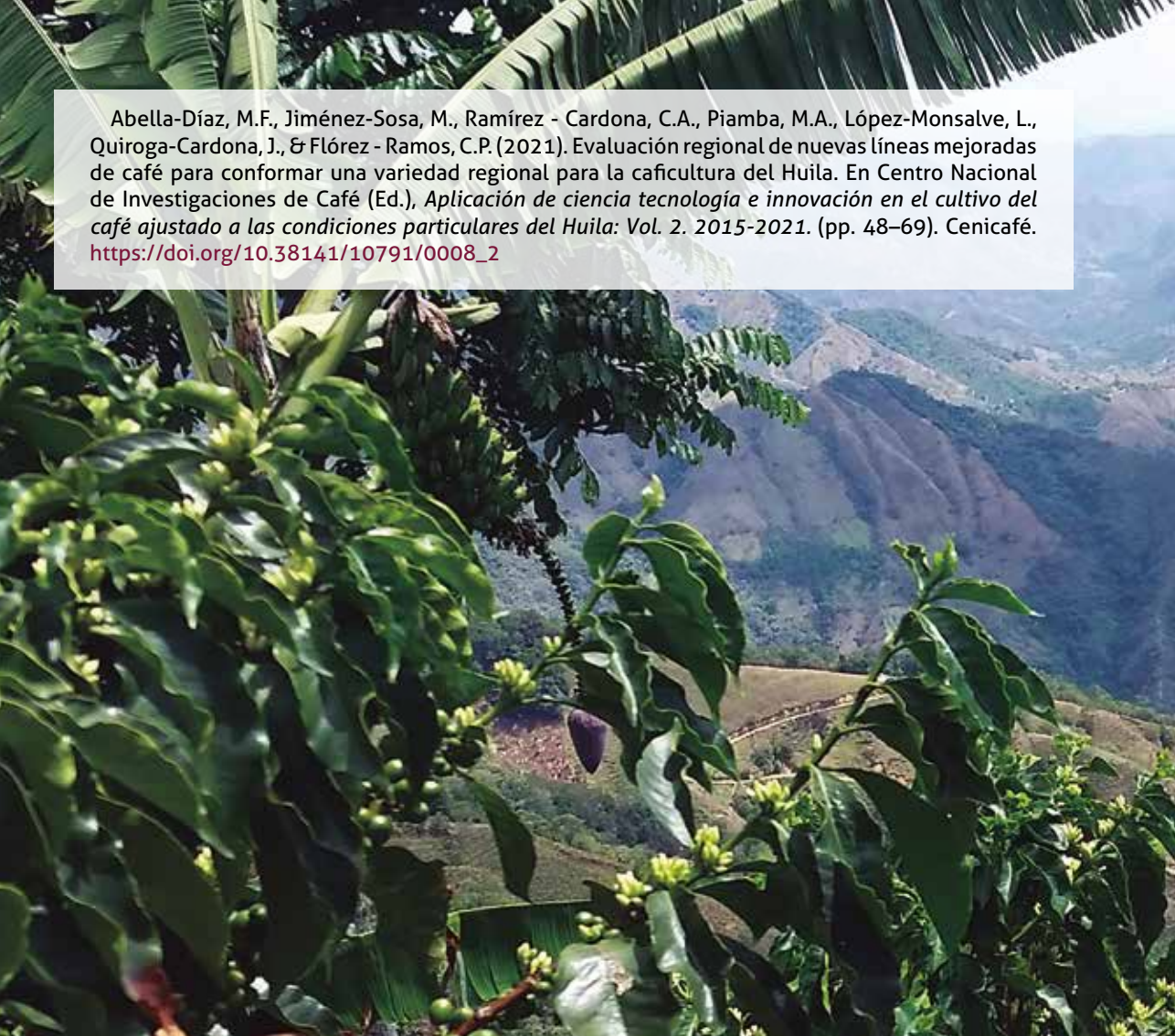




2

**Evaluación regional de nuevas líneas
mejoradas de café para conformar
una variedad regional para la
caficultura del Huila**

**“APLICACIÓN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL CULTIVO DEL CAFÉ AJUSTADO
A LAS CONDICIONES PARTICULARES DEL HUILA”**



Abella-Díaz, M.F., Jiménez-Sosa, M., Ramírez - Cardona, C.A., Piamba, M.A., López-Monsalve, L., Quiroga-Cardona, J., & Flórez - Ramos, C.P. (2021). Evaluación regional de nuevas líneas mejoradas de café para conformar una variedad regional para la caficultura del Huila. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila: Vol. 2. 2015-2021.* (pp. 48–69). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0008_2

Marlio F. Abella Díaz
Asistente de Investigación
Disciplina de Mejoramiento

<https://orcid.org/0000-0001-5561-4913>

Manuel A. Piamba
Auxiliar de Investigación
Disciplina de Mejoramiento

<https://orcid.org/0000-0001-7557-4517>

Luisa F. López Monsalve
Asistente de Investigación
Disciplina de Mejoramiento

<https://orcid.org/0000-0002-9534-0053>

Mauricio Jiménez Sosa
Asistente de Investigación
Disciplina de Mejoramiento

<https://orcid.org/0000-0001-5378-840X>

Carlos A. Ramírez Cardona
Asistente de Investigación
Disciplina de Mejoramiento

<https://orcid.org/0000-0003-4119-2806>

Julio Quiroga Cardona
Investigador Científico I
Disciplina de Mejoramiento

<https://orcid.org/0000-0002-5004-2423>

Claudia P. Flórez Ramos
Investigador Científico III
Disciplina de Mejoramiento
<https://orcid.org/0000-0003-2859-3496>





