

La tecnología doble haploide en el mejoramiento genético de frutas exóticas: uchuva, *Physalis peruviana* L., como estudio de caso

Double haploid technology in the genetic improvement of exotic fruits: goldenberry, *Physalis peruviana* L., as a case study

Víctor Manuel Núñez Zarantes*

DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v22n1.88590

Milenariamente los agricultores han seleccionado de manera empírica el material de siembra de sus cultivos. Recientemente, de manera sistemática y con base en conocimiento teórico y práctico, los científicos, durante décadas, han venido produciendo variedades, híbridos y clones en todas las especies comerciales comestibles y no comestibles que existen hoy en día. Estos procesos se enmarcan en el mejoramiento genético de plantas (Fitomejoramiento), que a través del tiempo sigue evolucionando, como resultado de la aparición e integración de nuevas tecnologías para lograr procesos más rápidos, más eficientes y menos costosos.

Es así como los fitomejoradores, aprovechando los avances tecnológicos e innovaciones, son en gran parte los responsables de la respuesta a las demandas de la sociedad mundial actual, en cuanto a la producción de alimentos, fibras y fuentes de energía. De cara al futuro, las demandas sociales y ambientales requieren que el mejoramiento genético cuente con tecnologías que se apliquen al mayor número de especies comestibles, de tal manera que los científicos del sector agrícola sigan produciendo semillas de mejor calidad, en menos tiempo, más productivas y con mejor adaptación a los diferentes sistemas de producción.

En Colombia, se encuentran numerosas frutas exóticas, únicas por sus propiedades nutraceuticas y atractivo comercial, que requieren la adaptación y potencialización de ciertos atributos a través de procesos sistemáticos de cultivo. En este punto, el mejoramiento genético junto con las nuevas tecnologías permite obtener cultivos con alto potencial productivo y enormes beneficios al productor y consumidor. Dentro de esas tecnologías modernas y frutas exóticas se encuentra la tecnología doble haploide y la uchuva, *Physalis peruviana* Linnaeus, respectivamente. La tecnología haploide y doble haploide, se puede derivar a través de varios métodos, pero hasta ahora la androgénesis es la técnica de mayor uso y aplicación en el mejoramiento genético de alrededor de unas 300 especies.

* Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. C.I. Tibaitatá, Mosquera Cundinamarca, Colombia. ORCID: 0000-0002-5087-9864. vnunez@agrosavia.co.

La tecnología independientemente del método que se utilice, es una herramienta poderosa aplicada al fitomejoramiento, que consiste en la generación de plantas haploides con la mitad del número cromosómico de la especie a la que pertenecen. Cuando la planta haploide se deriva de una especie diploide ($2n=2x$) es realmente una monoploide ($n=x$) pero comúnmente se conoce como haploide.

El doblamiento del número de cromosomas de estas plantas, de manera espontánea o inducida, genera plantas doble haploide, genéticamente puras, 100% homocigota; si la planta proviene de una especie poliploide, se describe como un individuo polihaploide, con la mitad del número de cromosomas de la especie. En este caso, es necesario saber si es autopoliploide o alopoliploide, para saber si se trata de una especie con varias copias del mismo genoma o una especie con varios genomas diferentes.

En el primer caso, se produciría una planta autopolihaploide y en el segundo una alopolihaploide (Georviev, 2008), que al doblar su número de cromosomas se obtendrían plantas dobles autopolihaploides y plantas dobles alopoliploides, respectivamente. Si es viable producir monoploides de estas plantas, se obtendrían individuos automonoploides o alomonoploides, que, al doblar su número de cromosomas, darían líneas genéticamente puras, 100% homocigotas con la mitad del número de cromosomas de la especie. En términos prácticos y por consenso, en la literatura mundial, para un mejor entendimiento, se utilizan los términos haploides y doble haploides para todas las plantas obtenidas por la tecnología haploide y doble haploide, independientemente del método y de la especie que se utilice.

En referencia a la androgénesis, teniendo en cuenta que cada grano de polen inmaduro o microspora contiene la información genética de la especie, y que el gameto es el producto de la recombinación en el proceso de la microsporogénesis o formación del gameto, al derivar plantas del cultivo *in vitro* de este, cada planta haploide y doble haploide es un individuo genéticamente diferente con toda la información genética de la especie. Por lo tanto, si se parte de plantas heterocigotas, se fija rápidamente el genotipo y se generan poblaciones de líneas puras (homocigóticas), así la tecnología ofrece la alternativa de una ruta rápida para fijar nuevas combinaciones de genes que llevan a la obtención de individuos que expresan genes recesivos que de otra forma estarían enmascarados en estado heterocigoto, esto quiere decir, que la dominancia se elimina y se obtiene la homocigosis 100% en cada individuo puesto que cada locus es homocigoto en el respectivo genoma.

Debido a la expresión de los genes recesivos, se puede lograr individuos con atributos novedosos tales como sabor, color, forma, tamaño, calidad, resistencia a insectos, enfermedades o tolerancia a factores abióticos; sin embargo, a pesar de la eficiencia demostrada en la aplicación de la tecnología a varias especies, se debe tener en cuenta que no todas las especies responden positivamente al cultivo *in vitro*. Otro aspecto importante para considerar es que hay especies que no toleran la homocigosis como ocurre con la endogamia cuando se trata de autofecundaciones.

