

Mejoramiento Genético



Subprograma MEG101. Desarrollo de métodos y herramientas para mejoramiento genético

Evaluación de marcadores microsatélites asociados a los SNPS CK-2 Y CK-3 de resistencia al CBD (*Colletotrichum kahawae* sub. sp. *kahawae*). MEG101004

En ausencia de la enfermedad de las Cerezas del Café (CBD) en Colombia, la única alternativa para avanzar en la selección de genotipos con resistencia al patógeno es mediante el uso de marcadores genéticos asociados a los genes de resistencia a *Colletotrichum kahawae*. En estudios previos, se reportó la identificación de dos marcadores microsatélites putativamente relacionados con la resistencia a *C. kahawae* derivada de la variedad Rume Sudán.

Durante este año, la población F₂, resultante del cruzamiento IAPAR 59 x Rume Sudán (1427), fue fenotipificada en el Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC, Portugal). Esta se llevó a cabo utilizando tres aislamientos del hongo: Angola (Ang29), Camerún (Cam1) y Kenia (Que2), que difieren no sólo genéticamente, sino también por su nivel de agresividad. Como testigos susceptibles se incluyeron las variedades IAPAR 59 y Caturra, mientras que Rume Sudán se empleó como testigo resistente.

En el testigo resistente se observó baja resistencia frente a los aislamientos Ang29 y Cam1 (30,8% y 36,1%, respectivamente) y alta resistencia frente al aislamiento Que2 (92%). En la población F₂, los aislamientos de Angola y Camerún redujeron significativamente los niveles de resistencia, agrupando la mayoría de las plantas

en las categorías de muy baja y baja resistencia. Por el contrario, frente al aislamiento Que2, el 61% de las plantas mostró resistencia moderada y una planta alcanzó un nivel de alta resistencia (82,9%). Estos resultados evidencian diferencias en la presión patogénica entre los aislamientos evaluados, siendo Ang29 y Cam1 más agresivos que Que2.

Subprograma MEG102.

Mejoramiento por resistencia a enfermedades

Desarrollo y evaluación de poblaciones con resistencia a roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Broome) derivada del híbrido de Timor. MEG102023

La resistencia a la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) es uno de los objetivos básicos para los programas de mejoramiento genético debido a su impacto negativo sobre los sistemas productivos. El Híbrido de Timor ha sido la fuente de resistencia por excelencia, dado que reúne en una misma planta al menos cinco genes de resistencia a la enfermedad, en ocasiones acompañada de otras características de interés agronómico. Este potencial se ve reflejado en el hecho de que solo para Colombia, una planta ha dado origen a más de 80 progenies que han sido componentes de las variedades usadas en la caficultura colombiana. Plantas originadas a partir de la introducción inicial, seleccionadas por su potencial agronómico y conservadas en la Colección Colombiana de Café han mostrado después de más de 25 años de evaluación estar completamente libres de la enfermedad, característica posiblemente ligada a la presencia de genes de resistencia diferentes a los ya empleados en la caficultura colombiana. Once poblaciones F₂ se desarrollaron a partir de estos genotipos, seis de las cuales fueron evaluadas para tres variables de crecimiento y la incidencia de roya. En las poblaciones F₂, a pesar de ser las plantas de porte alto eliminadas en etapa de almácigo, la altura promedio difirió estadísticamente de la variedad Cenicafe 1 (Figura 1), acompañado de un mayor número de pares de ramas (Figura 2). En el caso de la resistencia a la roya, después de cuatro evaluaciones el 35% de las plantas que conforman la población están libres de la enfermedad, mientras en el 46% presentan los valores

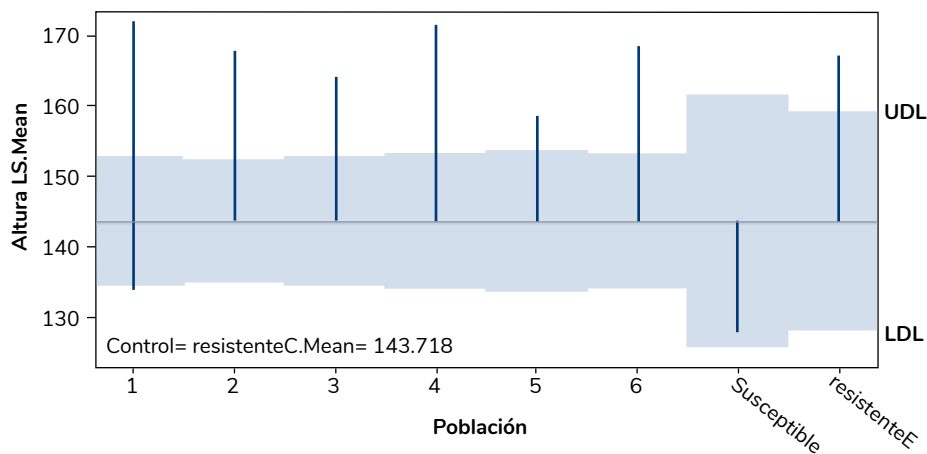


Figura 50. Medias ajustadas para la variable altura (cm) en plantas de 24 meses, pertenecientes a seis poblaciones F_2 derivadas del cruzamiento con el híbrido de Timor 1343 I.573, comparado con el valor promedio de la variedad Cenicafé 1. Los valores de la variedad Caturra y un derivado de HIE establecidos dentro del lote experimental son incluidos. El área sombreada indica los límites de confianza al 95% ajustados con la prueba de Dunnett.

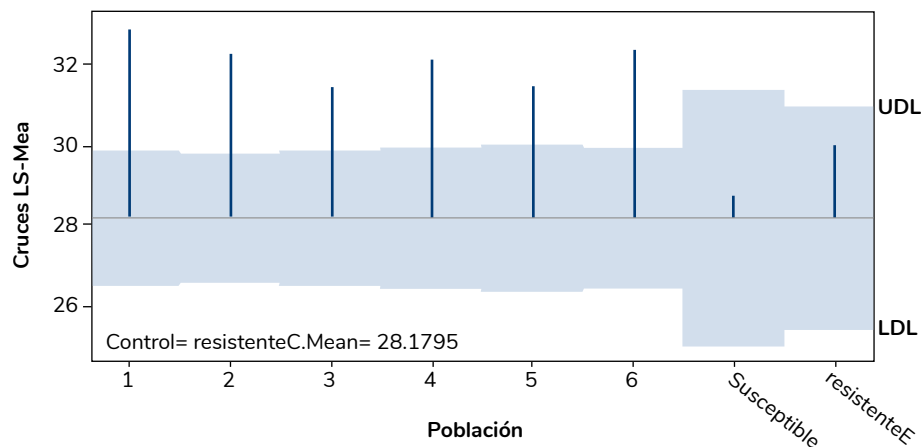


Figura 51. Medias ajustadas para la variable número de cruces (pares de ramas) en plantas de 24 meses pertenecientes a seis poblaciones F_2 derivadas del cruzamiento con el Híbrido de Timor 1343 I.573, comparado con el valor promedio de la variedad Cenicafé 1. Los valores de la variedad Caturra y un derivado de HIE establecidos dentro del lote experimental son incluidos. El área sombreada indica los límites de confianza al 95% ajustados con la prueba de Dunnett.

más bajos de evaluación, los cuales indican la presencia de la enfermedad, siendo difícilmente apreciable (Tabla 26). El análisis de los datos obtenidos en las poblaciones indica la posibilidad de realizar selección por diversos atributos para la creación de las familias F_3 .

Evaluación y selección de progenies originadas a partir de hibridación interespecífica entre *Coffea arabica* x *Coffea canephora* por su resistencia a la roya y desempeño agronómico. MEG102025

Desde el lanzamiento de la variedad Colombia en 1982, el parque cafetero nacional ha incrementado de manera significativa la participación de variedades mejoradas, alcanzando en 2025 un 88% del área sembrada con variedades resistentes a la roya. La resistencia de estas variedades se basa en genes derivados del híbrido de Timor 1343, lo que incrementa el riesgo de aparición

y prevalencia de razas compatibles capaces de vulnerar el esquema de resistencia. La presente investigación tiene como objetivo incorporar genes de resistencia a *Hemileia vastatrix* Berk. & Broome provenientes de *Coffea canephora*, los cuales no han sido previamente expuestos en el país. Esta investigación contribuirá a fortalecer la estrategia de diversidad genética del parque cafetero, garantizando la durabilidad de la resistencia en condiciones de campo.

Para esto se está evaluando el desempeño de 88 familias F_3RC_2 , provenientes de cuatro cruzamientos complejos que involucran Caturra Rojo, Borbón resistente a llaga macana y diferentes variedades de *C. canephora* robusta de la Colección Colombiana de Café, que mostraron alta adaptación a las condiciones de la caficultura colombiana. Los resultados muestran que el 73% de las familias evaluadas son altamente resistentes a la roya, cumpliendo con el parámetro de selección establecido, donde al menos el 80% de las plantas de cada familia presentaron valores de incidencia máxima iguales o menores a 3 en la escala de Eskes & Toma-Braghini. Sobresalen las familias MEG6.73 #237 y MEG6.73 #37, con el 96% y 92% de sus plantas, respectivamente, en grado cero de ataque en todas las evaluaciones, demostrando un enorme potencial. En contraste, el testigo susceptible Caturra solo tuvo un 4% de sus plantas con valores inferiores a 3, evidenciando su alta susceptibilidad (Tabla 2).

Al analizar la producción registrada entre marzo de 2024 y junio de 2025, el 64% de las familias (57 en total) mostraron una diferencia significativa y positiva en comparación con el testigo de referencia Cenicafé 1. El promedio general de producción fue de 6,6 kg de café cereza por planta, superando los 4,37 kg CC del testigo. Familias como MEG6.73 #612, MEG6.73 #112 y MEG6.73 #64 se destacaron con promedios superiores a 8 kg por árbol (Tabla 2).

Tabla 26. Incidencia de roya en seis poblaciones F2 derivadas del cruzamiento con el Híbrido de Timor 1343 I.573.

