

Reproducción Sexual y Asexual en Café: Uso en Mejoramiento Genético

Ing. Fabián Echeverría Beirute
Unidad de Investigación, ICAFE

La reproducción de cualquier ser vivo es la forma de perpetuar la especie, al formar un nuevo individuo a través de otro preexistente. La planta de café, no es la excepción, sin embargo, tradicionalmente se conoce una sola forma de reproducción: a través de semilla. Antes de entrar en el detalle de este tipo de reproducción, se debe considerar que existen dos formas básicas de reproducción: sexual y asexual.

La reproducción sexual, es aquella en la cual intervienen células sexuales especializadas. Dichas células o gametos, son de dos tipos: masculino (polen) o femenino (ovario). Estas células son producidas por sus respectivas estructuras y órganos, las cuales facilitan la dispersión y unión. En algunas plantas, la flor, que es la estructura de reproducción sexual, produce ambos gametos, o sólo uno. Otras veces, un individuo produce una flor con sólo un tipo de estructura, siendo esta femenina o masculina. En este caso, la planta es dioica, y cuando la flor presenta ambos tipos de gametos, se dice que son monoicas, siendo un ejemplo el café.

Sin embargo, de las 104 especies hasta el momento descubiertas del género *Coffea*, *Coffea arabica* es la única especie de importancia económica, que es autógama (auto = por ella misma, gama = unión) o autofértil, es decir, que cada una de dichas plantas, por sí solas, pueden generar un embrión viable,

producto de la unión de sus propios gametos masculinos (polen) y femeninos (ovarios).

A diferencia de todas las otras especies como *Coffea canephora*, de la cual se derivan variedades como Robusta y Nemaya, aunque presentan ambas estructuras de reproducción en la misma flor, no son compatibles entre ellos, y por ello se dice que son alógamas (alo = por diferente, gama = unión) o polinización cruzada, es decir, una sola planta no produce frutos, ya que requiere de otra planta de la misma especie, compatible para reproducirse. Debido a lo anterior, la variedad Nemaya que es utilizada como porta injertos, ya que fue desarrollada para la resistencia de nemátodos del suelo; es el producto de la combinación de dos plantas de Robusta (T 3751 y T 3561), las cuales producen una semilla “híbrida”, es decir, cruzada, la cual presenta la mitad de las características de cada una de las plantas progenitoras (padre y madre).

La reproducción sexual de estas especies de polinización cruzada, ha permitido en su forma natural, una amplia diversidad, ya que cada vez que existe una combinación entre éstas, la progenie, es decir, la semilla resultante, va a ser una combinación diferente. Esto a su vez, ha permitido que la selección natural se haya encargado de “filtrar” aquellos individuos con mejores características, y apartando aquellos con menores cualidades.



Figura 1. Fruto, flor y polinización de café. A. Fruto con semilla en interior, B. Flor de *Coffea racemosa*, C. Polinización artificial.

Un gran ejemplo de lo anterior, ha sido el desarrollo de la especie de *Coffea arabica*, la cual es el resultante de la hibridación de dos especies de *Coffea*, a saber *Coffea eugenioides* y *Coffea canephora*, que a través de cientos de años, combinó diversas características y perdió casi por completo la autoincompatibilidad (polinización cruzada). Este origen, generó una amplia diversidad en su centro de origen (Etiopía, África), que a lo largo del tiempo ha sido utilizada en pequeña escala, pero desde hace algunas décadas, retomado su importancia.

Entendiendo la importancia de la reproducción sexual, para aumentar la diversidad al combinar diferentes progenitores con características diferentes, pero también comprendiendo que la reproducción sexual en plantas autofértiles homogéneas, es decir, genéticamente estables, permite una mayor facilidad de multiplicación del individuo deseado; se debe ahora comentar sobre el otro tipo de reproducción, la asexual.

Esto implica que se produce la multiplicación de un individuo, sin que exista la unión de células sexuales, razón por la cual, son consecuencia de la capacidad del individuo de generar a través de un segmento, sea célula, tejido u órgano, otro individuo idéntico a su progenitor. Esta capacidad es comúnmente llamada “totipotencia”, siendo una característica muy notoria en las plantas.

Una hoja, un tallo o una raíz, son órganos que cumplen una función diferente a la de reproducción, sin embargo, están conformados por tejidos y estos por células, que presentan la capacidad de desdiferenciarse, es decir, dejar de ser estructural y funcionalmente lo que son, para retornar a ser otro tipo de célula similar a la que le dio origen tiempo atrás. Esta capacidad, es obviamente relativa, existiendo mayor capacidad de algunas estructuras y bajo ciertas condiciones.

Algunos cultivos presentan mecanismos de reproducción asexual, como por ejemplo los tubérculos en la papa, los bulbos en la cebolla, estolones en fresa, rizomas de la caña de azúcar, corno del banano, entre otras.