INTRODUCCIÓN

Entre 1967-1968, el Programa de Mejoramiento Genético (PMG) de Cenicafé inició una serie de cruzamientos con el fin de desarrollar variedades mejoradas de café con resistencia durable a la roya del cafeto, altamente productivas, con el perfil de taza característico del café de Colombia, excelentes características físicas del grano, uniformidad fenotípica razonable y adaptabilidad a las características agroclimáticas, propias de la zona cafetera colombiana. Fruto de estas investigaciones, en 1982, se liberó la variedad Colombia bajo el concepto de variedad compuesta, lo cual significa que está constituida por la mezcla de diferentes líneas avanzadas, que comparten excelentes atributos agronómicos y al mismo tiempo poseen diversas combinaciones de factores de resistencia contra la roya.

En este tipo de variedades, cuando alguna variante del hongo ataca una o más líneas de la variedad compuesta, los otros componentes permanecen sanos, pues tienen combinaciones de genes de resistencia no compatibles con la nueva variante del patógeno. Las variedades compuestas ofrecen también otro factor de protección, puesto que interponen barreras frente a la dispersión del patógeno. De esta manera, plantas susceptibles a la enfermedad pueden permanecer sanas (Figura 1).

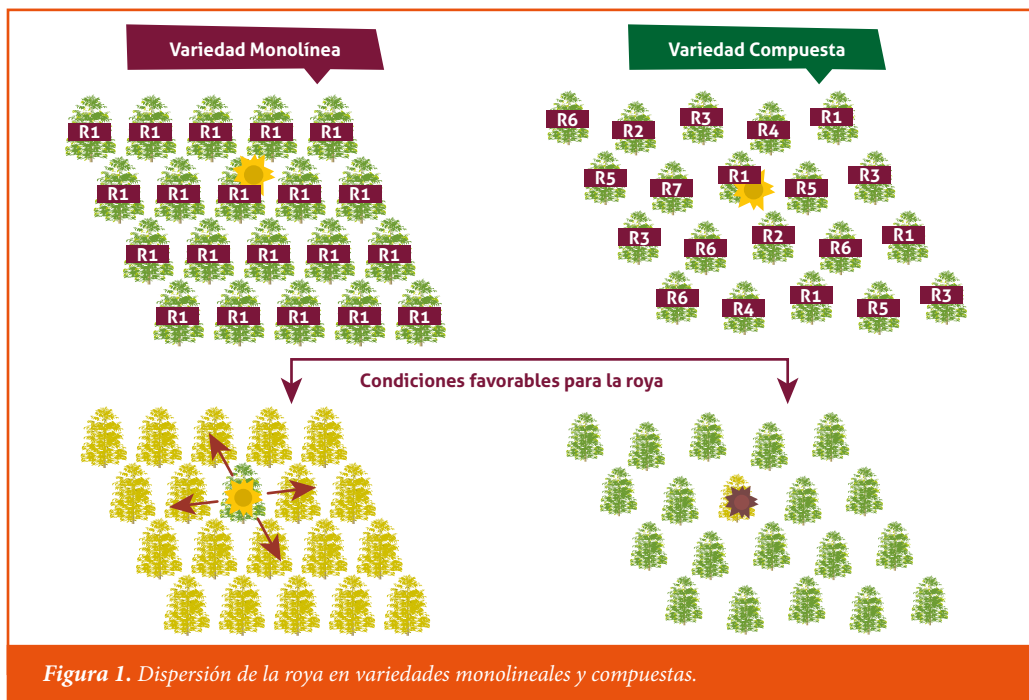


Figura 1. Dispersión de la roya en variedades monolíneas y compuestas.

Utilizando esta misma estrategia, Cenicafé liberó en 2002 la variedad Tabi; entre 2005-2006 entregó las variedades Castillo® General y sus componentes Regionales; en 2016, liberó Cenicafé 1; y en el 2017, las variedades Castillo® Zona Norte, Zona Centro y Zona Sur.

Sin embargo, la roya constituye una amenaza permanente para los cafetales pues es ocasionada por un hongo fitopatógeno obligado (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.), lo que significa que su supervivencia depende única y exclusivamente de la planta de café. Para poder sobrevivir, estos hongos poseen una amplia gama de mecanismos de adaptación que, dadas las condiciones de presión, les permite producir individuos genéticamente diferentes, cuyas descendencias originan nuevas variantes (patotipos), capaces de vencer los genes de resistencia o las combinaciones de estos, presentes en las variedades comerciales de café resistentes a esta enfermedad.