Población	Cruzamiento	Porcentaje de plantas en cada grupo de incidencia (Escala de Eskes & Braghini)			
		0	1 - 3	4 - 5	>6
1	BH.1181 x HdT 1343 I.573	11%	42%	37%	10%
2	CU.1858 x HdT 1343 I.573	34%	58%	8%	
3	CU.1876 x HdT 1343 I.573	29%	56%	13%	2%
4	CU.1954 x HdT 1343 I.573	29%	48%	22%	1%
5	MEG667 #114 x HdT 1343 I.573	47%	40%	9%	4%
6	MEG667 #131 x HdT 1343 I.573	47%	30%	17%	6%
	Comportamiento de la población F2	35%	46%	16%	3%
	Testigo comercial resistente	18%	20%	42%	20%
	Variedad susceptible			25%	75%

Las variables de crecimiento evaluadas a los 24 meses muestran que los árboles tienen una altura promedio de 170,54 cm, con 16 familias que superaron significativamente la altura del testigo Cenicafé 1 (158,5 cm). En cuanto al diámetro de copa, el promedio general fue de 167,9 cm, y 29 familias mostraron un desarrollo significativamente mayor que el testigo. Además, 20 familias presentaron un mayor número de cruces con respecto a Cenicafé 1 (29,4 cruces) (Tabla 2). Los resultados parciales, demuestran el potencial de las progenies evaluadas para diversificar la base genética de las variedades mejoradas, fortalecer la durabilidad de la resistencia, así como incrementar la productividad en el parque cafetero colombiano.

Desarrollo y evaluación de poblaciones de *Coffea arabica* L. con genes resistencia a la enfermedad de las cerezas CBD (*Colletotrichum kahawae* Waller and Bridge) provenientes de diferentes fuentes. MEG102027

En África, la enfermedad de las cerezas del café (CBD), causada por el hongo hemibiotrófico *Colletotrichum kahawae* Waller & Bridge, se reconoce como el principal factor limitante de la producción de café, debido a que puede generar pérdidas superiores al 80% del rendimiento potencial, comprometiendo la viabilidad económica del cultivo en las zonas afectadas.

De manera anticipatoria, los caficultores colombianos se encuentran preparados ante la eventual introducción del CBD- al país, al disponer de variedades con resistencia conocida a este patógeno. No obstante, resulta fundamental ampliar la base genética de resistencia, incorporando fuentes adicionales frente a los diversos aislamientos reportados de *C. kahawae*.

Con este propósito, desde 2018 se implementó un programa de cruzamientos entre progenies élite resistentes a la roya y germoplasma de diversos orígenes perteneciente a la Colección Colombiana de Café (CCC), cuya resistencia a CBD fue previamente determinada mediante un convenio de cooperación con el Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC, Portugal). Como resultado, se generaron 16 poblaciones mejoradas que actualmente se encuentran en proceso de avance.

Durante este año, se profundizó en el estudio de la genética de la resistencia al CBD en dos poblaciones F₂ con fuentes de resistencia de distintos orígenes (CCC81 y CCC1147), diferentes a la proveniente del híbrido de Timor 1343, base de las variedades mejoradas actualmente liberadas en Colombia. Los resultados obtenidos de la evaluación de 12.411 hipocótilos con tres aislamientos de *C. kahawae* [Angola (Ang29), Camerún (Cam1) y Kenia (Que29)] permitieron:

1. Confirmar, por primera vez con evidencia técnica robusta, la naturaleza poligénica de la resistencia al CBD.
2. Documentar segregación transgresiva en las poblaciones evaluadas, con individuos que superan en resistencia al progenitor donador.
3. Reportar por primera vez, evidencia sólida de la existencia de patotipos de *C. kahawae*, lo que resalta la importancia de desarrollar variedades con una base genética diversa de resistencia para asegurar la durabilidad del control en el campo.

Estos resultados representan un avance estratégico para la caficultura colombiana, al aportar nuevas fuentes de resistencia a ICBD y diversificar la base genética de los genotipos que constituirán futuras variedades mejoradas de café, fortaleciendo la capacidad del país para enfrentar futuras amenazas fitosanitarias y asegurar la sostenibilidad del cultivo.

Tabla 27. Descripción de la producción, variables de crecimiento y resistencia a la roya en las familias F3RC2 evaluadas. PACUM: producción acumulada promedio por árbol en 1,5 años productivos (2024-junio 2025). Promedio de altura del árbol, diámetro de la copa, y número de cruces evaluada a los 24 meses de establecido en el campo. % Resistencia a Roya: porcentaje de árboles resistentes (clasificados con un máximo de roya de 3 de acuerdo con la escala de Eskes & Toma-Braghini).

Familia	PACUM (kg CC árbol)		Altura 24 meses (cm)		D. Copa 24 meses (cm)		N° Cruces 24 meses		% Resistencia Roya ≤ 3
MEG6.73 #612	8,7	***	176,3		176,5	***	31,7		83
MEG6.73 #112	8,5	***	178,5	***	178,8	***	30,2		96
MEG6.73 #64	8,4	***	164,6		154,6		31,5		96
MEG6.73 #172	8,4	***	184,6	***	171,0		33,1	***	96
MEG6.73 #519	8,3	***	173,3		168,3		35,1	***	100
MEG6.73 #65	8,3	***	174,6		172,7		33,4	***	92
MEG6.73 #655	8,3	***	177,8	***	171,9		33,4	***	79
MEG6.73 #178	8,2	***	181,0	***	170,0		32,3		88
MEG6.73 #37	8,1	***	185,4	***	182,7	***	32,3		100
MEG6.73 #240	8,0	***	175,7		174,8	***	32,1		100
MEG6.73 #119	8,0	***	171,0		175,6	***	29,4		100
MEG6.73 #36	8,0	***	181,3	***	175,4	***	34,5	***	71
MEG6.73 #513	7,9	***	172,0		170,9		32,1		74
MEG6.73 #721	7,9	***	175,4		160,0		33,5	***	92
MEG6.73 #679	7,8	***	174,4		180,8	***	31,0		100
MEG6.73 #39	7,8	***	174,2		172,3		32,8		75
MEG6.73 #174	7,8	***	188,8	***	180,6	***	32,8		71
MEG6.73 #31	7,7	***	167,9		167,1		31,5		96
MEG6.73 #113	7,7	***	176,5		178,5	***	31,0		75
MEG6.73 #673	7,7	***	160,6		177,5	***	31,4		54
MEG6.73 #29	7,7	***	182,3	***	178,2	***	33,5	***	95
MEG6.73 #677	7,7	***	171,9		172,1		31,6		100
MEG6.73 #63	7,6	***	160,4		164,6		30,4		88
MEG6.73 #215	7,5	***	184,0	***	188,8	***	30,8		100
MEG6.73 #713	7,5	***	169,2		177,7	***	28,5		96
MEG6.73 #18	7,5	***	173,1		167,9		32,0		75
MEG6.73 #620	7,4	***	172,3		176,9	***	32,6		100
MEG6.73 #657	7,4	***	170,0		161,3		30,4		46
MEG6.73 #718	7,4	***	172,5		173,5		29,5		100

Continúa...

...continuación.

Familia	PACUM (kg CC árbol)		Altura 24 meses (cm)		D. Copa 24 meses (cm)		N° Cruces 24 meses		% Resistencia Roya ≤ 3
MEG6.73 #70	7,4	***	175,6		176,3	***	32,1		96
MEG6.73 #352	7,3	***	167,1		170,6		32,4		75
MEG6.73 #353	7,3	***	172,9		170,8		32,2		83
MEG6.73 #237	7,2	***	166,5		180,4	***	29,9		100
MEG6.73 #181	7,2	***	177,5	***	173,5		29,8		75
MEG6.73 #517	7,2	***	178,8	***	161,7		34,6	***	79
MEG6.73 #511	7,2	***	171,0		167,7		32,9		88
MEG6.73 #185	7,2	***	171,3		178,3	***	31,0		83
MEG6.73 #211	7,1	***	176,3		171,5		31,6		92
MEG6.73 #62	7,0	***	168,9		166,3		33,4	***	100
MEG6.73 #366	7,0	***	161,7		161,0		30,1		96
MEG6.73 #334	7,0	***	168,3		149,4		34,8	***	100
MEG6.73 #680	7,0	***	172,3		173,8		33,0		92
MEG6.73 #501	6,9	***	173,3		176,3	***	33,0		54
MEG6.73 #685	6,9	***	178,1	***	183,8	***	33,4	***	96
MEG6.73 #358	6,9	***	161,5		178,8	***	27,5		96
MEG6.73 #28	6,9	***	168,5		162,1		32,2		100
MEG6.73 #316	6,9	***	167,5		169,6		32,2		79
MEG6.73 #183	6,9	***	169,8		170,4		33,1	***	83
MEG6.73 #730	6,9	***	166,3		160,4		32,2		96
MEG6.73 #111	6,9	***	185,6	***	166,3		32,9		100
MEG6.73 #818	6,8	***	162,5		142,7		34,5	***	88
MEG6.73 #171	6,8	***	166,0		159,8		32,4		88
MEG6.73 #652	6,7	***	187,5	***	179,8	***	32,4		83
MEG6.73 #360	6,7	***	170,7		176,5	***	30,3		74
MEG6.73 #729	6,7	***	171,3		166,7		31,6		100
MEG6.73 #217	6,6	***	175,6		187,1	***	32,2		100
MEG6.73 #575	6,6	***	165,9		160,4		32,5		78
MEG6.73 #672	6,5		168,3		164,6		30,1		92
MEG6.73 #616	6,5		172,3		184,6	***	31,6		100

Continúa...

...continuación.