Todas estas formas, son mecanismos naturales que las plantas han desarrollado para reproducirse vegetativamente, sin embargo, artificialmente el ser humano ha aprendido a utilizar diferentes mecanismos para propagar estos y otros cultivos. Entre las técnicas más comunes se pueden citar la injertación, estacas, esquejes y cultivo de tejidos.

Para el caso del café, la injertación, como se comentó anteriormente, ha sido una técnica muy útil para combatir plagas del suelo, principalmente nemátodos, al emplear el sistema radical de variedades resistentes como el Nemaya y algunas variedades de Robusta. La injertación comúnmente empleada en café para este fin, es de tipo hipocotiledonar, la cual aprovecha el desarrollo juvenil de la plántula luego del semillero.

El desarrollo de estacas, es otra forma de obtener plantas de un mismo individuo, sin embargo, bajo las posibles modalidades de estaca leñosa, y brotes jóvenes, existen diversas limitaciones tanto prácticas como técnicas, que impiden concretar la propagación masivamente, razón por la cual, el cultivo de tejidos ha procurado ofrecer diversas alternativas experimentales y comerciales, para facilitar el mantenimiento de una planta o multiplicarla a gran escala.

El cultivo de tejidos, está basado en el mismo principio de “totipotencia”, ya que a partir de cualquier tejido, en este caso vegetal, se pretende regenerar otra planta con las mismas características a la inicial.

Así como existen diferentes métodos y técnicas para propagar una planta a nivel *ex vitro* (“fuera de vidrio”), existen diferentes técnicas para clonar o reproducir a nivel *in vitro* (“dentro de vidrio”), dependiendo del objetivo, eficiencia, recursos, tiempo, impacto, facilidades, tejido utilizado y muy importante, el genotipo (constitución genética del organismo).

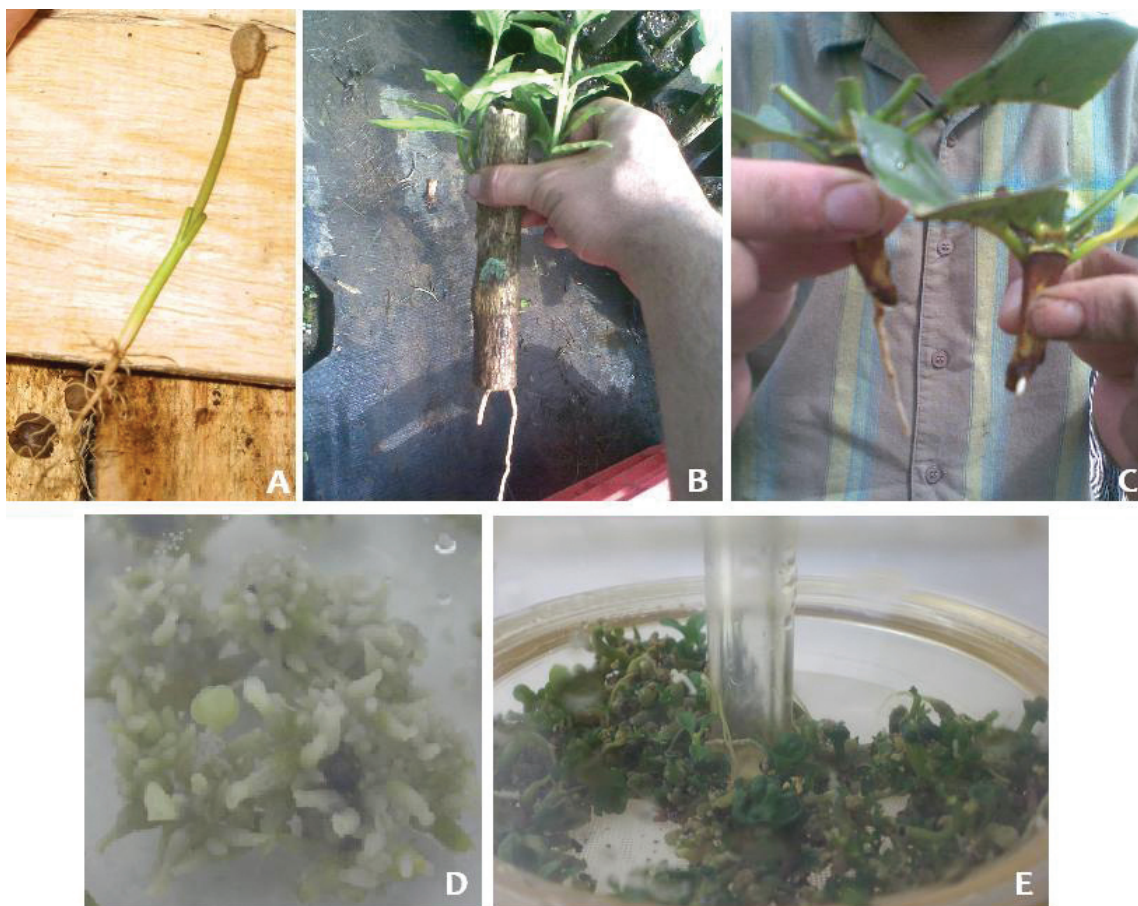


Figura 2. Métodos de reproducción asexual del café. A. Injertación, B. Enraizamiento estaca, C. Enraizamiento brote, D y E. Cultivo de Tejidos