En los últimos diez años, el parque productivo cafetero de Colombia se transformó de manera significativa incrementando el área sembrada en variedades resistentes de un 31% en 2009, a un 83% en 2020. En consecuencia, hay una mayor presión de selección que favorece las razas de roya compatibles con las líneas componentes de las variedades comerciales de café.

Hasta la fecha se han identificado diez genes de resistencia a la roya del cafeto, los cuales se designan como SH1 – SH10. Estos genes provienen de diferentes fuentes, tales

como *C. canephora*, *C. liberica* y otras se encuentran en materiales silvestres y cultivados de *C. arabica*.

En los años 60, el CIFIC (*Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro*, Portugal) comenzó un programa de cruzamientos con el objetivo de transferir los genes de resistencia a roya provenientes del Híbrido de Timor (HdT) a las variedades arábicas tradicionales. Las plantas (F2) seleccionadas por poseer resistencia a todas las razas conocidas de roya fueron donadas a países productores de café. Es así como a partir de los híbridos de Caturra x HdT 832/1(HW26) y Villa Sarchí x HdT 832/2 (H361), desarrollados en el CIFIC dieron origen a las poblaciones conocidas como Catimores y Sarchimores, respectivamente. Paralelamente, en Colombia se desarrollaron poblaciones a partir del cruzamiento entre Caturra x HdT1343 y en Brasil de Catuaí x HdT2570. En su conjunto, todas estas poblaciones dieron origen a las variedades resistentes a la roya que actualmente se siembran en América.

En consecuencia, actualmente, la fuente de resistencia a la roya presente en las variedades comerciales utilizadas en Colombia, provienen del Híbrido de Timor 1343. Conscientes de la importancia de mantener un parque cafetero productivo con resistencia durable a la roya, el Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé ha desarrollado un esquema periódico de cruzamientos, mediante el cual se han generado diferentes poblaciones en las que están incorporadas todas las fuentes de resistencia a la roya conocidas hasta la fecha: *C. arabica*, *C. liberica*, diferentes accesiones del Híbrido de Timor y *C. canephora*.

Esto significa que Cenicafé cuenta con poblaciones mejoradas en diferentes estados de avance generacional (F1-F7), que una vez alcancen la óptima fijación de las características por las cuales han sido mejorados (>F4), deben ir a pruebas de adaptación bajo las diferentes condiciones de la caficultura colombiana.

A partir de 2013, se inició la evaluación regional de líneas avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético de Cenicafé, llevando más de 200 progenies a ocho departamentos cafeteros del país (Figura 2). En 2015, con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías – Gobernación del Huila, el Centro Nacional de Investigaciones de Café- Cenicafé y el Comité Departamental de Cafeteros del Huila (FNC), se dio inicio al proyecto “Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila”. Uno de los compromisos establecidos dentro de este proyecto, fue la evaluación regional de líneas avanzadas con potencial para conformar variedades mejoradas de café. De esta manera, se establecieron 45 líneas avanzadas en Pitalito, Acevedo, Garzón, La Plata y Algeciras, municipios representativos de la caficultura Huilense.

Es así, como el departamento del Huila participó con el 43% de las pruebas regionales a nivel de país. Los resultados obtenidos en este proyecto fueron integrados a los alcanzados en los otros nueve municipios evaluados en Colombia, lo cual permitió consolidar la selección de 13 líneas de café resistentes a la roya, con alta producción, excelentes atributos de calidad física del grano y sensorial de la bebida, así como adaptadas a toda la geografía cafetera colombiana.

