

EL BANCO DE GERMOPLASMA de café de la UACH-CRUO en Ixtatusco, Veracruz, México.

ESTEBAN ESCAMILLA PRADO, Profesor-Investigador del CRUO/CENACAFÉ. Universidad Autónoma de Chapingo.

Contexto mundial y nacional

El café es uno de los productos básicos de mayor valor y desempeña un importante papel económico y social a nivel mundial. El grano sirve como la principal fuente de ingresos en más de 80 países productores y es cultivado por 125 millones de productores distribuidos en América Latina, África y Asia (Osorio, 2002; Musoli *et al.*, 2009; Escamilla y Landeros, 2016). Desde 1989, con la suspensión de las cláusulas del Convenio Internacional del Café, los productores han sufrido crisis recurrentes por la caída de los precios en el mercado internacional.

A partir del 2012 los productores de Mesoamérica están enfrentando problemas por el brote atípico de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.), enfermedad fungosa que afectó drásticamente la producción de México y Centroamérica (Escamilla, 2016). A pesar de que la producción mundial de café ha crecido en los últimos 50 años y que para el año 2030 se proyecta una demanda de 200 millones de sacos, el sector enfrenta diversos desafíos, por lo que será difícil mantener esta tendencia de crecimiento, debido al continuo aumento de los costos de producción, así como, a los problemas relacionados con los impactos negativos del cambio climático y la mayor incidencia de plagas y enfermedades (ICO, 2014).

El café es un cultivo estratégico de considerable importancia económica, social y ambiental en México y durante casi tres décadas (1962-1989) este sector se constituyó como uno de los pilares de la economía mexicana, llegando a ser el segundo producto generador de divisas, después del petróleo.

Con 727 000 ha cultivadas, el grano es fuente principal de ingresos para 481 084 productores, en su mayoría minifundistas campesinos e indígenas; que sobreviven en regiones montañosas con altos niveles de marginación y pobreza. (Escamilla y Landeros, 2016). Con más del 90% de superficie cultivada bajo sombra, las regiones cafetaleras se han convertido en una de las principales masas arboladas subtropicales del país, con alta importancia biocultural, por los servicios ambientales y sociales que proporciona.

No obstante, su relevancia, el sector cafetalero enfrenta una problemática compleja. En los últimos veinticinco años, la crisis del sector ocasionada por la caída de los precios en el mercado internacional, el retiro del estado mexicano, los efectos del cambio climático, y la afectación de problemas fitosanitarios, y en especial a partir del año 2012, el severo brote de la roya, tuvieron consecuencias adversas, que se manifestaron en el rezago y la regresión tecnológica, ligados a los altos costos de producción, la descapitalización y migración de los productores, de tal forma que la producción, la competitividad y la exportación de café en México han disminuido en forma significativa.

Recursos genéticos y bancos de germoplasma. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define recurso genético como “*el material hereditario con valor económico, científico o social contenido en las especies vegetales y animales*”. El término recurso fitogenético se aplica a las plantas.

Los bancos de germoplasma son sitios donde se mantiene colecciones de una amplia gama de recursos fitogenéticos, en especial de los cultivos agrícolas importantes y de otras especies vegetales de interés, y tienen como objetivo gene-



ral la conservación del germoplasma a largo plazo, la preservación de sus características genéticas y su accesibilidad para los investigadores (fitomejoradores), productores y otros usuarios.

Importancia de los recursos genéticos de café

Una clave para enfrentar los principales desafíos del sector cafetalero mundial y nacional radica en utilizar los recursos genéticos del café conservados en colecciones o bancos de germoplasma (conservación *ex situ*), o en áreas protegidas y en ecosistemas (conservación *in situ*) que serán la base fundamental para desarrollar variedades mejoradas con tolerancia al estrés por sequía y bajas temperaturas, resistencias a plagas y enfermedades, alta calidad en taza y mayor producción.

