

## Estado actual del Programa de Mejoramiento Genético de cacao de AGROSAVIA

### Obtención de progenies y selección combinada “árbol/progenie”

En 2019, se obtuvieron 87 progenies de hermanos completos a partir de polinizaciones dirigidas, empleando un diseño factorial que involucraba 42 parentales, de los cuales 21 fueron previamente identificados por su alta productividad (Perea et al., 2013) y 7 por resistencia a monilia (Osorio-Guarín et al., 2020; Jaimes et al., 2011); 7 fueron resistentes a mazorca negra (Nyassé et al., 2007), 5 a la escoba de bruja (Osorio-Guarín et al., 2020) y 2 al mal de machete (Vieira Midlej Silva et al., 2013). Estas progenies fueron establecidas bajo condiciones de vivero en cuatro centros de investigación de AGROSAVIA, donde se evaluaron por su resistencia a *Phytophthora palmivora* a partir de inoculaciones artificiales del patógeno; 17 progenies fueron evaluadas en el Centro de Investigación Palmira, Valle del Cauca, y 30 progenies en el Centro de Investigación El Mira, Nariño. Además, en el Centro de Investigación La Suiza, Santander, se evaluaron bajo condiciones de vivero 15 progenies por resistencia a *Ceratocystis* y 6 progenies por resistencia a escoba de bruja.

De las 87 progenies, 37 se sembraron en lotes experimentales en 2020 en los centros de investigación Palmira (11 progenies), El Mira (18 progenies) y El Nus, Antioquia (8 progenies). En 2022 se establecieron en campo 21 progenies en el Centro de Investigación La Suiza. En cada lote experimental, los árboles se evalúan por vigor, componentes de productividad y por su resistencia a las limitantes fitosanitarias que predominan en cada localidad.

Las progenies serán evaluadas en campo durante al menos ocho años, con el objetivo de seleccionar los mejores árboles dentro de las mejores progenies

para mitigar el efecto potencial de la posición del árbol en el lote. Algunos de los árboles seleccionados serán utilizados como parentales del siguiente ciclo de recombinación, mientras que otros serán evaluados en ensayos clonales, multilocales, para la selección de nuevos clones comerciales.

Los marcadores moleculares asociados a resistencia a monilia y a escoba de bruja, identificados por AGROSAVIA (Osorio-Guarín et al., 2020), serán validados y utilizados para apoyar la selección de progenies resistentes a estas limitantes fitosanitarias.

La larga duración de cada ciclo de selección, el requerimiento de grandes extensiones de superficie para la evaluación de progenies y de ensayos clonales, y los costos para su mantenimiento han afectado el avance y la continuidad de los programas de mejoramiento genético de cacao en el país, por lo que es importante el desarrollo de un programa nacional de mejoramiento genético, a partir de un esquema colaborativo entre instituciones que favorezca la evaluación de un mayor número de parentales, progenies y ensayos clonales multilocales.

## Siguientes ciclos de SR

Los árboles seleccionados en los ciclos anteriores se usan como parentales para la creación de nuevas progenies. Se espera que, en cada ciclo de SR, se obtengan árboles que acumulen más alelos favorables. Además de los árboles seleccionados durante el ciclo anterior de SR, también se usarán como parentales árboles identificados como promisorios en el banco de germoplasma y en ensayos clonales que están actualmente en evaluación, establecidos con genotipos sobresalientes identificados en predios de productor en la década de los noventa. El objetivo de esto es introducir de forma constante diversidad genética al programa. Algunos atributos como tolerancia a estrés abiótico, baja asimilación de cadmio y calidad también son considerados en el programa. Asimismo, se contempla el uso de herramientas de selección temprana con el propósito de mejorar la precisión de selección y evaluar un mayor número de plantas bajo condiciones controladas. Lo anterior permite aplicar una presión de selección más alta y establecer en campo plantas identificadas como promisorias. El uso de estas herramientas variará en función del atributo de interés que se esté estudiando.