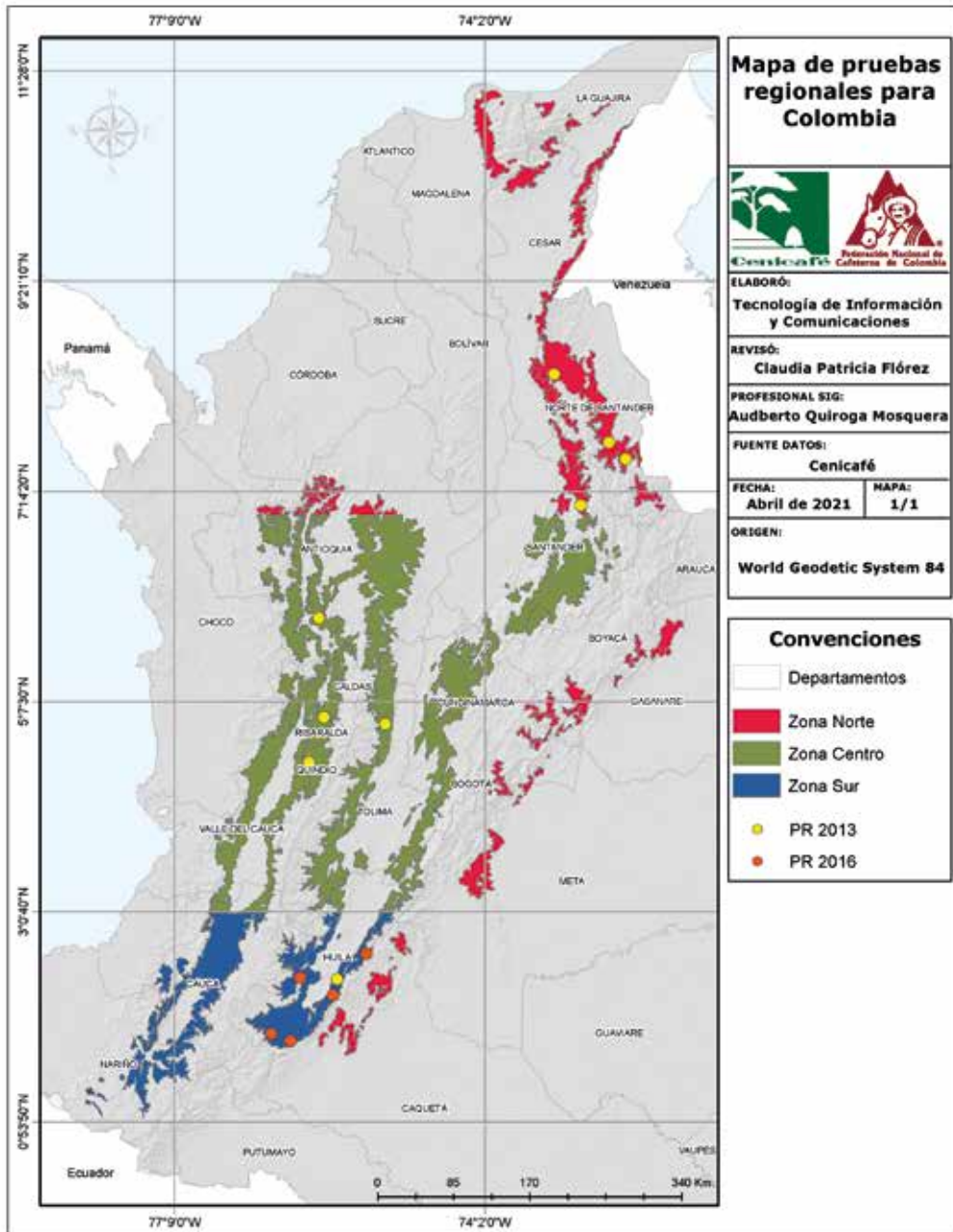


Figura 2. Localización de las pruebas regionales establecidas en los departamentos de Norte de Santander, Santander, Antioquia, Caldas, Quindío, Tolima, Huila, entre los 900 - 1.700 m de altitud PR: Pruebas Regionales..

Metodología

Localización y material vegetal

Se llevó a cabo la prueba regional en cinco ambientes representativos del departamento del Huila durante cinco años (2016-2021). La prueba se estableció en los municipios de Pitalito, Acevedo, Garzón, La Plata y Algeciras, distribuidas en altitudes entre los 1.300 – 1.700 m. Las cinco localidades seleccionadas están clasificadas en tres zonas agroecológicas (ZAE1, ZAE5 y ZAE6), de acuerdo con la zonificación agroecológica cafetera previamente establecida para el departamento de Huila (Salazar et al., 2019) (Tabla 1, Figura 3). Las condiciones climáticas de cada localidad se describen en la Tabla 2.

En cada lote experimental se establecieron 45 líneas avanzadas del PMG, con tres orígenes diferentes y cuatro testigos (Castillo El Tambo®, dos líneas componentes Castillo® y Caturra sin control de roya) (Tabla 3).

Tabla 1. Localización de los lotes experimentales donde fueron establecidas las cinco pruebas regionales del departamento del Huila. ZAE: Zona agroecológica.

Municipio	Vereda	Finca	N	W	Altitud (m)	Zona Agroecológica
Garzón	Los Pinos	El Rosal	2°10'28.12"	75°33'31.37"	1.546	5
Pitalito	Guandinosa	Villa Sofía	1°47'06.70"	76°10'38.40"	1.672	6
La Plata	El Jazmín	Bella Vista	2°20'59.96"	75°53'12.77"	1.670	1
Algeciras	Las Brisas	La Cabaña	2°35'32.69"	75°13'29.58"	1.548	1
Acevedo	Versalles	La Guamera	1°42'38.90"	75°59'07.60"	1.333	6

Tabla 2. Condiciones climáticas de cada localidad: PIT: Pitalito, ACE: Acevedo, GAR: Garzón, LPL: La Plata, ALG: Algeciras.

	Precipitación (mm)					Temperatura Promedio (°C)					Brillo Solar Promedio (h)				
	PIT	AC	GAR	LPL	ALG	PIT	AC	GAR	LPL	ALG	PIT	AC	GAR	LPL	ALG
Ene.	64	39	47	111	34	19,7	22,3	20,2	20,2	20,5	150	150	135	151	136
Feb.	104	83	77	141	64	19,7	22,3	20,2	20,2	20,6	118	115	106	120	109
Mar.	156	147	157	169	138	19,6	22,0	20,1	20,2	20,5	104	101	97	112	96
Abr.	222	206	181	172	168	19,4	21,9	20,0	20,1	20,4	107	108	92	106	91
May.	236	233	192	163	166	19,3	21,8	19,9	20,0	20,4	118	124	107	117	105
Jun.	251	260	164	113	132	18,8	21,3	19,4	19,6	20,1	116	121	106	116	106
Jul.	236	235	130	94	106	18,3	20,9	19	19,3	19,8	120	122	106	122	108
Ago.	181	216	77	45	73	18,5	21,2	19,3	19,5	20,1	125	125	112	128	116
Sep.	141	155	73	52	91	19,0	21,7	19,8	19,8	20,5	128	129	115	126	116
Oct.	152	119	157	173	165	19,4	22,0	19,9	19,9	20,4	130	135	113	123	112
Nov.	151	105	159	219	188	19,4	21,9	19,9	19,8	20,2	129	131	106	117	99
Dic.	109	77	98	181	109	19,4	22,0	19,9	19,9	20,1	146	147	125	141	119
	2.003	1.875	1.512	1.633	1.434	19,2	21,8	19,8	19,9	20,3	1.491	1.501	1.320	1.479	1.313