Usos en el Mejoramiento Genético

Los mecanismos de polinización del café, según sea autógama como lo es el caso del *Coffea arabica*, con variedades como el Typica, Bourbon, Caturra, Catuai, Villa Sarchí, entre otras; o alógamas, como es el caso de *Coffea canephora*, *Coffea congensis*, *Coffea liberica*, *Coffea racemosa*, entre muchas otras especies de café, marcan las rutas de mejoramiento genético, en procura de una caficultura más sostenible.

La condición autógama o alógama de una especie, define si el comportamiento de dicha población, es homogénea o heterogénea, y a su vez, cuán estables genéticamente sean los individuos que la conforman, durante las últimas generaciones que se han reproducido.

Por ejemplo, las plantas autógamas son más propensas a mantener homogéneas sus poblaciones, ya que la polinización cruzada varía entre un 0 a 5%. Lo cual implica que cada generación sucesiva, irá uniformizando características genéticas hasta alcanzar una línea pura. Contrariamente, en las plantas alógamas hay un constante intercambio genético, debido a que los gametos de una planta van a unirse con los gametos de otra de la misma o inclusive otra especie compatible. Este intercambio disminuye la probabilidad de encontrar una planta con la misma condición genética que otra.

Sin embargo, cuando se desean incluir características de una planta a otra, la única forma es mediante la cruce o hibridación. La polinización artificial, es decir, mediante la intervención humana, puede realizarse tanto entre plantas de la misma especie, así como en otra especie, dependiendo de diversos factores.

Así por ejemplo, el desarrollo de la variedad de Catuaí en Brasil durante los años 40, fue el producto de un cruce controlado del Caturra (mutante de Bourbon de porte y entrenudos pequeños), y Mundo Novo (un cruce de Bourbon con Sumatra o Típica). Su liberación, permitió un gran avance en la productividad y adensamiento de las plantaciones; siendo todos los materiales empleados, de la misma especie: *C. arabica*.

Sin embargo, los retos de los años 70, habían mudado hacia el combate de la roya (*Hemileia vastatrix*), por el cual, se inició la investigación hacia materiales con resistencia al hongo. Fue gracias al descubrimiento del Híbrido de Timor (proveniente de la isla Timor), que se obtuvieron rutas para el mejoramiento del café arábico hacia este patógeno. Estos materiales fueron cruces naturales (o espontáneos) entre *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, los cuales por selección natural, fueron encontrados después que una epidemia de roya acabara con aquellas plantas susceptibles. Estos híbridos naturales, presentaron por ende la facilidad de cruzarse aunque eran especies diferentes, más fueron lo suficientemente compatibles como para producir semillas que tras varias generaciones, conformaron ordenamientos genéticos adecuados. Estos materiales, mostraron no sólo controlar la roya, sino facilidad de cruzar con otras plantas de arábica, las cuales ya eran agrónomicamente interesantes, como lo son el Caturra y el Villa Sarchí. Estos materiales derivados de cruces Híbridos de Timor con Villa Sarchí y Caturra, después de varias generaciones de cruces y selecciones; desarrollaron materiales con importantes aumentos en la producción, resistencia a roya, y en determinados casos, cualidad de bebida. Dichos materiales liberados entre 1989 y 1995, conformaron un grupo diverso de opciones agronómicas para muchas regiones productoras del mundo, más la adaptabilidad y el manejo de cada país y región, permiten o no su aprovechamiento.

Durante los años 1991-1999, En Costa Rica y con participación del ICAFE, el Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico de la Caficultura en Centroamérica, Panamá, República Dominicana y Jamaica (PROMECAFE), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, junto con el Centro de Investigaciones Agronómicas para el Desarrollo (CIRAD) de Francia, desarrollaron un programa de aumento de la diversidad genética de los cultivares de café comercialmente utilizados, mediante la hibridación con plantas de *Coffea arabica* silvestres seleccionadas de la colección del CATIE introducidas entre los años 1964 y 1966, por FAO y ORSTROM, respectivamente. El resultado de estos cruces, debido al incremento del vigor híbrido, es decir, aumento en la robusticidad de los materiales, ha generado mayores oportunidades de adaptabilidad, producción y calidad para la región, importante aporte para nuestro país.