Familia	PACUM (kg CC árbol)		Altura 24 meses (cm)		D. Copa 24 meses (cm)		N° Cruces 24 meses		% Resistencia Roya ≤ 3
MEG6.73 #508	6,5		161,5		166,5		30,0		75
MEG6.73 #220	6,5		170,7		174,5	***	32,2		100
MEG6.73 #815	6,4		164,6		156,9		32,0		96
MEG6.73 #715	6,4		170,6		174,4	***	29,3		100
MEG6.73 #320	6,4		163,0		157,6		30,9		96
MEG6.73 #722	6,1		170,2		168,8		30,5		96
MEG6.73 #805	6,1		165,6		148,5		33,5	***	100
MEG6.73 #357	6,1		159,4		171,3		30,3		75
MEG6.73 #218	5,9		164,8		176,5	***	28,5		100
MEG6.73 #580	5,9		172,1		162,3		35,2	***	83
MEG6.73 #571	5,9		162,1		150,6		33,8	***	88
MEG6.73 #239	5,8		162,3		167,5		31,0		100
MEG6.73 #231	5,8		161,3		151,7		31,7		83
MEG6.73 #654	5,8		174,6		165,2		32,6		39
MEG6.73 #804	5,7		157,7		148,8		32,3		83
MEG6.73 #806	5,3		167,1		151,5		31,8		88
MEG6.73 #216	5,2		168,1		175,2	***	31,0		100
MEG6.73 #802	5,0		146,7		132,6		29,3		83
MEG6.73 #817	4,8		161,9		166,5		30,3		54
Cenicafé 1	4,4		158,5		152,7		29,4		17
MEG6.73 #114	4,3		184,2	***	169,0		34,9	***	79
MEG6.73 #723	3,9		169,8		143,5		30,0		75
MEG6.73 #116	3,8		170,9		181,8	***	31,3		100
Caturra	3,3		161,9		155,4		33,0		4
MEG6.73 #699	3,3		170,4		152,9		32,5		100
MEG6.73 #698	3,2		180,0	***	170,4		35,2	***	100
MEG6.73 #834	3,2		159,6		145,8		33,3	***	83
MEG6.73 #840	2,9		155,0		163,1		31,0		96
MEG6.73 #808	2,9		166,7		164,4		32,2		71
MEG6.73 #635	2,8		167,7		161,9		34,2	***	75
MEG6.73 #831	2,1		151,3		145,9		31,4		100

D.S: Diferencia Significativa con el testigo.

Subprograma MEG103. Conservación y evaluación de los recursos genéticos de café

Obtención de derechos de obtentor de variedad y registro como productores de semilla certificada de las variedades de café. MEG103002.

Con el propósito de consolidar la información relacionada con la distribución de semilla seleccionada de café en el país, se solicitó al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) el certificado de entrega de semilla seleccionada a caficultores de Colombia, correspondiente al período comprendido entre la expedición de la Resolución ICA 004266 del 10 de diciembre de 2014 y el año 2024. Según la información reportada y certificada por la Coordinación Contable de Cenicafé, durante este período se han distribuido 775.746 kg de semilla de las variedades mejoradas desarrolladas por la FNC, entregadas a los Comités Departamentales de Cafeteros para la implementación de los programas de renovación de cafetales a nivel nacional.

Cenicafé completó satisfactoriamente todos los trámites requeridos ante el ICA en la plataforma SimplifICA, obteniendo a partir de 2025 los registros oficiales en las siguientes categorías:

- Productor y exportador de semilla seleccionada.
- Unidad de mejoramiento genético.
- Evaluación agronómica y producción de semilla.

Con la obtención de estos registros, Cenicafé cumple con los requisitos normativos establecidos por el ICA y consolida su capacidad institucional para la producción, evaluación y distribución de semilla seleccionada de las variedades desarrolladas por el Programa de Mejoramiento Genético. Así mismo, estos registros son esenciales para garantizar la protección de los derechos de obtentor de nuevas variedades y el registro oficial de los cultivares de café desarrollados por Cenicafé.

Paralelamente, se culminaron los trámites administrativos asociados con los cultivares comerciales, incluyendo las aclaraciones de pagos y la actualización de las fichas técnicas de las variedades Castillo® 2.0, Cenicafé 1, Tabi, Castillo® Zona Norte, Castillo® Zona Centro y Castillo® Zona Sur. Adicionalmente, se obtuvo el registro oficial del cultivar Castillo® 2.0 y se avanzó en los trámites de derechos de obtentor para las variedades MEG105002 (Gigante #41) y MEG105001 (Líbano #617),

fortaleciendo así el proceso de protección y gestión de la propiedad intelectual sobre los materiales genéticos generados por Cenicafé.

La prueba de Distinguibilidad, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) es un requisito establecido por el ICA para el registro y protección de nuevas variedades vegetales. Su objetivo es verificar que las variedades propuestas sean diferenciables, uniformes y estables en sus características morfológicas y agronómicas, garantizando su identidad genética y respaldando el otorgamiento de los derechos de obtentor o el registro oficial del cultivar.

Con el propósito de proteger las variedades mejoradas desarrolladas para los caficultores colombianos, entre 2023 y 2025 se dio inicio al establecimiento de dos pruebas DHE. En la DHE-1 se evaluaron nueve variedades nuevas: *MEG2.32#333*, *MEG2.32#53*, *MEG2.32#66*, *MEG3.15#1449*, *MEG6.65#275*, *MEG6.65#513*, *MEG6.65#49* y *MEG6.65#691*. En 2025 se estableció la DHE-2, conformada por siete variedades adicionales: *DH0004*, *CU1871*, *MEG105002 (Gigante #41)*, *MEG105001 (Líbano #617)*, *Celestra*, *Castalia* y *Cocoon*.

Estos avances reflejan el compromiso institucional de Cenicafé con el cumplimiento de los requerimientos técnicos del ICA y la protección de los desarrollos genéticos de la FNC, fortaleciendo la base legal y científica para la liberación de nuevas variedades de café en beneficio del sector cafetero colombiano.

Conservación de la Colección Colombiana de Café. MEG103011

La diversidad genética conservada en la Colección Colombiana de Café (CCC) es de gran importancia para la caficultura colombiana, dado que le permite ofrecer una respuesta tanto a problemas presentes como oportunidades potenciales a través del fitomejoramiento. A pesar de la facilidad de acceso y evaluación a los recursos genéticos cuando son conservados en el campo, están expuestos a diferentes amenazas, entre ellas la edad misma de las plantas que pueden reducir la diversidad conservada. Durante los últimos años, las estrategias de renovación se enfocaron en reducir su pérdida, mediante la intervención de accesiones consideradas en amenaza o vulnerables de pérdida y la renovación en general de la CCC. Aunque estas estrategias fueron realizadas en las 1.028 accesiones de la CCC, los mayores esfuerzos se enfocaron en las provenientes de Etiopía, las cuales representan la mayor fuente de diversidad para la especie. De esta manera, teniendo en cuenta lotes donde el germoplasma de este origen es conservado, la media de sitios perdidos pasó del 41,2% al 5,6%, este hecho resalta que las actividades llevadas a cabo para su recuperación han sido efectivas

(Figura 52). Adicionalmente, al observar la composición actual de las accesiones conservadas en estos lotes, el 2,2% están conformadas por entre tres y cinco plantas, mientras que el 97,8% de las mismas posee entre seis y diez plantas (Figura 53). De esta manera la pérdida de diversidad representada en el número de accesiones ha sido evitada dentro de la Colección. Sin embargo, la diversidad intra-cesión, la cual está representada por las plantas originalmente establecidas, disminuyó 11,5% en los últimos siete años. Aunque este valor es inferior al observado los años 2014 y 2017, donde fue del 15,9% y 12,1%, respectivamente.

Determinación de la genética que condiciona la androesterilidad en café. MEG103016

El fenómeno de la androesterilidad constituye una herramienta valiosa en el mejoramiento genético de plantas, especialmente útil para la obtención de variedades híbridas F₁, ya que permite su multiplicación mediante semilla. Esta característica es de particular relevancia en especies autógamas como el café (*C. arabica* L.), donde la producción manual de semilla híbrida o la propagación vegetativa presentan limitaciones técnicas y económicas.

En Colombia, reconociendo el potencial de la androesterilidad para facilitar la distribución de híbridos F₁, en 2018 se realizó una exploración exhaustiva de la Colección Colombiana de Café, identificando 11 genotipos androestériles. Posteriormente, estos androestériles se caracterizaron, encontrando adicionalmente atributos de interés agronómico y de calidad en taza, como una reducción de hasta el 20% de presencia de broca (1607/379ae762, 05.16/344ae2073) y perfiles sensoriales diferenciados (05.16/318ae2148).

Se seleccionaron cinco androestériles que fueron cruzadas con tres progenies derivadas de Caturra x Híbrido de Timor 1343, caracterizadas por su alto

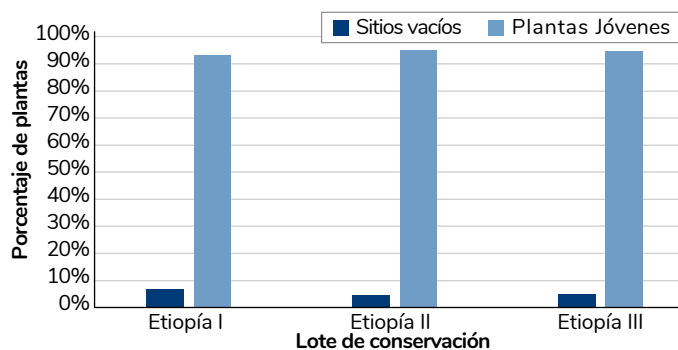


Figura 52. Estado general de 416 accesiones etíopes conservadas en tres lotes de la Colección Colombiana de Café.

desempeño agronómico, resistencia a la roya, así como excelente calidad física del grano y sensorial de la bebida. Actualmente, se encuentran en caracterización las poblaciones híbridas F₁ resultantes. Entre los hallazgos más relevantes se destaca el alto potencial productivo de los híbridos, con valores de heterosis para esta característica que oscilan entre 154% y 177% respecto al progenitor donante de polen -derivado del HdT-. No obstante, al compararlos con la variedad Cenicafe 1 (heterosis útil), solo el híbrido proveniente del androestéril 05.16/318ae2148 mostró una diferencia estadísticamente significativa (Figura 54).