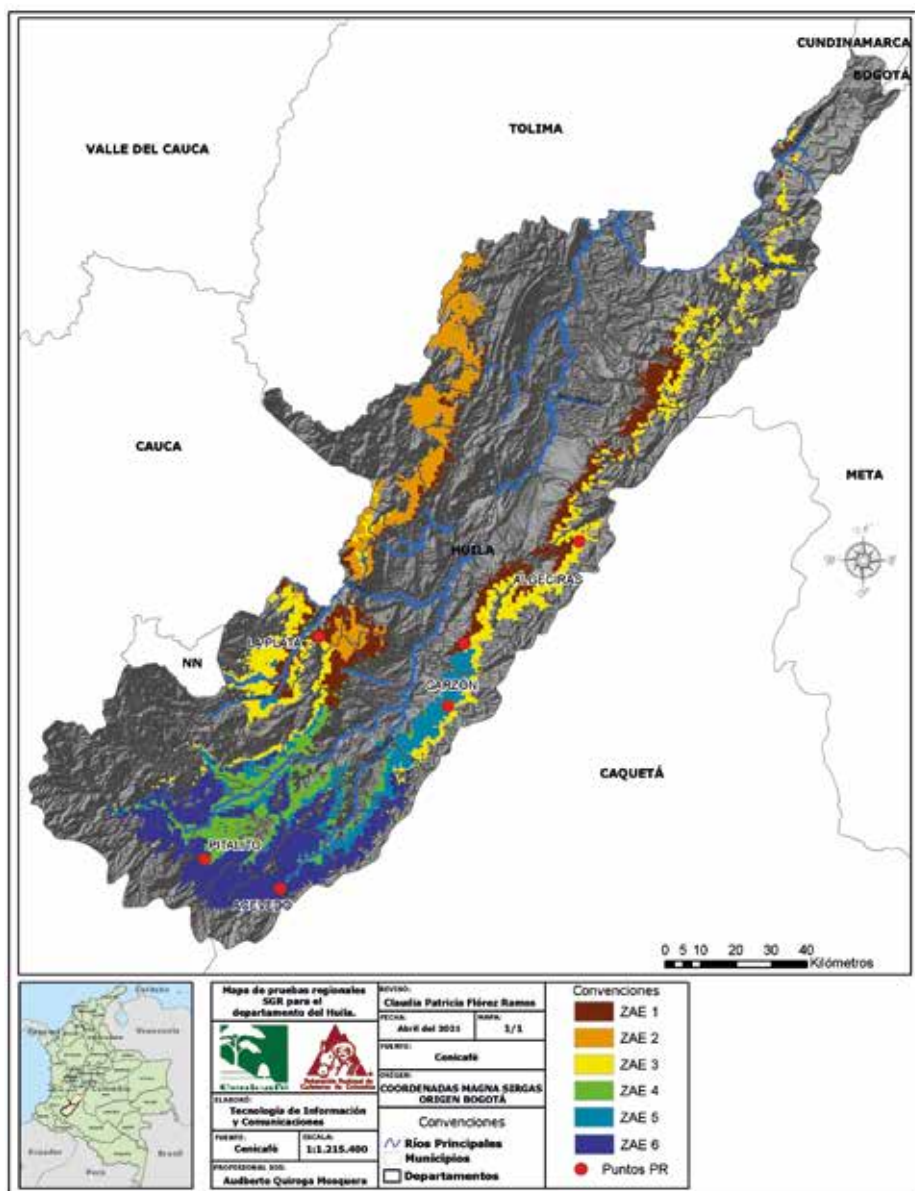
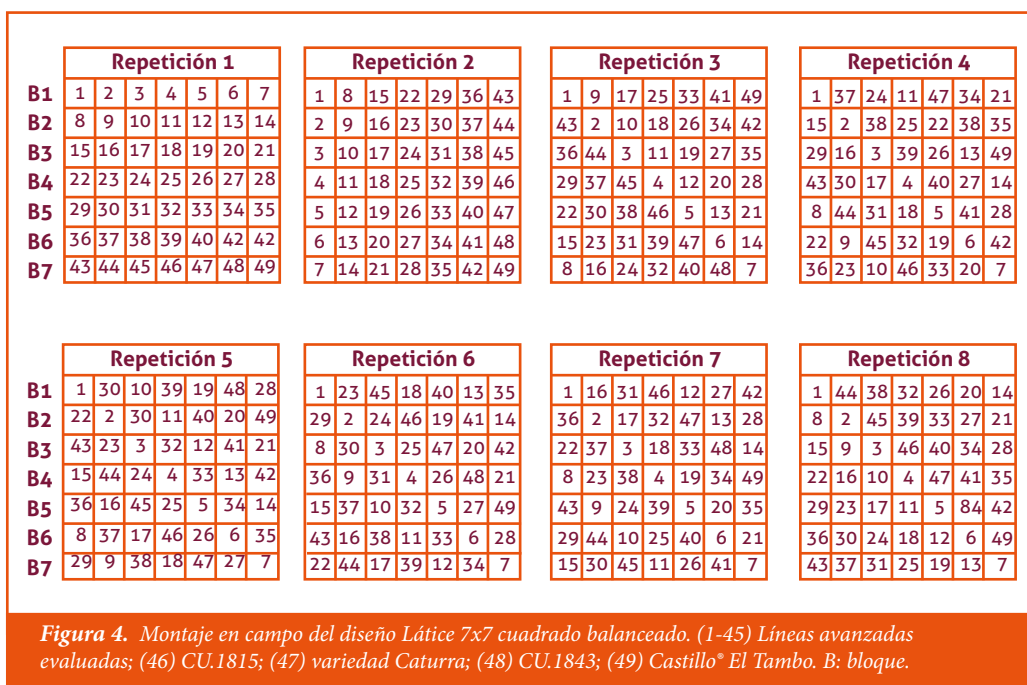