En uchuva, *Physalis peruviana*, especie tetraploide con ploidía de $2n=4x=48$, se logran plantas haploides $n=2x=24$ (Núñez, *et al.*, 2014) estériles, que producen frutos novedosos sin semilla con alto grados brix y variedad de sabores. Otro aspecto particular de estas plantas haploides estériles, con frutos partenocarpicos, es que se puede recobrar su fertilidad y producir frutos normales con semillas viables. Los frutos novedosos de las plantas haploides ofrecen un gran potencial: son pequeños, sin semillas, de tamaño similar a uvas pasas, se podrían utilizar para decorar pasteles, postres, en mezclas con yogures, con frutos secos y también se podrían deshidratar o elaborar mermeladas, dando un aspecto muy estético. El fruto normal al ser deshidratado presenta muchas semillas secas lo cual le da una apariencia no estética, por tanto, los frutos pequeños sin semilla son una gran alternativa comercial, especialmente a nivel gourmet.

También se han logrado plantas doble haploides $2(n)=4x=48$, con frutos normales, derivadas de la androgénesis directa a través del cultivo de anteras; de estas plantas dihaploides, se obtuvo la variedad Corpoica Dorada, una de las dos primeras variedades comerciales de uchuva registradas ante el ICA y que están probando actualmente, los productores en Boyacá, Cundinamarca y Nariño. Además, una de las líneas

dihaploides obtenidas, es uno de los tres genotipos promisorios por su tolerancia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *Physali* (*Foph*), los cuales están en proceso de evaluación agronómica para su registro.

La ventaja principal de la tecnología haploide y doble haploide es acortar el tiempo de obtención de homocigosis o líneas puras, las cuales son la base fundamental para la obtención de híbridos comerciales. En uchuva, se obtuvieron líneas con alta homocigosis reflejada en la uniformidad en las características de frutos y arquitectura de las plantas en parcelas experimentales, las cuales sirvieron para generar cruza-mientos F1 que han sido sometidos a procesos de evaluación en Cundinamarca y en Nariño. Además, a la fecha no se ha observado, segregación ni detrimento por la homocigosis en poblaciones de las líneas homocigotas evaluadas.

Colombia, posee, además de la uchuva, una variedad de frutas exóticas de gran potencial para los mercados internos e internacionales por su sabor, apariencia y presencia de biocompuestos que pueden ser de gran beneficio para productores y consumidores. Estas especies exóticas, requieren de la caracterización de germoplasma e inclusión a programas de mejoramiento genético para obtener variedades registradas y certificadas para producción comercial.

La tecnología haploide y doble haploide, al igual que en uchuva, podría ser aplicada a los procesos de mejoramiento genético de estas especies, no solamente acortando el ciclo de obtención de variedades, sino también para la generación de frutos sin semilla (Partenocarpicos), como en el caso de lulo, guayaba y guanábana entre otros. Frutas con semillas pequeñas y mayor acumulación de mucílago en pasifloras, como granadilla, gulupa; pitayas lisas, lulo sin tricomas y tomate de árbol sin acumulación de cuerpos cal-cáreos, por ejemplo, podrían ser posibles; además resistencia a enfermedades limitantes como antracno-sis, botrytis, plagas y mejor adaptación. En aquellas especies autoestériles o de polinización abierta obliga-da, es posible generar líneas homocigotas para la generación de híbridos; en otros casos la reducción del número de cromosomas de especies tetraploide, abre las puertas para establecer planes de cruzamientos con especies relacionadas diploide que de otra manera resulta difícil o imposible de realizar.

La tecnología integrada a programas de fitomejoramiento contribuye no solo al conocimiento de la agro-biodiversidad sino también a generar poblaciones con nuevos atributos producto de la expresión de genes recesivos homocigotos que han estado enmascarados en estado heterocigoto. En relación con la agrobiodiversidad, generalmente se dice que tenemos una gran riqueza y cuando se realiza una caracterización de germoplasma, a nivel morfoagronómico o molecular, se concluye que contamos con la variabi-lidad genética suficiente para programas de mejoramiento genético, lo cual es cierto. Sin embargo, en la práctica ni la agrobiodiversidad disponible, ni la información de la caracterización del germoplasma, en relación con el aprovechamiento del germoplasma de las especies exóticas, están integradas a programas de mejoramiento genético convencional o a procesos con nuevas tecnologías, como el caso de los haploides y doble haploides. *Es hora de que pensemos seriamente en el aprovechamiento del germoplasma que nos ofrece la agrobiodiversidad de nuestras valiosas frutas exótica, a través del mejoramiento genético y sus nuevas tecnologías, porque no hay duda de que el desarrollo agrícola de un país depende y está representado por sus variedades, híbridos y clones.*

REFERENCIAS

- Georviev S. (2008). Haploids in genetics and cytogenetical research. *Biotechnol.*, Eq 22/2.
Núñez Zarantes Víctor Manuel; Sánchez Betancourt Patricia; Barrero Luz Stella; Mayorga Cubillos Franklin Giovanni; Gómez Marroquín Magda Rocío; Hernández Erick Geovanni; Garzón Gina; Enciso Félix; Navas Alejandro; Lobo Mario. (2014). Estado del arte de la investigación en uchuva, *Physalis peruviana* L. Bogotá (Colombia): Corpoica, 102 p.