La caracterización agronómica en curso, junto con la determinación del control genético de la androesterilidad, permitirá fortalecer el conocimiento de las fuentes de androesterilidad disponibles en Colombia y su potencial uso en el programa de mejoramiento genético para la generación y distribución de híbridos F₁ más productivos y de alta calidad sensorial.

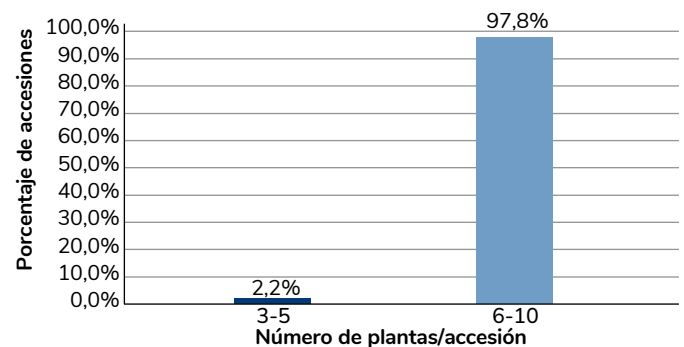


Figura 53. Número de plantas que componen la diversidad de 416 accesiones procedentes de Etiopía dentro de la CCC.

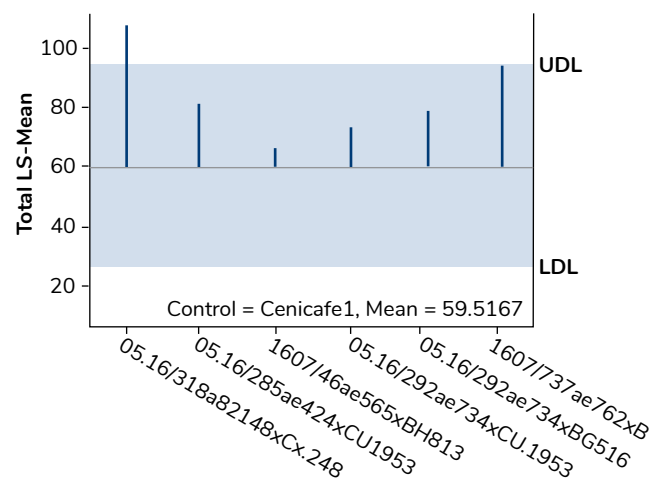


Figura 54. Heterosis útil observada en la producción acumulada promedio por parcela (ocho plantas) en seis híbridos obtenidos a partir de seis fuentes de androesterilidad comparados con la producción de la variedad Cenicafe 1. El área sombreada indica los límites de confianza al 95% ajustados con la prueba de Dunnett.

Caracterización de poblaciones de híbridos interespecíficos entre *Coffea arabica* y diferentes especies diploides por calidad sensorial y principales limitantes bióticos del cultivo. MEG103017

En la Colección Colombiana de Café (CCC) se han conservado por más de cinco décadas híbridos interespecíficos (HIE) entre *Coffea arabica* y diferentes especies diploides de *Coffea*. Esto, con el propósito de ampliar la base genética de *C. arabica* mediante la introgresión de características de interés agronómico, tales como resistencia a plagas y enfermedades limitantes actuales o potenciales para la caficultura colombiana, tolerancia a estreses abióticos y atributos diferenciados en calidad sensorial.

Con el fin de avanzar en la caracterización de los HIE entre *C. arabica* y diferentes especies diploides, durante el período reportado se realizaron autofecundaciones controladas en genotipos conservados en la CCC, correspondientes a diferentes avances generacionales (F_1RC_1 , F_2RC_1 , F_3RC_1 , F_4RC_1 y F_5RC_1). Adicionalmente, se establecieron en el campo 39 HIE resultantes de cruzamientos entre *C. arabica* (variedades Caturra, Borbón, Padang, Iapar 59 y progenies de variedad Colombia) y cinco especies diploides: *C. eugenioides*, *C. liberica*, *C. stenophylla*, *C. canephora* y *C. bengalensis*, con generaciones comprendidas entre F_1RC_1 y F_5RC_1 .

Adicionalmente, se mantienen en almácigo 18 HIE que serán establecidos en el campo en octubre de 2025, y se continúa con la restauración de la fertilidad de 29 híbridos triploides obtenidos del cruce de *C. arabica* con especies diploides (*C. eugenioides*, *C. racemosa*, *C. stenophylla* y *C. congensis*), mediante fecundaciones con los padres recurrentes. Estos avances constituyen un paso fundamental para la incorporación de nuevas fuentes de variabilidad genética en el Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé, orientado al desarrollo de variedades con mayor resiliencia, productividad y calidad en taza.

Subprograma MEG104. Mejoramiento por resistencia a plagas

Desarrollo y evaluación de poblaciones con menor número de estados de la broca del café. MEG104003

Con el propósito de aprovechar la resistencia genética del cafeto como estrategia de manejo frente a la broca

del café (*Hypothenemus hampei*), principal insecto plaga y causa de las mayores pérdidas económicas en la caficultura colombiana, se están desarrollando y caracterizando poblaciones en diferentes generaciones derivadas del cruce entre progenitores femeninos, con excelentes atributos agronómicos y resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix*), con introducciones etíopes de *Coffea arabica* y de *C. liberica* portadoras de antibiosis asociada a baja aptitud reproductiva de la broca. Durante el período que abarca este informe, se evaluó la antibiosis de híbridos F_1 en condiciones controladas, utilizando un diseño completamente aleatorizado en viales individuales que contenían un grano de café y una hembra de broca. Adicionalmente, los híbridos F_1 , las poblaciones F_2 y las progenies F_3 que presentaron antibiosis en el laboratorio fueron evaluados en el campo mediante infestaciones controladas de tres ramas por planta, con 50 frutos sanos y 100 brocas, utilizando mangas entomológicas.

En las evaluaciones de campo se confirmó una reducción significativa en la oviposición de 12 híbridos F_1 , con valores entre 34,4% y 76,9% (Figura 55). Así mismo, se identificaron 18 plantas F_2 con porte medio, resistencia a la roya y antibiosis en condiciones controladas (16,2%–24,6%), que presentaron disminuciones en oviposición en el campo entre 25,3% y 84,6% (Figura 56).

Por su parte, 30 plantas F_3 pertenecientes a 14 progenies seleccionadas por su reducción significativa del total de estados de la broca del café en condiciones controladas (18,1%–29,7%), mostraron en el campo una disminución entre 25,1% y 69,8% respecto a los testigos susceptibles (Figura 57). Estas plantas F_3 presentaron, además, porte igual o menor que las variedades comerciales Caturra y Cenicafé 1, producción comparable o superior y resistencia a la roya con incidencia igual o menor a 3 en la escala de Eskes & Toma-Braghini, en un rango de 70% a 97% de las plantas evaluadas.

Las progenies con antibiosis comprobada y excelentes características agronómicas avanzarán a las generaciones F_4 y F_5 , las cuales serán establecidas en zonas marginales de baja altitud, donde la principal limitante productiva es la alta infestación por broca. Este avance constituye una estrategia de adaptación al cambio climático y de fortalecimiento de la sostenibilidad del cultivo de café en Colombia.

Producción de plantas in vitro provenientes de materiales obtenidos con los cruzamientos *C. arabica* var. Castillo® x *C. arabica* Etíopes. MEG14005

Con el fin de obtener genotipos de café con menor susceptibilidad a la broca, se seleccionaron cuatro híbridos F_1 : CU1842xE286 (H1), CX2385xE286

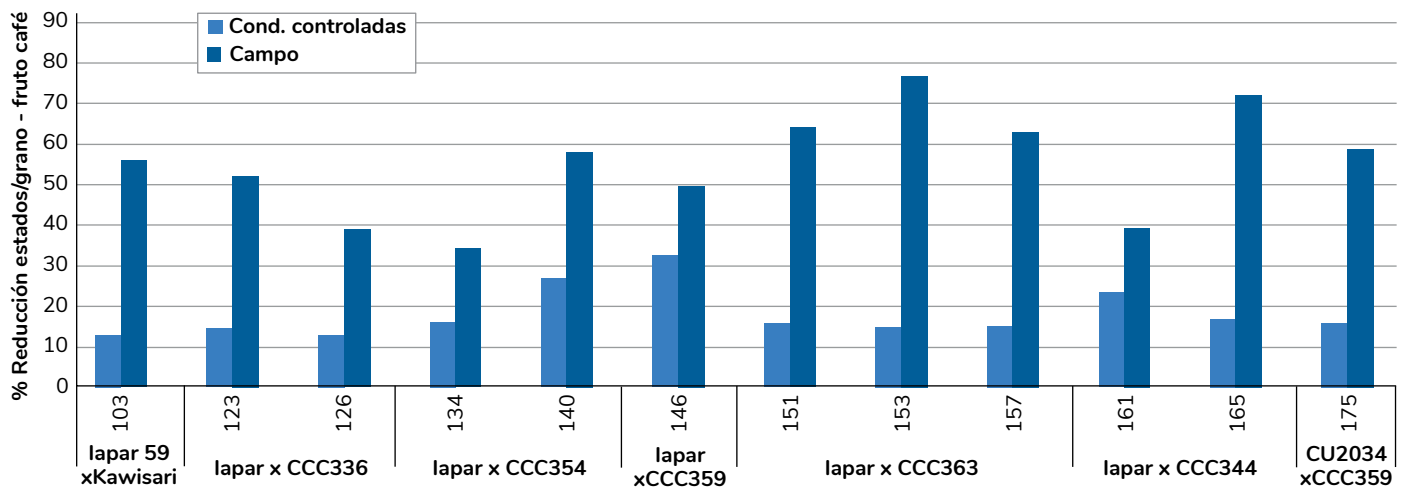


Figura 55. Comparación del porcentaje de reducción del total de estados de la broca del café en híbridos F1 de siete cruzamientos (lapar x Kawisari, lapar x CCC336, lapar x CCC354, lapar x CCC359, lapar x CCC363, lapar x CCC344 y CU2034 x CCC359) sembrados en el lote 2020_1, en condiciones controladas y en el campo.