Sin embargo, el desarrollo de estos materiales no hubiese sido provechosa, de no ser por la investigación en métodos de cultivo de tejidos, que permitiesen clonar, la planta más sobresaliente del primer cruce entre el material comercial y el silvestre, para observar su comportamiento con mayor representatividad de plantas, en zonas geográficas y altitudes. Es por ello que, dichas metodologías biotecnológicas, aunado al mejoramiento tradicional, han marcado una nueva era para el desarrollo y utilización comercial de los materiales genéticos mejorados, reduciendo el tiempo de espera para la siembra comercial de un material experimentado. Dicho de otra forma, el empleo de la reproducción sexual para la introducción de características genéticas deseables, junto con las tecnologías de cultivo de tejidos que aprovechan la capacidad de las plantas de reproducirse asexualmente, permite una mejora continua y un aprovechamiento comercial más temprano del café.

Cuadro 1. Ventajas y desventajas de la reproducción Sexual y Asexual en las plantas

Tipo de Reproducción	Ventajas	Desventajas
Sexual	- Incrementa la diversidad en plantas alógamas. - Rápida multiplicación de materiales estables en autógamias. - Introducción de características deseables.	- Disminuye la diversidad en plantas autógamias (sin no se realizan cruces artificiales). - Muchas generaciones necesarias para obtener un material estable.
Asexual	- Reproduce exactamente la misma planta originaria. - Permite la generación de líneas en plantas alógamas.	- Disminución en diversidad presiona pérdida de resistencia biótica (hacia insectos, hongos, nematodos, etc.). - Dificultad para multiplicar masivamente bajo técnicas convencionales.

Literatura Consultada

- Anthony, F.; Astorga, C.; Berthand, J. 1999. Los recursos genéticos: Las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. Capítulo 11. Desafíos de la caficultura en Centroamérica. Ed. por Bertrand, B. y Rapidel, B. IICA-PROMECAFE-CIRAD-IRD-CCCR Francia. San José, Costa Rica. pp. 496
- Berthand, J.; Durán, M.; Anzueto, F.; Cilas, C.; Etienne, H.; Anthony, F.; Eskes, A. 2000. Genetic study of *Coffea canephora* coffee tree resistance to *Meloidogyne incognita* nematodes in Guatemala and *Meloidogyne* sp nematodes in El Salvador for selection of roostock varieties in Central America. *Euphytica* 113. 78-86 p.
- Bertaud J., & Charrier A., 1988. Genetics resources of *Coffea*. En: Clarke, R.; Macrae, R. *Coffee* vol 4. Agronomy. Elsevier Applied Science, London, pp. 1-42
- Cros, J.; Lashermes, P.; Marmey, P.; Anthony, F.; Hamon, S.; Charrier, A. 1993. Molecular analysis of genetic diversity and phylogenetic relationships in *Coffea*. ASIC, 15° Colloque, Montpellier, 1993. ORTOM Fonds Documentaire N° 39133.
- Goncalves, M.; Rodríguez, M. 1976. Estudios sobre o café de Timor. II. Nota sobre as possibilidades de produção do Híbrido Timor no seu habitat natural. Lisboa, Portugal. *Comunicações*, 86. pp. 31-72
- González, J.; Gutiérrez, G. 1978. Respuesta de algunos cultivares de *Coffea arabica* a diferentes densidades de siembra. *Agronomía Costarricense*. N° 2, Vol. 1. pp 61-68
- Lashermes, P.; Andrzejewski, S.; Bertrand, B.; Combes, M.; Dussert, S.; Grasiozi, G.; Trouslot, P.; Anthony, F. 2000. Molecular analysis of introgressive breeding in coffee (*Coffea arabica*). *Theoretical and Applied Genetics*. 100. 139-146 p.
- Lashermes, P.; Combes, M.; Topart, P.; Anthony, F. 2000. Phylogenetic relationships of coffee species and origin of *Coffea arabica* tetraploid genome. En: Anthony, F.; Rodríguez, E. *Mejoramiento sostenible del café arabica por los recursos genéticos, asistido por los marcadores moleculares, con énfasis en la resistencia a los nematodos*. Taller. Publicación especial CATIE/IRD. Turrialba, Costa Rica. pp. 97
- Noir, S.; Anthony, F.; Bertrand, B.; Combes, M.; Lashermes, P. 2003. Identification of a major gene (Mex-1) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. *Plant Pathology*, 52. 97-103
- Van der Vossen. 2001. *Agronomy I: Coffee breeding practices*. En: Clarke, R.; Vitzthum, O. *Coffee: Recent Developments*. Londres, UK: Blackwell Science, 184-201.