

SEBBM DIVULGACIÓN

LA CIENCIA AL ALCANCE DE LA MANO



Marcadas por la experiencia: Epigenética y adaptación en plantas

DOI: http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_RPC.2017.03.1

Teresa Roldán Arjona

Grupo de investigación “Epigenética y Reparación del DNA”, Universidad de Córdoba

Biografía

Teresa Roldán Arjona es Catedrática de Genética en la Universidad de Córdoba. Se doctoró con Premio Extraordinario en esta misma Universidad con un trabajo sobre mutagénesis y reparación del ADN. Realizó una estancia Postdoctoral en el Imperial Cancer Research Fund de Londres (hoy denominado Cancer Research UK) en el laboratorio de Tomas Lindahl (Nobel de Química 2015), donde identificó y caracterizó varias proteínas implicadas en la reparación por escisión de bases en distintos organismos, incluidos humanos. El estudio de los sistemas de reparación le llevó al descubrimiento de una nueva familia de proteínas que están implicadas en el control epigenético de la expresión génica. Actualmente lidera el grupo de investigación “Epigenética y Reparación del DNA” y compagina las labores docentes con las investigadoras y de gestión ocupando el cargo de Vicerrectora de Investigación.

<http://www.sebbm.es/>

HEMEROTECA:

http://www.sebbm.es/ES/divulgacion-ciencia-para-todos_10/la-ciencia-al-alcance-de-la-mano-articulos-de-divulgacion_29

Resumen

Las plantas responden a cambios estacionales y a distintos tipos de estrés modificando su cromatina mediante marcas epigenéticas. En algunos casos estas marcas persisten en ausencia del estímulo inicial, proporcionando así una memoria molecular de eventos experimentados por la planta. Sin embargo, todavía se desconoce si estos cambios epigenéticos pueden transmitirse a las siguientes generaciones.

Summary

Plants react to seasonal changes and different types of stress by modifying their chromatin through epigenetic marks. In some cases, these modifications persist even in the absence of the original stimulus, thus providing a molecular memory of past events. However, it is still unknown if epigenetic changes induced by the environment can be transmitted to future generations.

Las plantas tienen que ajustar continuamente su fisiología y crecimiento a condiciones medioambientales cambiantes. Dicho ajuste implica intrincadas redes de señalización cuyo efecto final es la activación o represión de genes necesarios para adaptarse a los cambios en el ambiente. En estos procesos de adaptación desempeñan un papel crucial cambios moleculares reversibles en la cromatina, constituida por el enrollamiento del ADN alrededor

de proteínas denominadas histonas. Tales cambios, que incluyen diversas modificaciones químicas de las histonas y el ADN, reciben el nombre de *marcas epigenéticas*. Las marcas epigenéticas permiten la persistencia de patrones estables de actividad génica, incluso en ausencia del estímulo inicial, y pueden proporcionar una “memoria” molecular de eventos medioambientales experimentados por la planta.

Uno de los casos mejor conocidos de control epigenético en respuesta a cambios ambientales está relacionado con el papel del frío en la floración. Para asegurar el éxito reproductor, las plantas de climas templados han de hacer coincidir su fase de floración con periodos en los que se den condiciones ambientales favorables. La clave de este ajuste reside en un proceso denominado *vernalización*, que impide que la planta florezca a menos que “recuerde” la experiencia de un periodo prolongado de frío. Su base molecular es el control epigenético de un represor de la floración denominado *FLOWERING LOCUS C (FLC)*. Durante el invierno tiene lugar un silenciamiento epigenético progresivo y estable del gen *FLC* mediante una histona-metiltransferasa que transfiere tres grupos metilo a la lisina 27 de la histona H3. Se crea así un punto de anclaje para factores que condensan la cromatina alrededor del gen *FLC*, lo que “silencia” de forma estable este represor floral y permite la floración cuando llegue la primavera. Tras la floración y la formación de los frutos, en los embriones contenidos en las semillas el gen *FLC* vuelve a activarse, asegurando así que las plantas de la

descendencia puedan experimentar a su debido tiempo el proceso de vernalización. En otras palabras, este sistema de memoria molecular del invierno se “resetea” en cada generación. En plantas hay muchos ejemplos adicionales de alteraciones en la cromatina inducidas por cambios en el ambiente. La mayoría están relacionados con respuestas a estrés, ya sea biótico (herbívoros, agentes patógenos) o abiótico (sequía, estrés osmótico, frío intenso). En algunos casos dichas alteraciones afectan al otro componente de la cromatina: el propio ADN. La única marca epigenética detectada en el ADN hasta la fecha es la metilación de citosinas, que tiene un papel represor sobre la actividad de los genes. La metilación es llevada a cabo por ADN metiltransferasas, y en plantas las citosinas metiladas suelen encontrarse en regiones con secuencias repetitivas. Una de sus funciones es inhibir la actividad de elementos transponibles para evitar su diseminación descontrolada por el genoma, pero también participa en la regulación de muchos genes. En plantas la metilación de ADN es “borrada” por desmetilasas que extirpan las citosinas metiladas para