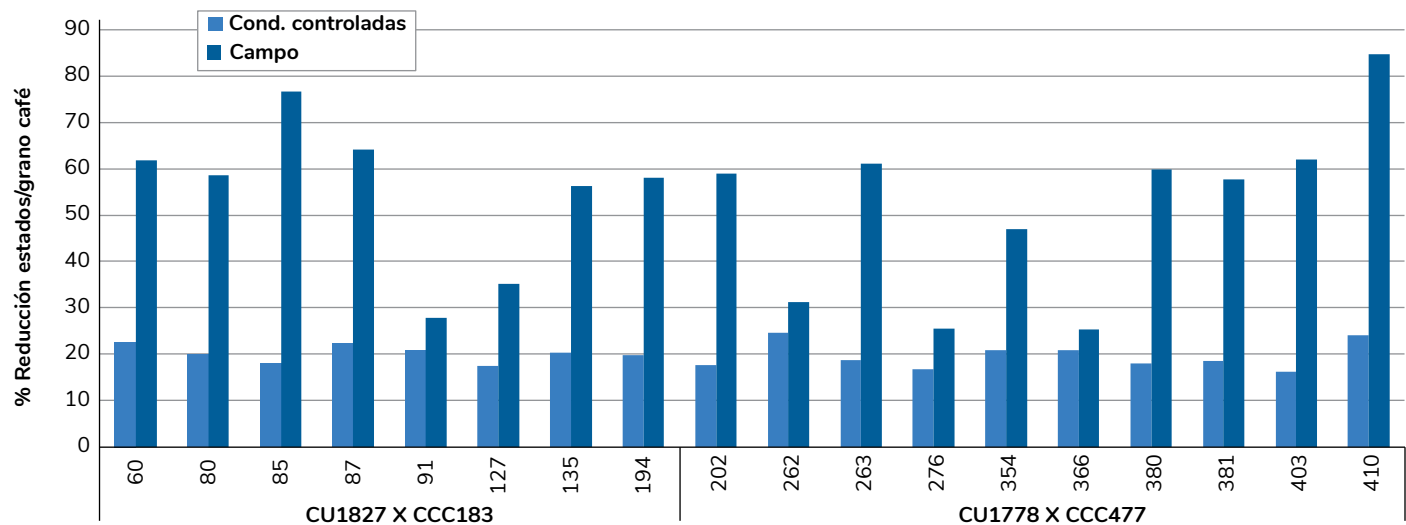


Figura 56. Comparación del porcentaje de reducción del total de estados de la broca del café en plantas F2 de las poblaciones CU1827 x CCC183 y CU1778 x CCC477, en condiciones controladas y en el campo.

(H3), CX2385xE554 (H2) y CX2848xE554 (H4). Los materiales fueron propagados in vitro a partir de hojas, por embriogénesis somática. Las plantas clonadas fueron trasplantadas al campo en abril de 2018, en la Estación Experimental La Catalina en Risaralda, junto con plantas propagadas in vitro CX2848 y plantas obtenidas por semilla de variedades comerciales: Cenicafé 1 y Castillo® Naranjal. Los híbridos fueron evaluados por resistencia a broca, características agronómicas y producción, mostrando vigor híbrido, tolerancia a broca y alta producción. En la Tabla 28 se observa el resumen de las características identificadas luego de un ciclo de cosecha (cinco años). Este año en el mes de febrero, estas plantas fueron zoqueadas y serán usadas como jardín clonal para obtener vástagos y hacer injertación con estos. Adicionalmente, se realizó una evaluación preliminar para determinar si es posible inducir rebrotación de

chupones (brotes ortotrópicos) en estos materiales de *C. arabica*, con el producto comercial Dormex SL (cianamida hidrogenada) en una dosis de 2%. No se observó efecto del producto. Adicionalmente, el año pasado se generaron plantas tanto por cultivo in vitro como por injertación de estos híbridos y estos fueron llevados a lotes semi comerciales en marzo de este año. En la Estación El Rosario (Antioquia) por cada híbrido, se sembraron 280 plantas, de las cuales 210 corresponden a plantas obtenidas por injertación y 70 por cultivo de tejidos, junto con los respectivos controles de la variedad Castillo 2.0. En la Estación La Catalina (Risaralda), por cada híbrido, fueron sembradas entre 60 y 90 plantas injertadas y 30 obtenidas por cultivo de tejidos (Figura 58). Se evaluará si existen diferencias en las características agronómicas de los materiales generados por injertación versus los obtenidos por cultivo in vitro y se realizarán pruebas de

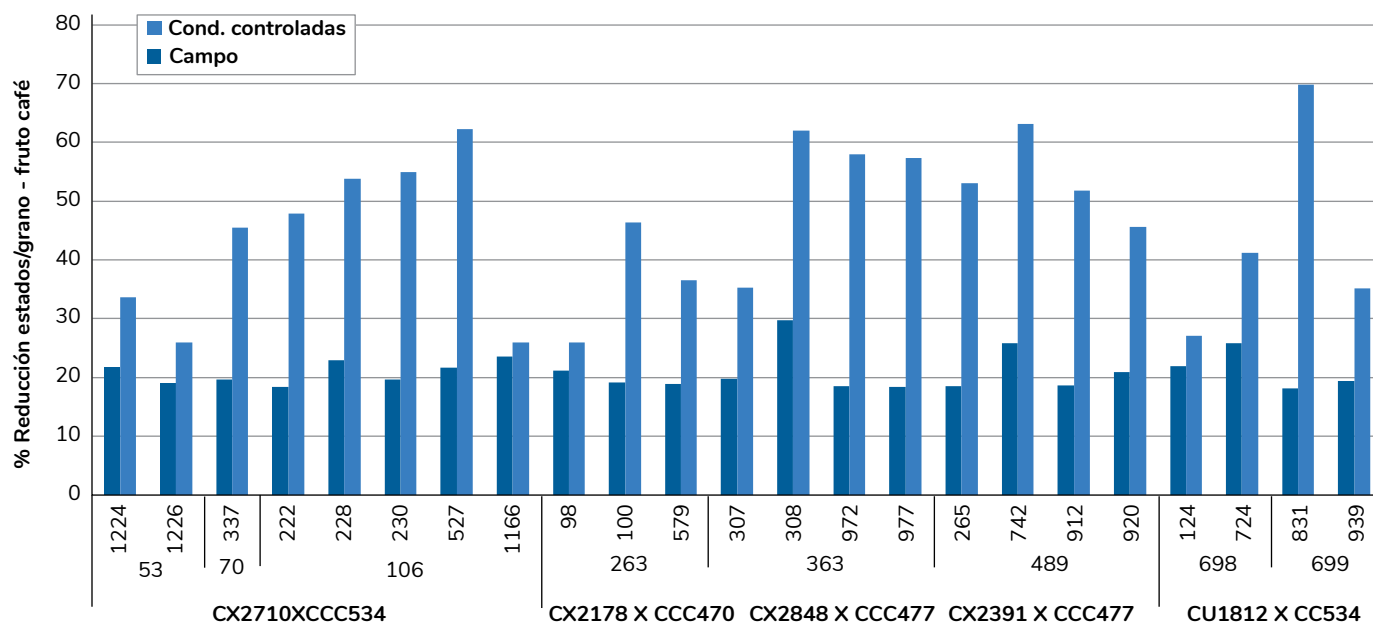


Figura 57. Comparación del porcentaje de reducción del total de estados de la broca del café en progenies F3 de cinco poblaciones (CX2710 X CCC534, CX2178 X CCC470, CX2848 X CCC477, CX2391 X CCC477, CU1812 X CCC534), en condiciones controladas y en el campo.

calidad física y sensorial de estos materiales.

Manipulación de simbioses bacterianas para el control de la broca del café. MEG104007

La broca del café es una de las plagas que más pérdidas ocasiona en el cultivo de café en Colombia. El ARN de interferencia (ARNi) ha surgido como una alternativa prometedora para el control de plagas al inducir el silenciamiento de genes específicos en insectos, pudiéndose utilizar como una estrategia de control biológico de plagas en la agricultura. Este proyecto evalúa la viabilidad de utilizar bacterias simbioses, previamente identificadas como vectores para la entrega de ARNi directamente en la dieta de la broca. Previamente se realizó una investigación como prueba de concepto, en donde se usó la bacteria *Escherichia coli* HT115 para llevar este RNAi que interfería con las enzimas del tracto digestivo de la broca del café específicamente mananasas y xilanasas, importantes en la degradación de galactomananos del café, fuente de alimento de la broca del café. Se repitió el ensayo para evaluar el efecto sobre larvas de la broca de la ingesta de bacterias *E.coli* HT115 transformadas con RNAi para xilanasas, mananasas y para GFP (proteína verde fluorescente) como control. Al cabo de 21 días la ingesta de RNAi mananasa disminuyó la supervivencia de los insectos causando mortalidad de 52,1%, para GFP la mortalidad fue de 26,4% y en el control de 10%. Los resultados para xilanasas fueron similares. Se demostró que la bacteria *Pantoea* encontrada y aislada del intestino de la broca del café y que fue transformada

con la proteína GFP, para su expresión en las bacterias, puede establecerse nuevamente en el tracto digestivo de adultos de *H. hampei* hasta por 20 días. No se demostró el silenciamiento de los genes de interés por parte de *E.coli* con RNAi de mananasa y xilanasas en las pruebas de laboratorio por PCR en tiempo real.

