación, primero hay que conocer como se forman los gametos de las plantas. Para este fin, los científicos usan una planta modelo que funciona como “ratón de laboratorio”, dicha planta es prima lejana de la mostaza y se llama *Arabidopsis thaliana* (Figura 1). *Arabidopsis* tiene sustanciales ventajas comparada con otras plantas modelo: se conoce la totalidad de sus genes (genoma), su ciclo de vida es de tan solo 8 semanas, produce miles de semillas por generación, es genéticamente compatible para hacer cruza específicas y representa poco gasto de mantenimiento en invernadero. Haciendo uso de esta planta modelo, científicos mexicanos encabezaron un estudio con objetivo conocer la actividad de todos los genes que se expresan en el ovulo (transcriptoma del ovulo); inesperadamente, encontraron un gen con alta actividad que recordaba las historias griegas de inverosímiles aventuras: ARGONAUTA9 (AGO9). Hasta el

momento del hallazgo, la función biológica del gen AGO9 permanecía en el mas profundo misterio. Entonces los científicos mexicanos para encontrar la función de AGO9, analizaron plantas mutantes bajo un razonamiento sencillo: si el gen AGO9 tiene una función en el ovulo entonces al eliminarlo se debe observar un cambio en la formación de los gametos y por lo tanto, las plantas mutantes deben tener aberraciones en el tejido femenino. Un análisis detallado de tres mutantes demostró que AGO9 es un represor de la formación de gametos femeninos, las mutantes estudiadas tienen defectos morfológicos en las primeras etapas del desarrollo de los óvulos, en todos los casos, en lugar de formarse un solo gameto, se forman dos. El segundo gameto producto de la mutación de AGO9, tiene características genéticas que asemejan a los gametos de plantas apomicticas. El estudio demostró que el gen AGO9 controla el destino células ordenando cuando y como deben convertirse en sexuales. Los resultados también indican que la proteína AGO9 esta asociada a pequeñas moléculas de Acido Ribonucleico (ARN), los cuales a su vez regulan la actividad de elementos genéticos asociados a regiones “saltarinas” del genoma (Transposones), por este hecho, se considera a la proteína AGO9 funciona como un regulador maestro de la actividad del genoma en el ovulo⁶. Por el descubrimiento descrito, podemos pensar que el gen ARGONAUTA9 tiene que librar batallas con los Transposones para encontrar, no el “vellocino de oro”, sino plantas reprimidas sexualmente: si el gen AGO9 esta activo, la planta es sexual; si AGO9 esta inactivo, la planta es asexual.

El siguiente reto que los científicos *voyeur* se plantean es la comprensión completa de la función de otros genes AGO, así como también demostrar su efecto global en la regulación genética ¿Qué pasa en el óvulo con los demás miembros de la familia Argonauta? ¿Todas las mutantes AGO afectan la formación de células sexuales? Si nuestro razonamiento no nos falla, en los próximos años será posible lograr que al menos en la planta modelo *Arabidopsis thaliana*, la reproducción sexual se sustituya por apomixis. De obtenerlo, será entonces posible hacer transferencia o inducción del fenómeno apomictico a plantas como maíz, arroz y trigo. Y por consiguiente, se dejarían de consumir semillas mejoradas que las grandes empresas transnacionales comercializan.

Figura 1.



Leyenda de Figura 1.

Planta modelo *Arabidopsis thaliana*. Los científicos que estudian biología del desarrollo de las plantas, usan como “ratón de laboratorio” a la planta modelo *Arabidopsis thaliana* de tan solo 30 centímetros de estatura y dos meses de vida, el fácil manejo permite tener grandes poblaciones de plantas en invernadero y por ende tener la posibilidad de hacer diversidad de experimentos. Foto: Alba Elena Ramos Olmos

Bibliografía

1. Vielle-Calzada, J.-P. (2001) Manipulando la sexualidad vegetal: confesiones de un “voyeur” de plantas. *Avance y Perspectiva* 20, 357-363.
2. Yang, W.C., *et al.* (2010) Female gametophyte development in flowering plants. *Annu Rev Plant Biol* 61, 89-108.
3. Noyes, R.D. (2008) Sexual devolution in plants: apomixis uncloaked? *Bioessays* 30, 798-801.
4. Koltunow, A.M., and Tucker, M.R. (2008) Functional embryo sac formation in *Arabidopsis* without meiosis - one step towards asexual seed formation (apomixis) in crops? *J Biosci* 33, 309-311.
5. Asexual Plant Reproduction May Seed New Approach for Agriculture, *Howard Hughes Medical Institute Research News*, March 07 2010.
6. Olmedo-Monfil, V., *et al.* (2010) Control of female gamete formation by a small RNA pathway in *Arabidopsis*. *Nature* 464, 628-632