Figura 3. Ubicación de los municipios cafeteros y zonas agroclimáticas en los cuales se establecieron las pruebas regionales en el departamento del Huila bajo el proyecto del SGR-Huila. PR: Prueba Regionales.

Cada lote experimental se estableció bajo un diseño láctice cuadrado 7x7 balanceado, con ocho repeticiones y siete bloques por repetición. Cada bloque estuvo conformado por siete parcelas, cada una con siete plantas, de cada línea mejorada evaluada o testigo (cinco efectivas y dos como borde) (Figura 4). Se estableció una distancia entre plantas de 1,0 m y entre surcos 1,5 m, para un área efectiva por planta de 1,5 m².

Tabla 3. Descripción de las poblaciones que dieron origen a las líneas avanzadas evaluadas en las pruebas regionales establecidas en el Huila en el proyecto del SGR-Huila.

Población	Descripción	Interés	# Líneas en PR SGRHuila
Caturra x C. canephora	Población arabizada originada a partir del cruzamiento de Caturra con la variedad de C. canephora BP.358. Las variedades de C. canephora de la serie BP llegaron a Cenicafé provenientes de la colección del CATIE (Costa Rica), pero fueron desarrolladas por el Programa de Mejoramiento de Café de Java. Adicionalmente, fueron evaluadas y seleccionadas en Colombia por sus buenos atributos agronómicos.	Fuentes de resistencia a la roya diferentes a las de las variedades comerciales actuales. Productividad.	14
Caturra x HdT1343	Población que dio origen a la variedad Castillo®.	Resistencia al CBD, productividad.	19
Cruces complejos	Población que involucra cruzamientos entre progenitores provenientes de Etiopía y Sudán con Caturra, Catuai, selecciones de Borbón, C. canephora (BP.358), HdT.	Resistencia a la roya, resistencia al CBD, porte del árbol.	12



El manejo agronómico del cultivo durante el ciclo productivo evaluado se sustentó en la implementación de las prácticas integradas para el control de arvenses, plagas y enfermedades recomendadas por Cenicafé. El plan nutricional se realizó de acuerdo con los resultados de los análisis de fertilidad del suelo de cada lote, para la etapa de levante con dosis determinadas por planta, y a partir del inicio de la etapa reproductiva, con la cantidad de fertilizante recomendada por hectárea.

Variables evaluadas

En todos los árboles efectivos de la parcela, a los 12 y 24 meses, se registraron variables de crecimiento altura de la planta (cm), medida desde la base del tallo hasta el ápice de la planta; diámetro de la copa (cm), medida en sentido contrario a la dirección del surco de siembra y número de cruces por planta.

Se evaluó roya en los árboles efectivos de cada parcela a partir de los 24 meses, dos evaluaciones por año, en los meses de marzo-abril y agosto-septiembre. La evaluación se hizo en una rama del tercio productivo del árbol, con más de diez hojas presentes por árbol, donde se determinó la incidencia de roya, medida como la cantidad de hojas con roya esporulada dividida entre el total de hojas presentes, multiplicado por 100. Paralelamente, a cada hoja con roya se le estimó el porcentaje de severidad o el área que cubren las lesiones y pústulas con base en el Diagrama de Área Estándar (DAE) (López et al., 2018).

Se registró la producción por parcela, por pase de cosecha (kg/pase/parcela de café cereza) durante tres cosechas principales.

En el pico principal de la segunda y tercera cosecha se determinó la calidad física del grano por parcela, registrando el porcentaje de granos caracol, triángulo y monstruo, calculado a partir de muestras de 400 granos de café pergamino seco (cps) y el porcentaje de café supremo calculado a partir de muestras de 100 g de café almendra.