Desarrollo de una metodología para la propagación masiva in vitro y escalamiento de materiales híbridos de café con tolerancia a la broca del café y potencial climático. MEG104008

Se cuenta con cuatro híbridos F₁ de café propagados in vitro: CU1842xE286 (H1), CX2385xE286 (H3), CX2385xE554 (H2) y CX2848xE554 (H4), los cuales en el campo han mostrado alta producción, tolerancia a la broca del café, calidad sobresaliente y resistencia a la roya. Dado que estos materiales no pueden propagarse por semilla sin perder sus características, se inició su propagación masiva mediante cultivo de tejidos. Para esto se instaló un módulo de biorreactores RITA® con sistema de aireación e inmersión, luminarias y un fotoperíodo de 12 h, evaluando de una a cuatro inmersiones de 5 min cada 24 h. A partir de embriones obtenidos entre 2021–2024, las siembras en los RITA® comenzaron en enero de 2025 (Figura 59). Se ha observado buen desarrollo de los embriones y conversión a plantas (Figura 60). Hasta la fecha, 29 biorreactores han producido 204 plantas, así:

Tabla 28. Características materiales híbridos propagados por cultivo de tejidos y tolerantes a broca. Los datos fueron obtenidos de 60 plantas evaluadas en un ciclo de cosecha (5 años) sembrados en la estación la Catalina (Pereira) (2020-2025). Las comparaciones se hicieron con respecto a los controles, Variedad Cenicafé 1 y Castillo Naranja.

Genotipos	Identificación	Mortalidad broca en dietas (%) (*1)	Disminución de poblaciones de brocas vs. control. Semillas laboratorio (%) (*2)	Disminución de poblaciones Semillas Campo (%) (*3)	Producción acumulada kg/planta (*4)	Número de cruces/planta (*4)	Altura de plantas (cm)
CU1842xE286	H1	40*	50*	70*	20,3*	53,0*	257,3
CX2385XE554	H2	22*	30*	67*	16,7*	54,86*	253,1
CX2385xE286	H3	30*	50*	67*	22,0*	54,0*	261,58
CX2848xE554	H4	22*	30*	46*	18,4*	51,23*	260,23
Var. Cenicafé1 y Var. Castillo Naranja	Controles Susceptibles	10,0-15,0	-	-	10,5	47,5	252,3

Los asteriscos* indican diferencias significativas con respecto al control – Intervalos confianza 95%

*1 ANOVA p<5

*2 test Tukey-Kramer.

*3 Test Scheffe

*4 Test Dunnett.



Figura 58. Lote sembrado con material híbridos injertados y producidos por cultivo in vitro. Marzo 15, 2025. Estación El Rosario (Antioquia).

65 plantas en nueve biorreactores del híbrido H1, 59 plantas de 12 biorreactores del H2 y 80 plantas de ocho biorreactores del H3. Los tratamientos con tres y cuatro inmersiones generaron más plantas que el tratamiento con 2, y el medio de diferenciación resultó más eficiente que el de germinación (Figura 61). En el invernadero se mantienen alrededor de 100 plantas por híbrido en bolsas de almácigo y Jiffy® pellets, éstas serán llevadas al campo en 2026.

En paralelo, en noviembre de 2022 se establecieron en el campo, los cruzamientos

recíprocos: H1R (E286xCU1842), H3R (E286xCX2385), H5R (E554xCU1842), H2R (E554xCX2385) y H4R (E554xCX2848), con 60 plantas por genotipo. Se evalúan características agronómicas y tolerancia a la broca. Las semillas de H5R, H1R y H3R redujeron las poblaciones de la broca en 18,3%, 19,5% y 28,0% respectivamente, respecto a la variedad Castillo®, mientras que los parentales E554 y E286 mostraron reducciones de 32% y 35%. H4R no mostró efecto sobre el insecto, similar a Var. Castillo. Después de 23 meses en el campo, los híbridos superaron a los parentales en altura, número de ramas y diámetro de tallo, mostrando vigor híbrido. A los 33 meses, con 10 kg/planta en promedio, duplicaron la producción de los parentales (4,4 kg/planta), destacándose H1R y H4R por precocidad y rendimiento. Este proyecto abre el camino para la propagación de híbridos élite de café con características sobresalientes y tolerancia a la broca, que podrán ser utilizados por los caficultores colombianos.

Subprograma MEG105. Evaluación regional de progenies avanzadas

Evaluación de líneas promisorias de café en pruebas regionales. MEG105006

Dentro del esquema de mejoramiento, la etapa final de selección de las progenies candidatas a conformar una nueva variedad comprende su evaluación en un rango representativo de ambientes. Esta fase tiene como propósito analizar la relación entre el ambiente y la expresión fenotípica de cada genotipo. La comprensión de esta interacción genotipo × ambiente (G × A) es fundamental para definir la estrategia de

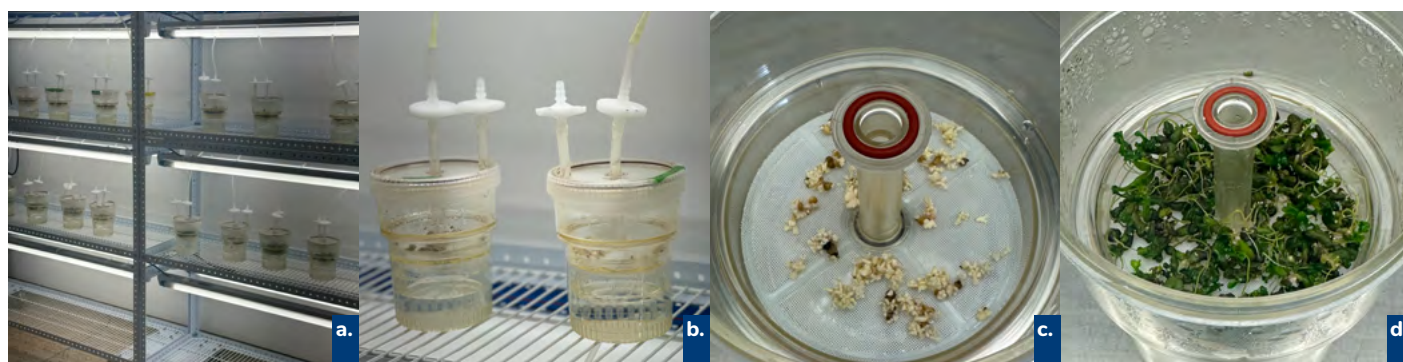


Figura 59. a. Módulo con biorreactores RITA®; b. Biorreactores con embriones unido al módulo; c. Embriones somáticos blancos; d. Conversión de embriones a plántulas.

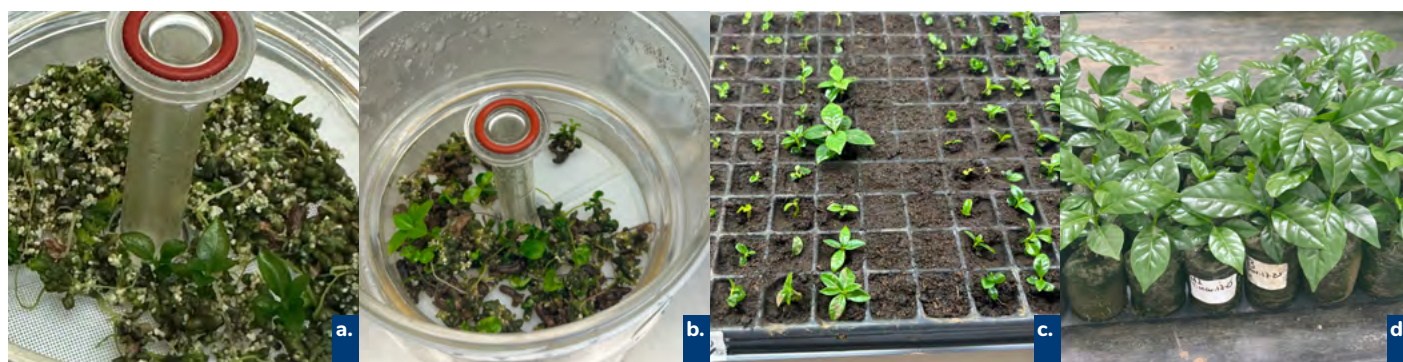


Figura 60. a. Biorreactores en donde se observa la conversión de embriones a plantas; b. Plantas generadas en el biorreactor; c. Plantas del biorreactor sembradas en suelo en bandejas; d. Plantas generadas en los biorreactores sembradas en contenedores Jiffy® Pellets con 3 meses de edad.

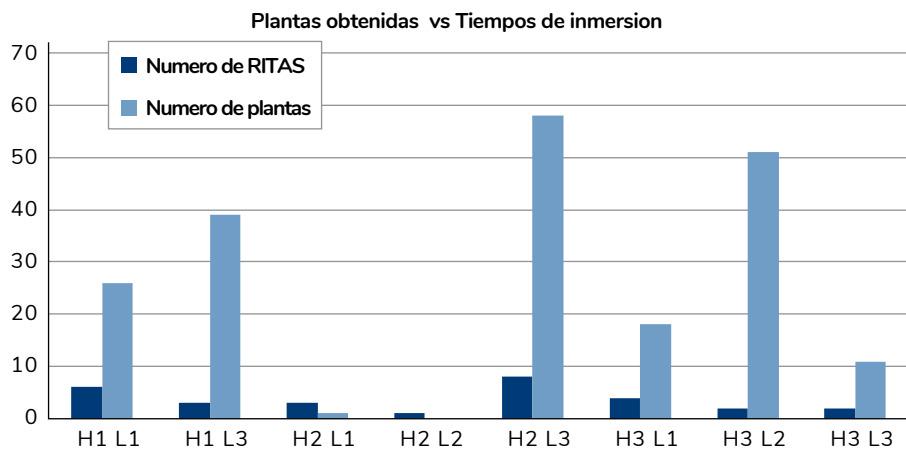


Figura 61. Número de plantas producidas de cada híbrido: H1, H2 y H3 con respecto al número de biorreactores RITA® y los diferentes tiempos de inmersión evaluados en el medio de cultivo: L1, dos inmersiones/24 h. L2, tres inmersiones/ 24 h y L3, cuatro inmersiones/24 h.

liberación de una nueva variedad, ya que permite identificar las progenies con comportamiento estable en diferentes localidades (variedades de amplia adaptación), así como aquellas con desempeño superior en condiciones ambientales específicas (variedades de adaptación estrecha o zonales). Esta investigación tiene como finalidad la evaluación de 123 progenies avanzadas, divididas de acuerdo con la fecha de establecimiento en el campo (2020-1 y 2020-2), número de progenies y localidades evaluadas (Tablas 29, 30).