En las próximas décadas, el cambio climático tendrá un gran impacto en la producción de café, especialmente de *C. arabica*, que es una especie más sensible al clima. Los efectos perceptibles del cambio climático, como temperaturas más altas y precipitaciones más bajas y más erráticas, ya se han documentado en las regiones productoras de *C. arabica*. En los últimos años, las sequías y huracanes se han vuelto más frecuentes en las regiones cafetaleras y se espera que aumenten en severidad durante este siglo (Schroth et al., 2009). Los impactos directos del cambio climático resultarán en un crecimiento estresado de los cafetos, limitadas floración y desarrollo de frutos, bajos rendimientos y deterioro en la calidad física de los granos y la bebida de café. Se experimentarán brotes severos y diseminación de enfermedades tradicionales con mayor agresividad (como la roya, el ojo de gallo, el requemo, entre otras) y nuevas enfermedades (denominada emergentes, como la bacteriosis, los hongos *Myrothecium roridum* y *Colletotrichum kahawae* CBD, entre otras); daño por insectos (broca, minador de la hoja, barrenador del tallo, escamas), nematodos y ácaros. Estas afectaciones climáticas y fitosanitarias llevarán a reducir las áreas óptimas para el cultivo del café.

En base a lo anterior se hace necesario implementar una estrategia integral para la conservación de los recursos genéticos del café, a nivel mundial y nacional. El desarrollo de una estrategia de conservación de recursos genéticos de café, va a requerir diversas acciones, como son: fondos o recursos económicos estables para asegurar la conservación a largo plazo; actualizar las instalaciones y la capacidad de acceso de las colecciones a los usuarios; facilitar el intercambio y uso de germoplasma; establecimiento de una plataforma global para la colaboración en la conservación y el uso de los recursos genéticos del café; garantizar la duplicación de seguridad de todas las accesiones conservadas; y una mayor complementariedad de la conservación *ex situ* e *in situ* (Bramel et al., 2017)

Base genética de la producción de café: oportunidades y desafíos

Algunos de los problemas que enfrenta la cafecultura mundial requieren una solución genética, explotando la diversidad disponible para transferir nuevas potencialidades a las variedades cultivadas. Los programas de mejoramiento genético de café, a nivel mundial, han explotado solamente una

parte muy reducida de la inmensa reserva de genes disponibles en la naturaleza (Anthony et al., 1999).

Los recursos genéticos en café incluyen 125 especies silvestres, de las cuales 112 son nativas de África y de las Islas del Océano Índico (Razafinarivo et al., 2013; Bramel et al., 2017). Alrededor de cien especies descritas corresponden al género *Coffea* y algunas menos conocidas del género *Psilanthus*. El género *Coffea* pertenece a la familia Rubiaceae, una de las familias de plantas tropicales más grandes. Se distribuye en África, Madagascar, las Islas Comoras, las Islas Mascareñas (La Reunión y Mauricio), Asia tropical y Australia (Davis, 2010). Del total de especies de *Coffea*, solo dos se cultivan económicamente para la producción de la bebida de café, *C. arabica* L. (café arábico) y *C. canephora* Pierre ex A. Froehner (café robusta). El café arábico, el de mayor importancia a nivel global, representa aproximadamente el 60% de la producción y exportación mundial, se asocia con los mejores precios por su alta calidad. Es una planta autógama, tetraploide, susceptible a enfermedades, con excelente calidad organoléptica, con bajo contenido de cafeína (1.5%) y con rendimiento industrial estándar. Su principal centro de diversidad se localiza en Etiopía, Sudán y Kenia. (Bramel et al., 2017). En México su cultivo representa el 95 % de la superficie cafetalera (Zamarripa y Escamilla, 2016).

La especie *C. canephora* tiene una distribución mucho más amplia, cubriendo una gran área que se extiende desde África Occidental (Ghana, Guinea, Costa de Marfil, Liberia y Nigeria) a través de Camerún, República Centroafricana, Congo, República Democrática del Congo, Uganda y el norte de Tanzania hasta el norte Angola (Davis et al., 2006). Esta



especie representa el 40 % producción mundial y el 5 % de México. Es una Planta alógama, diploide, resistencia a fitoparásitos (en especial la roya y los nemátodos), con calidad estándar, alto contenido de cafeína (3.5%) y excelente rendimiento Industrial, que favorece la fabricación de café soluble.

