

MOSAICOS DE DIVERSIDAD GENÉTICA: TRANSPOSONES

Escrito por: Juan Escalona
01/09/2022

La variedad de colores en el maíz es importante para entender la capacidad adaptativa de esta planta en México y su variabilidad genética.



Era una tarde lluviosa de mayo, conversábamos en el patio de la casa de la familia Baltazar sobre el *thangé dëthá ix-t'eí*[1], una de las bebidas más representativas de Ixtenco, municipio localizado al este del estado de Tlaxcala. En un extremo del patio destacaba el almacén de maíz, uno de los grandes orgullos de la familia. Este estaba dividido en dos partes: una con el maíz blanco, suelto en una especie de corral de madera recubierto por lámina. Esta pila de maíz era abundante, superando los dos metros de alto en una superficie de tres por tres metros. Del otro lado se encontraba un grupo de costales que almacenaban los maíces de colores: los había rojos, amarillos, rosas, azules, negros, y otros, quizás la mayoría, eran una combinación de todos estos colores. Algunas mazorcas tenían dos colores en igualdad de proporciones, otras eran mayoritariamente de un color con uno o dos granos de uno muy diferente. También había las que eran un mosaico tupido de muchos colores, donde incluso un mismo grano era bicolor.

Se decía que había múltiples decenas de variedades de color resguardadas en ese almacén. Algunos eran mejores para tortilla, otros para tamales, otros para atoles y hasta para palomitas de maíz. Esta diversidad intrínseca del maíz responde a procesos internos que le confieren una miríada de formas como planta y como alimento, pero ¿por qué sucede esto?

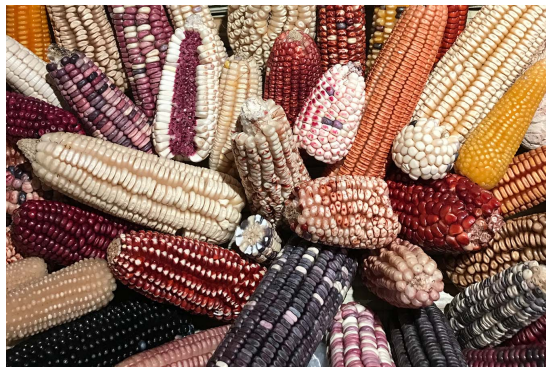
A finales de la década de 1940 una investigadora del instituto científico *Cold Spring Harbor Laboratory* (Nueva York, EE.UU.), Barbara McClintock, descubrió la base molecular de esta diversidad de colores en el maíz. Mientras estudiaba los principios de la herencia de color en el maíz descubrió que existían mecanismos de ruptura y cambios en su material genético, encontrando que los cromosomas[2] no eran estables, sino que había secciones de estos que se desprendían de su posición original para relocalizarse aleatoriamente en otra sección del mismo, afectando la expresión de los genes aledaños a la zona de relocalización. Por el descubrimiento de este fenómeno llamado *transposición genética*, McClintock ganó el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1983.



Fotografía: Jan Eve Olsson; Courtesy of Cold Spring Harbor Laboratory.

Los genes están compuestos por ADN (ácido deoxiribonucéico), la biomolécula que almacena la información necesaria para la construcción de nuestras células y cuerpos. Al conjunto completo de ADN almacenado en cada célula se le conoce como genoma, el cual está contenido en estructuras complejas conocidas como cromosomas. A través de una serie de mecanismos moleculares, cada gen sirve como instructivo para la construcción de todos los componentes que determinan las características de un organismo, por ejemplo, algunos genes codifican el color de las semillas, otros su tamaño, o la predisposición a ciertas plagas y la resistencia a otras. Cada genoma de maíz alberga alrededor de 50,000 genes[3], mientras que el humano alrededor de 20,000[4].

Entre muchos mecanismos, la *transposición genética* se ha reconocido como una de las principales fuentes de mutaciones y cambios en la estructura del genoma. Si bien, el término mutación conlleva connotaciones negativas a nivel popular, estas son esenciales para mantener la diversidad biológica de las especies y con ella su capacidad adaptativa. Muchas mutaciones pueden ser deletorias, es decir, afectan negativamente el funcionamiento de un organismo, pero otras son capaces de brindar nuevas formas de adaptación al ambiente. A través de la *transposición genética*, algunos genes son reconocidos por proteínas enzimáticas[5] capaces de cortarlos en los extremos y pegarlos en otras secciones del genoma.