Para la determinación de la calidad sensorial de la bebida, en el pase pico de la primera-segunda cosecha se tomó una muestra de 3-6 kg de café cereza por parcela (progenie), que estuvieran en estado 5-6 de maduración, de acuerdo con la carta de color recomendada por Cenicafé (2020). Seguidamente, se benefició la muestra por vía húmeda, se fermentó enzimáticamente (10 kg café despulpado: zymucil 1 cc /100 mL de agua) y secó al sol. Una vez las muestras alcanzaron una humedad entre 10%-12%, se tomaron 500 g de cps, el cual se procesó y envió a Cenicafé (Manizales, Caldas). En Cenicafé, se trilló la muestra y posteriormente se entregaron 300 g de café almendra al Panel de Catación para su análisis sensorial, para calificar diez atributos organolépticos, de acuerdo con el protocolo establecido por la SCA (*Specialty Coffee Association*). Cada valor de cada atributo corresponde al promedio de mínimo tres catadores con certificación Q-Grader. Para establecer el rango de calidad de la taza, se sumó el puntaje individual de los diez atributos, obteniendo el puntaje total, donde se clasificaron como especiales las muestras con un puntaje total superior a 80,00 y dentro de los cafés especiales se clasificaron como muy buenas aquellas muestras que obtuvieron entre 80,00-83,99 y excelentes con más de 84,00 puntos SCA.

Los criterios para la selección de las líneas mejoradas con potencial para hacer parte de una variedad de café se describen en la Tabla 4.

Tabla 4. Criterios utilizados en cada variable evaluada como parámetro de selección de líneas con potencial para conformar variedades mejoradas de café.

Característica	Criterio de selección
Roya	Incidencia: menor o igual al 5,0% Severidad: menor o igual al 0,2%
Crecimiento: altura de la planta, diámetro de copa, número de cruces	Promedios estadísticamente iguales o menores a los observados en los testigos comerciales
Producción	Producción acumulada durante tres cosechas estadísticamente igual al testigo comercial FNC (Castillo®).
Calidad física del grano	Porcentaje de grano supremo: igual o superior al de la variedad testigo comercial FNC. Porcentaje de granos caracol, triángulo o monstruo, igual o menor al de la variedad testigo comercial FNC.
Calidad sensorial de la bebida	Puntaje SCA igual o superior a 80,00 puntos. Con puntaje individual de los atributos fragancia/aroma, sabor, acidez y cuerpo igual o superior a 7,25. Libre de descriptores sensoriales negativos.

Análisis de la información

Para cada localidad, se obtuvo la producción acumulada de cada tratamiento (línea), en cada bloque y grupo. Para las variables de crecimiento se estimó el promedio de longitud del tallo, diámetro de la copa y número de cruces (variables complementarias).

En cada localidad, se estimó el promedio y variación para la producción acumulada y crecimiento. Con el diseño Láctice 7x7 balanceado, se evaluó en cada localidad, el efecto de tratamientos. Este análisis no sugirió la corrección de promedios y evidenció el efecto de los tratamientos.

En cada localidad, se comparó cada tratamiento con cada uno de los testigos (46, 47, 48 y 49), de acuerdo con el valor de diferencia mínima significativa al 5% obtenido en el análisis de varianza.

Resultados

Las líneas componentes de las variedades mejoradas desarrolladas por Cenicafé-FNC deben poseer cinco características, que son: **(1)** resistentes a la roya, **(2)** altamente productivas, **(3)** con calidad física del grano superior; **(4)** con la calidad en taza por la cual se reconoce al café de Colombia y **(5)** con amplia adaptación a las condiciones de la caficultura colombiana. Es así como se analizó cada una de estas variables, en los cinco ambientes evaluados en el Huila, y se comparó con el resultado obtenido para estas mismas líneas en las pruebas regionales realizadas en otros departamentos cafeteros del país, con la finalidad de lograr una selección más rigurosa.

Se realizaron cuatro evaluaciones de roya entre septiembre de 2019 a marzo de 2021. Al analizar el comportamiento de la roya por localidad, se observó una mayor incidencia (I) y severidad (S) en Algeciras (I: 24,3±3,1; S: 0,4±0,1) y La Plata (I: 18,3±2,5; S: 0,3±0,1), mientras que en las otras tres localidades la incidencia no superó el 10,0% y la severidad el 0,09% (Pitalito I: 6,9±2,1, S: 0,09±0,04; Acevedo I: 4,1±1 S: 0,07±0,023; Garzón I: 9,4±1,9 S: 0,09±0,03). Al monitorear la respuesta de las líneas mejoradas evaluadas frente a los testigos comerciales, se observó una respuesta diferencial que permitió agruparlos de manera concluyente (Tabla 5).

Tabla 5. Evaluación de incidencia y severidad en genotipos evaluados en las pruebas regionales realizadas en cinco municipios cafeteros del departamento del Huila.