El cultivo de *C. arabica* comenzó en el sudoeste de Etiopía hace unos 1.500 años. Se cree que el café fue introducido en Yemen desde Etiopía alrededor del siglo VI (Anthony et al., 2002), se registró el consumo por primera vez alrededor de 1450 (Vega 2008). Desde Yemen, se extendieron dos variedades, conocidas como Typica y Bourbon, dando lugar a la mayoría de los cultivares comerciales actuales de café arábica cultivados en todo el mundo. El café se propagó rápidamente a las Américas e Indonesia en forma de semillas autofecundadas, con una intensa reducción de la diversidad genética, lo que provocó un cuello de botella genético fuera de su centro de origen. Lo anterior conduce a una estrecha base genética, basada en las variedades Typica y Bourbon, que tienen un comportamiento agronómico homogéneo caracterizado por una alta susceptibilidad a muchas plagas y baja adaptabilidad.

Recursos genéticos de café en México.

La generación de tecnología apropiada y en particular la creación continua de variedades mejoradas, con altos rendimientos y calidad, resistentes a fitoparásitos y a los diversos tipos de estrés, es una necesidad apremiante, como vía de solución a los problemas que aquejan a la cafecultura (Zamarripa y Escamilla, 2016).

Por su condición de cultivo introducido, la variabilidad genética de café disponible en México es muy reducida, limitándose a unos pocos cultivares, los que a su vez descienden de Typica y Bourbon. Esta situación hace vulnerable a la cafecultura mexicana ante una agresión de enfermedades. La variabilidad genética es la base de todo programa de mejoramiento y ante la estrecha diversidad genética existente en México, es de suma importancia la introducción y conservación de germoplasma que posea características de interés para el mejoramiento integral del cafeto, y que contribuya a solucionar problemas importantes que afectan a la cafecultura nacional.

Los esfuerzos más importantes de introducción y conservación de recursos genéticos los realizó el desaparecido Instituto Mexicano del Café (INMECAFE), en el período 1958-1993, y en menor grado, otras instituciones como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El INMECAFÉ estableció cuatro bancos de germoplasma de café, tres en Veracruz y uno en Chiapas. Por su parte el INIFAP tiene bancos de germoplasma en Chiapas y Teocelo, Veracruz (Zamarripa y Escamilla, 2016).

Mejoramiento Genético del Cafeto. Las acciones de mejoramiento genético realizadas en México se resumen en la obtención de dos variedades, Garnica obtenida por el INMECAFÉ (1958-1993) y la variedad Oro Azteca liberada por INIFAP en 1995. Sin embargo, en México es urgente contar con un Programa de Mejoramiento Genético del Café, como el objetivo es obtener variedades mejoradas en cuanto a su calidad organoléptica y física, con buenas características



agronómicas, resistencia a fitoparásitos y altos rendimientos de grano. La estrategia debe integrar acciones de investigación relacionadas con el mejoramiento considerando los diferentes problemas del café, por la naturaleza del cultivo y de las técnicas empleadas, el mejoramiento genético es un proyecto a mediano y largo plazo (Zamarripa y Barrera, 1996). La propuesta de investigación debe considerar las líneas de trabajo siguientes:

- 1) Introducción de materiales genéticos. Debido a la escasa variabilidad genética presente en las variedades mexicanas, este proyecto considera introducir de países americanos y africanos, materiales con características deseables de *C. arabica* y especies de *Coffea* con características de interés para el proyecto.
- 2) Conservación de germoplasma. Considerando que la variabilidad genética es la base de un programa de mejoramiento, se contempla conservar el germoplasma en campo y en condiciones *in vitro*, disminuyendo así los riesgos de pérdida de material valioso.
- 3) Hibridación intra e interespecífica. El objetivo es transferir las características deseables de una variedad introducida (calidad, tamaño del grano, resistencia, entre otras) a una variedad adaptada a las condiciones ambientales del país y seleccionar las mejores descendencias.
- 4) Ensayos regionales de evaluación. Evaluar la adaptación de las mejores progenies en las principales regiones cafetaleras de México.
- 5) Propagación de variedades seleccionadas mediante el cultivo *in vitro*. Se considera la aplicación de embriogénesis somática en medio líquido para la propagación de los híbridos seleccionados de café.