Este fenómeno ocurre constantemente a lo largo del genoma, afectando la diversidad de patrones de pigmentación

que cada planta de maíz es capaz de expresar, encendiendo y apagando los genes responsables.

La diversidad de patrones de colores solamente es una de las evidencias más tangibles de la existencia de los *transposones*. Más allá de ese llamativo mosaico de colores que algunos maíces presentan, los transposones regulan diversos aspectos de la interacción de esta planta con el medio ambiente, como la resistencia a sequía, periodos de floración, tamaño y composición del grano, resistencia a plagas e infecciones, entre muchos otros. La relevancia de estos elementos genéticos en el maíz se ha confirmado con el descubrimiento de que el 85%^[7] del material genético que compone el genoma de esta planta está compuesto por *transposones*.

En la práctica, los *transposones* confieren cambios constantes en el genoma del maíz, mostrando una gran diversidad de fenotipos^[8]. Esta diversidad genética se muestra constantemente dentro de las milpas, donde las personas que siembran también las seleccionan, fijando aquellas que resultan más aptas al ambiente en el que se cultivan. Así, la familia Baltazar en Tlaxcala, ha sido capaz de seleccionar variedades de maíces que no solamente cumplen con sus necesidades alimentarias, sino rituales, como en el caso del maíz negro del *thangë dëthá ix-t'ei*, una bebida con un alto valor ritual y nutritivo.

El maíz es una planta altamente capaz de adaptarse a una gran diversidad de ambientes en parte gracias a la flexibilidad que los *transposones* le confieren, además de la capacidad de selección de los grupos humanos a cargo de su reproducción. Ese mosaico de colores que logramos apreciar con nuestros propios ojos es tan solo un reflejo de un mosaico igual de diverso e intangible para nuestra vista, con consecuencias que le han permitido ser uno de los alimentos más exitosos del continente Americano y en el mundo.

[1]Se traduce del yuhmú (lengua perteneciente a la familia Otomangue) al español como “atole agrio de maíz morado”. Se pronuncia como “dthangue detjá isht ei”. Es una bebida preparada con maíz negro fermentado. Se acompaña de frijol ayocote y cenizas de mazorca de maíz.

[2] Estructuras que almacenan el material genético encontrado en cada una de las células de los organismos vivos.

[3]Harberer, G. et al. (2005) Structure and Architecture of the Maize Genome. *Plant Physiology*. 139(4):1612-1624

[4] Salzberg, S. (2018) Open questions: How many genes do we have? *BMC Biology*. 16(94)

[5]Proteínas capaces de acelerar los procesos metabólicos que sostienen la vida.

[6]Armstrong, W. (2001) Transposons. *Wayne's Word*. [En línea] <https://www2.palomar.edu/users/warmstrong/index.htm>

[7] Vincent, C. (2010) Transcriptional activity of transposable elements in maize. *BMC Genomics*.11:601

[8] Los fenotipos son características observables o activas conferidas por el material genético de cada individuo, como el color de los granos del maíz.

Una de las consecuencias más comunes de la *transposición genética* radica en la modulación de los genes aledaños a las áreas de corte e inserción. En un ejemplo con cartas de naipes, Wayne P. Armstrong^[6] explica cómo este fenómeno afecta la expresión del color en el maíz: las diferentes cartas representan una secuencia lineal de genes en un genoma. El as de espadas representa la unidad de *transposición genética* o *transposón*, capaz de moverse dentro de la secuencia. La jota de diamantes representa al gen de pigmentación morada de los granos del maíz. Cuando el transposón (as de espadas) se mueve a una posición adyacente al gen de pigmentación (jota de diamantes), este gen es bloqueado, afectando la síntesis del pigmento.



Imagen adaptada de Wayne's Word, 2001

Cuando el transposón (as de espadas) se mueve fuera de las proximidades del gen de pigmentación (jota de diamantes), la pigmentación se reanuda.



Imagen adaptada de Wayne's Word, 2001