Los resultados obtenidos de cinco evaluaciones de roya realizadas entre 2023 y 2025 indican que el 81% de las progenies evaluadas en la prueba PR2020-1 y el 46% de las progenies de la PR2020-2 presentaron resistencia a *H. vastatrix*. Se consideraron resistentes aquellas progenies en las cuales al menos el 80% de los árboles evaluados en todas las localidades y en las cinco evaluaciones registraron una calificación máxima de 3 en la escala de Eskes y Toma-Braghini, en la cual las plantas con calificaciones iguales o inferiores a 4 se clasifican como resistentes. De las 60 progenies catalogadas como resistentes, en el 97% de los casos la resistencia proviene de *Coffea canephora*, mientras que únicamente el 3% la heredan del híbrido de Timor. Estos resultados muestran la importancia de incorporar a las variedades comerciales fuentes de resistencia derivadas de *C. canephora* y de

Tabla 29. Descripción de las poblaciones que serán evaluadas en las Pruebas Regionales 2020.

Población	Descripción	Generación	No. Progenies PR2020-1	No. Progenies PR2020-2
(Cat x HdT) x HdT	Incorporación de diferentes fuentes de resistencia a la roya provenientes de híbridos de Timor que no se han utilizado en Colombia. HdT I566, HdT832-1.	F5	-	2
Cat x Can	Cruces interespecíficos. Población arabizada, en la que se utilizaron como padres las variedades de <i>C. canephora</i> Robusta BP.358 y BP.40. Llegaron a Cenicafé provenientes de la colección de Costa Rica, pero fueron desarrolladas por el programa de mejoramiento genético de Java. Adicionalmente, estas dos variedades fueron evaluadas en Colombia y seleccionadas por su buen desempeño agronómico.	F5RC1–F7RC1	19	62
Cat x ET	Población F5 desarrollada a partir de cruzamiento de Caturra x ET42. No es resistente a la roya, pero presenta producción alta y perfil sensorial diferenciado.	F5	-	10
Cat x HdT	Población que dio origen a las variedades comerciales vigentes (Colombia, Castillo®, Cenicafé 1). Sin embargo, las progenies seleccionadas no hacen parte de alguna variedad comercial actual. Aportan resistencia a CBD.	F8	-	12
CC	Cruces complejos. Población que involucra parentales provenientes de Etiopía y Sudán, algunos de los cuales presentan resistencia a CBD, roya y perfiles sensoriales diferenciados.	F5	-	10
ET x (Cat x HdT)	Población en la cual se utilizó como parental el etíope AR56, reconocido por presentar resistencia al CBD. También es resistente a la roya.	F5	-	6
Híbridos F1	Híbridos desarrollados a partir del cruzamiento de dos progenies componentes de Castillo (CU1842 y CX2358) con el genotipo etíope E.286. Estos híbridos se destacan por presentar resistencia por antibiosis contra la broca, alta producción y un perfil sensorial destacado.	F1	2	-
Testigo 1	Caturra. Testigo susceptible a la roya	-	1	1
Testigo 2	Cenicafé 1. Variedad Comercial con excelente desempeño agronómico	-	1	1
Testigo 3	Castillo® Zona Norte. Variedad Comercial con excelente desempeño agronómico	-	-	1
Testigo 4	Castillo® Zona Centro. Variedad Comercial con excelente desempeño agronómico	-	1	1
Testigo 5	Castillo® Zona Sur. Variedad Comercial con excelente desempeño agronómico	-	1	1
		-	25	107

Tabla 30. Descripción de las localidades seleccionadas para la evaluación de progenies avanzadas en pruebas de adaptación regional (PR).

Departamento	Municipio	Estación Experimental	LN	LO	Altitud (msnm)	Unidad Suelo	PR2020-1	PR2020-2
Cesar	Pueblo Bello	Pueblo Bello	10°25'18"	73°34'29"	1134	La Montañita		
Antioquia	Venecia	El Rosario	5°57'33"	75°42'19"	1635	Chinchiná		
Caldas	Chinchiná	Naranjal	4°58'19"	75°39'8"	1407	Chinchiná		
Huila	Gigante	Jorge Villamil	2°19'41"	75°30'47"	1435	La Cristalina		
Cauca	El Tambo	Manuel Mejía	2°24'17"	76°44'30"	1755	Timbío		

otros orígenes diferentes al HdT 1343, que no han sido previamente expuestas en el país.

En la caracterización de la calidad sensorial, todas las progenies evaluadas obtuvieron puntajes superiores a 80 en la escala de la *Specialty Coffee Association* (SCA), lo que las ubica dentro de la categoría de cafés especiales. De las 123 progenies analizadas, 18 alcanzaron puntajes entre 85 y 88, clasificándose como cafés de excelente calidad. Si bien se identificaron descriptores característicos del perfil tradicional del café colombiano, como notas dulces y a chocolate, también se observaron progenies con perfiles sensoriales más diversos, en los que predominaron descriptores florales, frutales, a especias y a nueces, los cuales aportan diferenciación y complejidad aromática frente al perfil convencional del café de Colombia.

Las progenies evaluadas constituyen una base genética estratégica para la conformación de nuevas variedades de café en Colombia, al integrar resistencia genética durable a la roya, altos niveles de productividad y perfiles sensoriales diferenciados. El desempeño estable de estas progenies en diferentes ambientes y la presencia de atributos de taza innovadores fortalecen las perspectivas de diversificación, resiliencia y competitividad de la caficultura nacional, contribuyendo al posicionamiento de Colombia en los mercados de cafés especiales y de valor agregado.

Subprograma MEG109. Mejoramiento por producción

Evaluación del comportamiento agronómico con énfasis en producción de poblaciones mejoradas de *Coffea arabica* L. MEG109001.

En los últimos seis años (2019-2024) la producción promedio de café en Colombia se han mantenido relativamente estable (~12,7 millones de sacos de café al año). En este mismo período de tiempo, se alcanzó una productividad promedio de 18,3 sacos de café verde por hectárea, lo cual representa un incremento del 26%, comparada con el quinquenio anterior. Este incremento se debe en gran parte a la estrategia de la FNC por impulsar la adopción de prácticas agronómicas, el uso de variedades resistentes a la roya, la renovación de cafetales y la utilización de mayores densidades de siembra.

No obstante, a pesar del significativo avance tecnológico experimentado en la caficultura colombiana, en términos de productividad promedio, el país aún se encuentra distante de los niveles alcanzados en países como Brasil

(26 sacos CV/ha, 2024). Sin embargo, recientemente se exploró la gran parte de colección de origen etíope conservada en la CCC en término de producción. Se identificaron accesiones con niveles de producción equivalentes a los de la especie *C. canephora*.

En 2018 se inició un plan de cruzamientos orientado a aprovechar la variabilidad genética disponible en la Colección Colombiana de Café. Se seleccionaron como progenitores masculinos nueve accesiones de origen etíope destacadas por su alta productividad y perfiles sensoriales diferenciados, y como progenitores femeninos, 12 progenies avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético con excelente desempeño agronómico, resistencia a la roya proveniente de diversas fuentes y buena calidad física del grano (Tabla 6). A partir de estos cruzamientos se obtuvieron 66 híbridos F₁. Se presentan los resultados de la evaluación de 39 de estos híbridos, comparados con sus progenitores y con las variedades comerciales vigentes, durante un ciclo de cuatro años productivos (2020–2024).

De los 39 híbridos F₁ evaluados, 31 registraron una producción significativamente superior a la de la variedad comercial de mejor desempeño, Castillo® Zona Centro (CZC). Los rendimientos obtenidos por estos híbridos oscilaron entre 29,1 y 21,6 kg de café cereza por árbol en un ciclo de cuatro años de cosecha (2020–2024), en contraste con los 12,9 kg/árbol alcanzados por la variedad CZC. En términos relativos, los híbridos desarrollados presentaron incrementos en productividad entre 70% y 125% respecto al testigo comercial (Figura 13).

De los híbridos F₁, 19 fueron catalogados como resistentes a la roya, debido a que al menos el 80% de los árboles evaluados en cinco evaluaciones registraron una calificación máxima de 3 en la escala de Eskes y Toma-Braghini. En ocho de estos híbridos, el 100% de los árboles presentaron una clasificación máxima de 3, evidenciando su alta resistencia frente a esta enfermedad.

En el 79,5% de los híbridos F₁ se manifestó el porte alto heredado de los progenitores etíopes, mientras que ocho híbridos presentaron porte intermedio. En cuanto a la calidad física del grano, 28 híbridos registraron un promedio de granos vanos equivalente al de los testigos comerciales y progenitores femeninos (7,1%). El porcentaje de grano caracol en los híbridos fue, en promedio, del 22%, valor similar al observado en los progenitores etíopes y significativamente superior al de los testigos comerciales y progenitores femeninos (~11%).

De los 39 híbridos evaluados, 36 presentaron un porcentaje promedio de grano supremo del 81,5%. La caracterización sensorial evidenció que el 100% de los

Tabla 31. Descripción de los cruzamientos desarrollados entre accesiones etíopes altamente productivas y perfiles sensoriales diferenciados con progenies de excelente desempeño agronómico y con resistencia a la roya de diferentes orígenes.