El Banco Nacional de Germoplasma de Café del CRUO-UACH La Universidad Autónoma Chapingo (UACH) a través del Centro Regional Universitario Oriente (CRUO), posee el Banco de Germoplasma de café de mayor importancia a nivel nacional y que concentra más del 90% de los recursos genéticos disponibles en México.

La primera colección de variedades en el predio del CRUO se estableció en 1981, con un lote de 48 variedades que donó el Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ) a la Universidad Autónoma Chapingo, proveniente de su Campo Experimental "Garnica". A partir de 1999 se inició la formación del Banco de Germoplasma, en el predio del Centro Regional Universitario Oriente (CRUO), de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), ubicado en Huatusco, Veracruz, México. El proyecto fue financiado por el Sistema Regional de Investigación del Golfo (SIGOLFO) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) con clave 98-01-032-V. Las actividades más relevantes realizadas en el banco de germoplasma son las siguientes:

1. **Origen de los materiales.** Los materiales que conforman el Banco de Germoplasma proceden de la donación de instituciones, de la introducción de accesiones de diversos países productores de café y de materiales seleccionados en diversas regiones cafetaleras del país.

En los campos experimentales que fueron del Instituto Mexicano del Café (INMECAFÉ) localizados en el estado Veracruz (Campos Ixtacuaco, Garnica y Palomas) se rescataron 113 materiales que corresponden a la especie *Coffea arabica* L., 24 materiales derivados del cruzamiento del Híbrido de Timor por Caturra (Catimores), 10 clones de *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner y la especie *Coffea liberica* var. *dewevrei*. Con el apoyo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas, se colectaron 26 materiales derivados del H. de Timor.

Durante 1999 y hasta el año 2000 se introdujeron 47 materiales procedentes de Brasil, Colombia, Costa Rica, Nicaragua y Puerto Rico. De 2000 a 2017 se han introducido diversos materiales de Brasil, Colombia, Australia, Guatemala y El Salvador.

Así mismo, se seleccionaron materiales sobresalientes cultivados por cafecultores en regiones cafetaleras de Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla. Sin embargo, también se han tenido pérdidas de algunos materiales por las heladas ocurridas en los años 2011 y 2013.

En la actualidad, el Banco de Germoplasma cuenta con más de 300 accesiones, con seis ejemplares cada una y un total de 1800 individuos; incluye variedades comerciales, híbridos específicos y materiales en proceso de mejoramiento, con características sobresalientes en calidad del grano, rendimientos en cereza y pergamino, resistencia a patógenos (roya, nemátodos y CBD), entre las más importantes.

2. **Establecimiento y organización del Banco de Germoplasma.** Durante el periodo 1999-2000 se establecieron 103 materiales en el Banco de Germoplasma y 142 accesiones se plantaron en el verano del 2001. En esta primera etapa se establecieron 245 accesiones en el Banco de Germoplasma de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en Huatusco, Veracruz, México.