En Colombia, la técnica más común de propagación de cacao es la injertación; con esta se combinan atributos agronómicos de interés y de importancia económica entre copas y portainjertos. En algunas especies, los portainjertos son escogidos no solo por las características propias de su sistema radicular, sino también por las características que puedan transmitir a la copa (Warschefsky et al., 2016). Dentro de los materiales más utilizados como portainjertos en Colombia se encuentran IMC 67, PA 121, PA 46, P 7 y PA 50, seleccionados por su resistencia a *Phytophthora* sp., *Ceratocystis* sp. y adaptación a suelos ácidos (Palencia C. et al., 2007). Sin embargo, estos materiales no cuentan con información relacionada con su efecto sobre el desarrollo de copas de interés. Los efectos de la injertación pueden variar ampliamente en función de la característica que se encuentre en estudio y es fundamental escoger, de manera apropiada, la combinación copa × portainjerto, con el fin de obtener la respuesta esperada como disminución de la incidencia de enfermedades del suelo, eficiencia en la toma de nutrientes, incremento en la producción, menor absorción de cadmio, entre otras. Algunos de los atributos estudiados en portainjertos de cacao son vigor (Pang, 2004) y resistencia a patógenos como *Moniliophthora perniciosa* (Ribeiro et al., 2016); sin embargo, aún no se cuenta con información para la mayoría de los atributos de interés referentes al efecto del portainjerto en el desarrollo de la copa frente a factores de estrés biótico y abiótico.

A partir de 2019, AGROSAVIA empezó un programa de investigación en portainjertos de cacao, cuyo primer objetivo ha sido identificar los atributos agronómicos para los cuales el portainjerto tiene un efecto sobre el desarrollo de la copa. Familias de hermanos completos son obtenidas a partir de cruzamientos dirigidos entre árboles parentales promisorios y las progenies son evaluadas bajo factores de estrés biótico o abiótico. Los resultados de la primera fase de investigación contribuirán a definir la estrategia que se va a adoptar para cada atributo en un programa de mejoramiento genético, como se describe a continuación:

1. Cuando no hay efecto del portainjerto sobre la copa, el programa se enfocará en la selección de copas.

2. Cuando la influencia del portainjerto sobre la copa sea importante, el atributo será considerado en el programa de mejoramiento genético de portainjertos.
3. Cuando la influencia del portainjerto y la interacción copa × portainjerto sean importantes, el atributo será considerado y la selección de los portainjertos será implementada utilizando combinaciones con clones de interés como copa.
4. Una vez identificados los atributos para los cuales el portainjerto ejerce un efecto y la interacción copa × portainjerto sea importante, se combinarán atributos de interés en el portainjerto a partir de un programa de mejoramiento genético.

Los primeros atributos de interés contemplados en el programa de investigación en portainjertos de AGROSAVIA son acumulación de cadmio (Fernández-Paz et al., 2021), tolerancia al déficit hídrico, tolerancia a saturación de aluminio y resistencia a limitantes fitosanitarias como *Phytophthora palmivora*.

Teniendo en cuenta la amplia diversidad edafoclimática del país, los diferentes factores de estrés biótico y abiótico, así como la complejidad de los ensayos multilocales, se propone aunar esfuerzos entre instituciones para el establecimiento, la evaluación y la selección de clones, portainjertos y combinaciones copa × portainjerto en diferentes localidades. El trabajo colaborativo entre instituciones permitirá la generación de planes de manejo agronómico de las variedades seleccionadas. El nivel de auto e intercompatibilidad también será evaluado para identificar los clones que necesitan ser cultivados en mezcla en un mismo lote. En este caso, se recomendarán diseños de siembra de clones intercompatibles, con niveles de vigor similares (para evitar competencia) y desarrollo similar.

## **Estrategia Nacional de Mejoramiento Genético de Cacao: una propuesta para aunar esfuerzos en beneficio del productor de cacao colombiano**

Con el objetivo de poner en marcha un programa nacional de mejoramiento genético de cacao, y siguiendo la estrategia de recombinación genética descrita en el documento, se propone comenzar por la creación de un comité nacional de mejoramiento genético de cacao, en el cual participen representantes de las diferentes instituciones del país que tienen en marcha actividades de mejoramiento genético de la especie. Dentro de las responsabilidades del comité deben contemplarse la revisión de los objetivos del programa de mejoramiento genético, además de la estrategia de SR que se propone para alcanzarlos. En aras de unificar la información con la que se cuenta, el comité nacional de mejoramiento genético de cacao deberá seleccionar una plataforma en la cual se registre la información obtenida de la evaluación de materiales genéticos, en diferentes regiones del país, alcanzada por las diferentes instituciones que participan en el comité.

De esta manera, la información registrada en la plataforma será analizada para una primera identificación de parentales con atributos agronómicos de interés y de importancia económica, además de un primer análisis de la interacción con el ambiente. Todas las instituciones que hagan parte del comité tendrán acceso a la información de los parentales, progenies, ciclos de recombinación y parámetros genéticos, con el propósito de apoyar el programa nacional de mejoramiento genético de cacao. Como resultado de los primeros análisis, se definirán diseños de cruzamientos, según los objetivos establecidos y las limitantes principales para las diferentes zonas productoras del país. Esto con el fin de apoyar los ciclos de recombinación genética contemplados en la estrategia de SR.