que sean sustituidas por citosinas sin metilar, un mecanismo que no se ha detectado en animales. Estudios recientes han revelado que los procesos antagónicos de metilación y desmetilación de ADN regulan genes necesarios para la respuesta defensiva de las plantas a patógenos no virales. Estos genes están normalmente metilados y por tanto inactivos, pero tras la infección son activados por acción de la ADN-desmetilasa *REPRESSOR OF SILENCING 1 (ROS1)*. Curiosamente, muchos de ellos contienen en su zona reguladora secuencias derivadas de transposones. Ello sugiere que en plantas algunos elementos transponibles han evolucionado para convertirse en módulos reguladores que permiten el control epigenético de genes en respuesta a estrés. La mayoría de las modificaciones epigenéticas inducidas por el medioambiente son transitorias o se borran durante la gametogénesis y/o la embriogénesis. Sin embargo, algunas podrían persistir en los gametos y transmitirse a futuras generaciones, un proceso denominado *herencia epigenética transgeneracional*. Este tipo de herencia se ha propuesto también en animales, pero en plantas podría ser más frecuente debido a que

desarrollan sus gametos a partir de células somáticas en la fase adulta. En teoría, esto podría facilitar que modificaciones epigenéticas adquiridas durante el crecimiento vegetativo puedan transmitirse a la descendencia. De hecho, hay estudios que sugieren la posible transmisión de una memoria de estrés en plantas. Por ejemplo, la progenie de plantas tratadas con cepas patógenicas bacterianas es más resistente a futuras infecciones que la de plantas no tratadas. Sin embargo, en este caso no ha podido demostrarse aún la implicación directa de modificaciones de la cromatina y no puede descartarse que la resistencia provenga de la acumulación de metabolitos y/o proteínas defensivas en las semillas. Por otra parte, se ha puesto en duda la posible ventaja adaptativa de transmitir a la progenie genes de defensa pre-activados, algo que supondría un coste energético considerable si el estrés no llega a repetirse. En definitiva, y al igual que en animales, por ahora no hay pruebas concluyentes de que los cambios epigenéticos inducidos por el ambiente puedan transmitirse a futuras generaciones.

Referencias

1. Baulcombe, D.C., and Dean, C. (2014). Epigenetic regulation in plant responses to the environment. *Cold Spring Harb Perspect Biol* 6, a019471.
2. Blázquez, M.A. (2011). Bases moleculares de la floración. *Investigación y Ciencia*, Mayo, 29-36.
3. Deleris, A., Halter, T., and Navarro, L. (2016). DNA Methylation and Demethylation in Plant Immunity. *Annu Rev Phytopathol* 54, 579-603.
4. Roldán-Arjona, T. (2010). Epigenética: entre la estabilidad del genotipo y la plasticidad del fenotipo. (<http://www.sebbm.es/web/es/divulgacion/acercate-nuestros-cientificos/215-teresa-roldan-arjona-septiembre-2010-modificaciones-epigeneticas>).
5. Roldan-Arjona, T., and Ariza, R.R. (2009). DNA demethylation. *Madame Curie Bioscience Database*. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK6365/>).

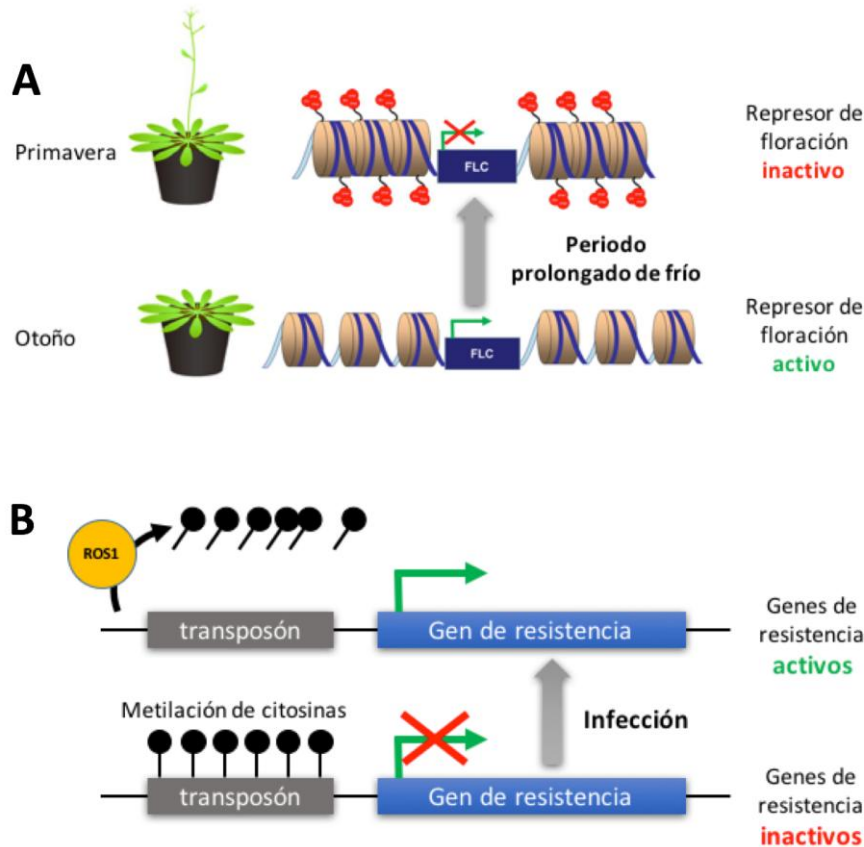


Figura. La modificación de las histonas (A) o el ADN (B) controlan respuestas adaptativas frente a cambios estacionales o estrés en plantas.