El Banco de Germoplasma está organizado en secciones en base a las especies, sus características distintivas o al origen de las accesiones, como son: i) Variedades de porte alto tradicionales: Typica (selecciones 947, 949, xanthocarpa); Bourbones (salvadoreño, amarillo, tekisic, rosado, naranja, entre otros); Mundo Nuevo; Maragogype, Mundo Nuevo, Pluma Hidalgo y Blue Mountain. En esta sección ha destacado la Java, material muy parecido al Typica, pero más vigoroso, de alta calidad; ii) Variedades de porte alto no convencionales: SL, Geisha, Batie, Dessie, Mibirizi, Sumatra, Moka, Laurina, Kaffa, entre otras; iii) Variedades de portes bajo e intermedio convencionales, cómo: Caturra, Catuai, Garnica; y no convencionales cómo Pacas, Villalobos, Villa Sarchi, Pacamara, Pache, San Ramón, entre otras; iv) Variedades derivadas del Híbrido de Timor con Caturra (catimores), Oro Azteca, Costa Rica, Colombia (variedad multilineal); v) Variedades derivadas del Híbrido de Timor por Villa Sarchi (sarchimores). Sarchimor T5296 (Cuscatleco, Parainema); Limani, lapar 59; Marsell o Marsellesa; vi) Variedades de Brasil: Icatú, Catucaí rojo y amarillo; Obata, Catigua. Paraiso, Aachua, Topazio; vii) Variedades de Colombia: Castillo, viii) Variedades de Guatemala: Anacafé 14; ix) Híbridos de CIRAD-ECOM, como H14, H15, H16, H17, H18 y H19; x) Variedades seleccionadas por los productores en diferentes regiones del país, cómo son: Bourbon negro, Bourbon Peñasco, Alfonso, Tanetze, Sochiapa, entre otras. Así mismo se han colectado diversas variantes de Geisha, una variedad promisoría por su alta calidad en taza.

3. **Manejo agronómico del Banco de Germoplasma.** En sus inicios el banco de germoplasma se manejó en forma convencional utilizando fertilizantes químicos, sin embargo, a partir del 2013 se decidió hacer la transición hacia café orgánico, para lo cual se implementó un Programa Orgánico, logrando en el año 2016 el Certificado Orgánico por parte de la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos (CERTIMEX) y el Distintivo Nacional de Producto Orgánico de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).



4. **Caracterización y evaluación de los materiales.** En el periodo 2002-2017 se han caracterizado morfológicamente y se ha evaluado la adaptación de los materiales del Banco de Germoplasma, su caracterización morfológica, su productividad y, la calidad física y sensorial del grano y la bebida. Como resultado de la caracterización de materiales y de la evaluación de la calidad, se ha obtenido y registrado ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), en el año 2016 se registró la Variedad denominada Questlansase (fruto cuadrado). Así mismo en el periodo 2016-17 se inscribieron y registraron 20 variedades de café como dominio público en el catálogo nacional de variedades vegetales (CNVV) del SNICS.

Programa de Mejoramiento Genético. El Banco de germoplasma será la base para iniciar un Programa de Mejoramiento Genético en México, que contempla la creación de híbridos para mejorar la calidad organoléptica de la bebida que permita mayor competitividad en el mercado internacional, aunado a características genéticas de resistencia a la roya y altos rendimientos. Para ello se han iniciado en la flora del año 2017 una serie de cruces dirigidas que permitan conjuntar calidad, rendimiento y resistencia, empleando variedades como Typica, Bourbon, Geisha, Java, Garnica, Oro Azteca y Catucai,

Comentarios finales. La diversidad genética en café *C. arabica* cultivado en México es muy reducida, limitándose a unos pocos cultivares, los que a su vez descienden de Typica y Bourbon. Esta situación hace vulnerable a la caficultura mexicana ante una agresión de enfermedades, como fue el caso de la roya. A pesar de la introducción de progenies con resistencia a la roya anaranjada y de alto rendimiento como son los Catimores y los Sarchimores, de los cuales se han liberado nuevas variedades, pero no se ha explotado la gran riqueza genética existente en el género *Coffea*. En el Banco de germoplasma de la UACH-CRUO se ha logrado rescatar y concentrar más del 90% de los recursos genéticos disponibles en México, convirtiéndose así, en el Banco de Germoplasma en Café, más importante del país. No obstante, es importante la vinculación con instancias internacionales como PROMECAFE y World Coffee Resources, y continuar la relación con los centros de investigación de los países productores de América Latina, en particular con Brasil, Colombia y Centroamérica; asimismo, se deben establecer relaciones con países europeos y africanos involucrados en la conservación y evaluación de los recursos genéticos de café. La sostenibilidad de la cadena nacional del café dependerá de la investigación y el desarrollo basados en el germoplasma conservado para su uso en el futuro. Estos esfuerzos tendrán que ser apoyados por todos los actores que participan en la cadena productiva, es necesario reco-

nocer la responsabilidad colectiva que los gobiernos, universidades, centros de investigación, productores, procesadores y consumidores, tienen para la conservación de los recursos genéticos de café.