		♂								
		E.141	E.151	E.22	E.225	E.267	E.327	E.333	E.346	E.352
♀	BG.516	X	X	X	X				X	X
	BH.1181		X	X		X	X	X		
	CO.868		X	X	X		X			
	CU.1858		X	X		X	X	X		
	CU.1876		X	X		X	X	X		
	CU.1954		X	X		X	X	X		
	F2(CU.1843 x S795)		X	X		X	X	X		
	IAPAR-59		X	X	X	X	X	X	X	X
	MEG 667 # 114	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	MEG 667 # 131		X	X		X	X	X		
	MEG 667 # 665	X			X		X	X	X	X
	MEG 667 # 669			X	X		X			

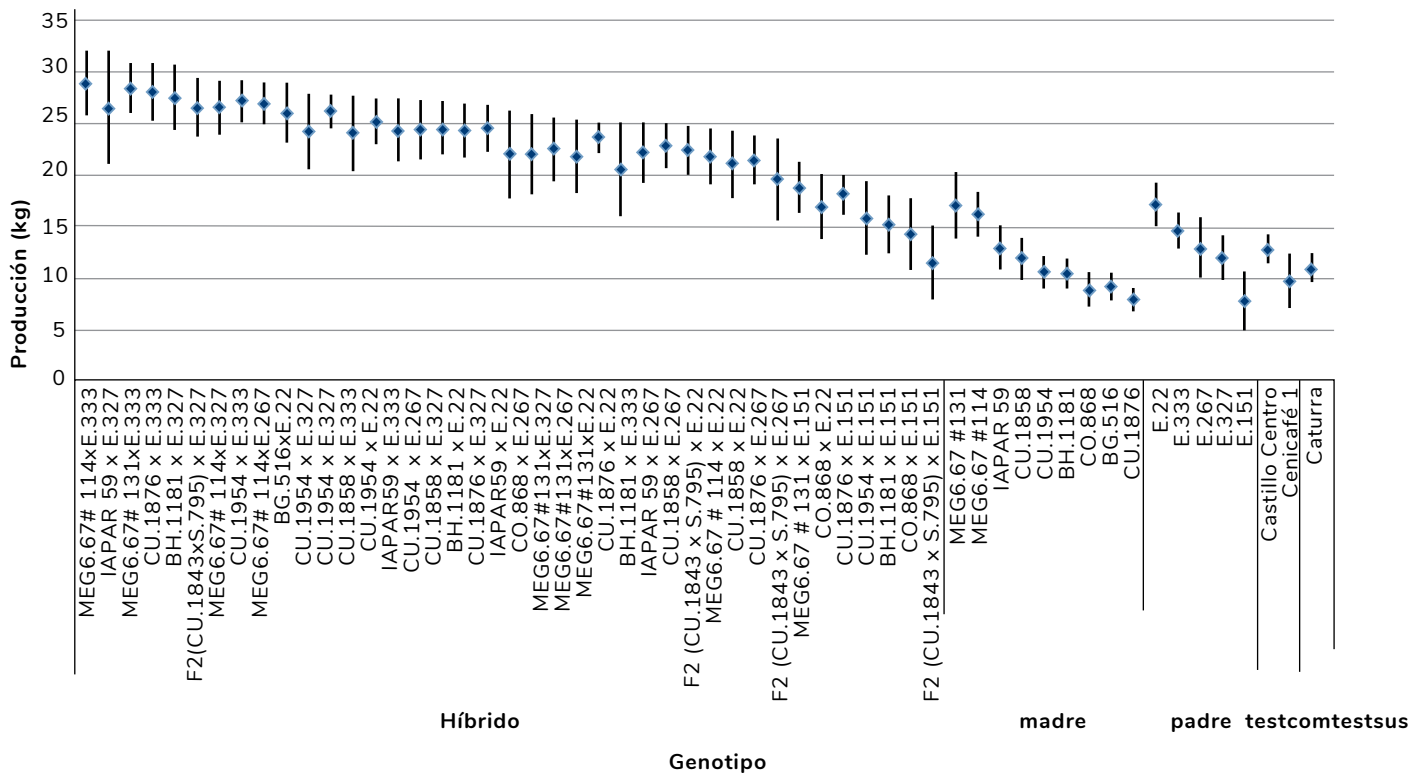


Figura 62. Promedio e intervalo para la producción acumulada por árbol, por ciclo de cuatro años productivos (2020-2024).

híbridos fueron clasificados como cafés especiales, con un puntaje promedio de 83 puntos SCA y un rango entre 80,5 y 86,0 puntos.

Como resultado de esta evaluación, se seleccionaron 22 híbridos F₁ para continuar el proceso de avance generacional, los cuales serán establecidos en el campo en noviembre de 2025. Adicionalmente, con el propósito de reforzar la resistencia a la roya, 14 híbridos F₁ con características agronómicas sobresalientes pero susceptibles a la enfermedad fueron cruzados con genotipos élite avanzados provenientes de cruzamientos interespecíficos con *C. canephora*.

Los resultados obtenidos demuestran el alto potencial de los híbridos desarrollados para fortalecer la productividad y sostenibilidad de la caficultura colombiana. Su desempeño superior frente a las variedades comerciales confirma su relevancia como base para futuros desarrollos del programa de mejoramiento y como una alternativa promisoría para avanzar en las metas institucionales de competitividad y sostenibilidad.

Subprograma MEG110. Mejoramiento por calidad de la bebida

Caracterización fenotípica y genotípica de los principales “varietales” establecidos en la zona cafetera colombiana. MEG11001

En los últimos años, se ha evidenciado un incremento en la presencia de varietales en concursos y subastas de cafés especiales en el país. Dichos materiales se asocian con atributos organolépticos sobresalientes que potencian su valor comercial, generando un creciente interés por parte de los caficultores. Se ha observado una expansión significativa de las áreas cultivadas con este tipo de genotipos, pasando del 0,7% del área sembrada en el año 2015, al 4,0% para la vigencia del año 2024.

No obstante, la mayoría de estos varietales no han sido desarrollados dentro de programas de mejoramiento genético, desconociéndose su origen, estabilidad y composición genética, lo cual representa un factor de riesgo para la sostenibilidad y rentabilidad del sistema productivo. Otro aspecto importante, es que no hay trazabilidad en la semilla ofrecida a los caficultores. Por esto, debe realizarse la caracterización fenotípica y genotípica de los principales varietales establecidos en la zona cafetera colombiana. Esto permitirá que los caficultores cuenten con información sólida y argumentos técnicos que les faciliten reconocer las diferentes variedades y tomar decisiones informadas al momento

de seleccionar el material genético con el cual establecer sus cultivos.

Hasta la fecha los resultados obtenidos son los siguientes:

Identificación de los varietales más reconocidos en el país. En 2024, con el apoyo del Servicio de Extensión de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), se llevó a cabo una encuesta nacional orientada a identificar los varietales de café establecidos en las principales zonas productoras del país. Los departamentos donde más se distribuyen los varietales son: Huila, Tolima, Santander, Cauca y Nariño. Así mismo, se identificaron 68 varietales, siendo los de mayor frecuencia y relevancia en concursos de calidad y subastas de café de especialidad: Geisha, Borbón Rosado y Papayo (Figura 14).

Exploración en la Colección Colombiana de Café (CCC). Teniendo en cuenta la falta de información sobre la identidad y el origen de los varietales, para determinar si provienen de uno de los componentes de las variedades mejoradas desarrolladas por Cenicafé, de una variedad tradicional, de algún genotipo etíope, o si son una nueva selección. Se les determinó la huella genética empleando 41 marcadores KASP en 92 accesiones de la CCC.

Identificación de la huella genética de los varietales seleccionados. Se determinó la huella genética de los varietales Geisha, Borbón Rosado, Papayo, Chiroso, Borbón Ají y Ombigón. Estas huellas genéticas de los varietales se compararon con las huellas genéticas de las 92 accesiones de la CCC y se determinó el porcentaje de similitud entre ellas (Tabla 32). Se encontró que el Borbón Rosado se relaciona genéticamente con dos progenies componentes de variedad Colombia, Chiroso presenta alta similitud con dos genotipos del Programa de Mejoramiento de Cenicafé originados a partir del cruzamiento entre Caturra Rojo y Ciocce Tipo I; Borbón Ají se asemeja con la variedad Borbón Rojo y Papayo mostró alta similaridad genética con una progenie componente de la variedad Castillo®. Mientras que Geisha, efectivamente corresponde una de las tres accesiones de la Colección Colombiana de Café, identificada como Geisha. Específicamente, el mayor porcentaje de identidad corresponde a la accesión Geisha_A (CCC.66), la cual fue identificada alrededor de 1930 en la región de Gesha (Geisha), en el Suroeste de Etiopía. Posteriormente, fue trasladada a la estación experimental de Lyamungu, en Tanzania, donde evidenciaron su resistencia a la roya del café. Esta característica permitió su selección y posterior distribución hacia diferentes países, entre ellos, Colombia. Geisha_A corresponde al mismo genotipo registrado como Turrialba 2722, distribuido por el CATIE a diferentes países de Centroamérica, incluido Panamá.

Los resultados mostrados en esta investigación, permite establecer la identidad y origen genético que los principales varietales establecidos en la zona cafetera colombiana. Los resultados evidencian que varios de los varietales con amplia presencia en el país presentan alta similitud con materiales desarrollados o conservados por Cenicafé. Esta información constituye un insumo estratégico para fortalecer los procesos de trazabilidad, certificación y uso responsable de semilla, contribuyendo a la sostenibilidad, competitividad y rentabilidad de la caficultura colombiana.



Figura 63. Nube de palabras que representa la frecuencia de los principales varietales establecidos en Colombia. Entre más grande la palabra, más frecuente aparece en la encuesta realizada por el Servicio de Extensión de la FNC en 2024.

Tabla 32. Origen y porcentaje de Similitud de los varietales seleccionados con accesiones referencia de la CCC.

Varietal	Origen		Correlación Genética CCC	% Similitud
	Departamento	Municipio		
Borbón Rosado	Huila	Acevedo	Varietal Colombia	84-92
Caturra Chiroso	Antioquia	Urao	Progenies Caturra Rojo x Ciocchie Tipo I	80-97
Geisha	Etiopía	Etiopía	Geisha_A	>90
Borbón Ají	Huila	Pitalito	Borbón Rojo	80
Papayo	NE	NE	Varietal Castillo®	80-97

NE: No establecido