Literatura citada

- Anthony, F.; C. Astorga y J. Berthaud. 1999. Los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana. En: Bertrand, B. y Rapidel, B. (eds.). Desafíos de la caficultura en Centroamérica. CIRAD/IRD/MAE/IICA/ PROMECAFE. San José, Costa Rica. pp:369-406.
- Bramel, P., Krishnan, S., Horna, D., Lainoff, B. y Montagnon, Ch. 2017. Global Conservation Strategy for Coffee Genetic Resources. Crop Trust. World Coffee Researches. 71 p. https://worldcoffeeresearch.org/.../Coffee_Strategy_Low_Res.pdf
- Davis, A. P. 2010. Six species of *Psilanthus* transferred to *Coffea* (Coffeae, Rubiaceae). *Phytotaxa* 10:41-5.
- Escamilla P., E. 2016. Las variedades de café en México ante el desafío de la roya. En: Breves de Políticas Públicas. Boletín Informativo. Programa mexicano del carbono. Proyecto Una REDD para Salvar la Sombra-de la Sierra Madre de Chiapas http://pmcarbono.org/pmc/descargas/proyectos/redd/Breves_de_Políticas_Publicas_No.4-Variedades_de_cafe_en_Mexico.pdf
- Escamilla P., E. y C. Landeros S. 2016. Cafés diferenciados y de Especialidad. SAGARPA. COFUPRO. CENACAFÉ. Universidad Autónoma Chapingo. Xalapa, Ver. ISBN: 978-607-8445-63-9. 49 p.
- International Coffee Organization. 2014. World coffee trade (1963 – 2013): A review of the markets, challenges and opportunities facing the sector. ICC 111-5 Rev. 1. Available online: <http://www.ico.org/news/icc-111-5-r1e-world-coffee-outlook.pdf> (accessed on 04 September 2016).
- Musoli, P., P. Cubry, P. Aluka, C. Billot, M. Dufour, T. De Bellis, D. Pot, D. Bielyse, A. Charrier and T. Leroy. 2009. Genetic differentiation of wild and cultivated populations: diversity of *Coffea canephora* Pierre in Uganda. *Genome*. 52:634-646.
- Osorio, N. 2002. The global coffee crisis: A threat to sustainable development. International Coffee Organization, London.
- Razafinarivo, N. J., R. Guyot, A. P. Davis, E. Couturon, S. Hamon, D. Crouzillat, M. Rigoreau, C. Dubreuil-Tranchant, V. Poncet, A. de Kochko, J. J. Kotomalala, P. Hamon. 2013. Genetic structure and diversity of coffee (*Coffea*) across Africa and the Indian Ocean islands revealed using microsatellites. *Annals of Botany* 11: 229-248.
- Schroth, G., P. Laderach, J. Dempewolf, S. Philpott, J. Hagggar, H. Eakin, T. Castillejos, J. G. Morena, L. S. Pinto, R. Hernandez, A. Eitzinger, and J. Ramirez-Villegas. 2009. Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 14:605-625.
- Zamarripa C., A. y J. F. Barrera E. 1996. Programa Nacional de Desarrollo y Mejoramiento Tecnológico para la Producción de Café en México. Proyecto Interinstitucional Nacional. INIFAP-CRUO/UACH-ECOSUR-CP. México.
- Zamarripa C. A. y E. Escamilla P. 2016. Variedades de café en México. Origen, Características y perspectivas. SAGARPA. COFUPRO. CENACAFÉ. Universidad Autónoma Chapingo. Xalapa, Ver. ISBN: 978-607-8445-59-2. 43 p.