	Roya				Calificación
	Incidencia (%)		Severidad (%)		
Líneas mejoradas	7,3	B	0,18	B	Resistente
CU.1815	11,4	B	0,25	B	
CU.1843	13,5	B	0,29	B	
Castillo® El Tambo	18,4	B	0,48	B	
Caturra	34,3	A	1,91	A	Susceptible

CU.1815 y CU.1843: líneas componentes de variedades comerciales FNC. Castillo® El Tambo: testigo resistente. Letras distintas implican diferencias entre promedios de acuerdo con la prueba de Duncan al 5%.

Teniendo presente los criterios de selección previamente establecidos para la incidencia ($\leq 5\%$) y severidad ($\leq 0,02\%$) de roya, se seleccionan 15 líneas mejoradas (33%) (Tabla 6). De estas, el 60% correspondieron a líneas originadas a partir de

cruces interespecíficos con *C. canephora*, el 33% fueron líneas provenientes de cruces complejos y 9% correspondieron a CatxHdT1343 (Tabla 6). Pese a que, en las evaluaciones realizadas en el Huila, la línea MEG0232 # 504 (TTO 39) fue seleccionada como resistente, los resultados obtenidos en las evaluaciones de roya realizadas en los departamentos de Caldas, Quindío y Tolima (Prueba Regional 2013), indicaron la susceptibilidad de esta línea, por lo cual debió ser descartada por este parámetro.

Tabla 6. Evaluación de roya en líneas mejoradas del PMG de Cenicafé, promedio de cuatro evaluaciones (2019-2021) en cinco localidades (Pitalito, Acevedo, Garzón, La Plata y Algeciras).

Población	Descripción	Tratamiento	Roya					
			Incidencia (%)			Severidad(%)		
Caturra x HdT 1343	MEG313#194	1	9,7	±	1,4	0,1	±	0,03
	MEG313#195	2	18,8	±	2,6	0,2	±	0,07
	MEG313#204	3	20,5	±	2,5	0,2	±	0,05
	MEG313#205	4	7,1	±	1,5	0,1	±	0,08
	MEG314#649	5	7,5	±	1,4	0,1	±	0,03
	MEG314#655	6	18,7	±	2,9	0,2	±	0,06
	MEG314#643	7	25,2	±	3,0	0,7	±	0,19
	MEG314#1155	8	18,3	±	2,5	0,2	±	0,05
	MEG315#1284	9	20,6	±	2,6	0,2	±	0,05
	MEG315#1289	10	14,7	±	2,6	0,1	±	0,03
	MEG314#937	11	24,7	±	3,2	0,3	±	0,08
	MEG315#1449	12	4,4	±	1,0	0,1	±	0,04
	MEG314#764	13	16,8	±	2,8	0,1	±	0,03
	MEG315#1361	14	20,1	±	2,9	0,3	±	0,09
	MEG315#1366	15	19,8	±	2,5	0,1	±	0,02
	MEG313#198	22	19,4	±	2,1	0,2	±	0,04
	MEG314#767	26	20,3	±	2,6	0,3	±	0,05
	MEG313#573	30	24,2	±	2,4	0,4	±	0,07
MEG314#1023	38	9,4	±	1,4	0,1	±	0,03	
Caturra x <i>C. canephora</i>	MEG665#510	16	0,4	±	0,4	0,0	±	0,00
	MEG665#76	17	1,7	±	0,6	0,0	±	0,01
	MEG665#49	18	0,8	±	0,7	0,1	±	0,05
	MEG665#612	19	6,4	±	1,7	0,1	±	0,05
	MEG665#621	20	7,1	±	1,3	0,1	±	0,04
	MEG665#622	21	11,4	±	1,3	0,4	±	0,10
	MEG665#513	23	0,4	±	0,3	0,0	±	0,00
	MEG665#275	24	0,1	±	0,1	0,0	±	0,00
	MEG665#691	25	1,7	±	0,5	0,0	±	0,01
	MEG667#615	27	2,3	±	1,4	0,0	±	0,00
MEG667#660	28	0,8	±	0,4	0,0	±	0,00	
MEG667#892	29	0,7	±	0,4	0,0	±	0,02	
Cruces Complejos	MEG0232#53	31	0,4	±	0,3	0,0	±	0,00
	MEG0232#333	32	4,6	±	1,0	0,1	±	0,02
	MEG0232#522	33	5,1	±	1,1	0,0	±	0,01
	MEG0232#604	34	25,7	±	2,5	0,4	±	0,11
	MEG0232#329	35	22,8	±	2,2	0,1	±	0,02
	MEG0232#66	36	3,3	±	1,0	0,0	±	0,01
	MEG0232#958	37	4,6	±	1,0	0,0	±	0,01
MEG0232#504	39	0,7	±	0,4	0,0	±	0,00	

-> Continúa

-> Continuación

Población	Descripción	Tratamiento	Roya					
			Incidencia (%)			Severidad(%)		
Cruces Complejos	MEG0232#405	40	9,2	±	1,5	0,2	±	0,05
	MEG0232#548	41	12,9	±	1,6	0,4	±	0,10
	MEG0232#572	42	9,8	±	1,5	0,0	±	0,01
	MEG0232#155	43	15,0	±	2,2	0,1	±	0,02
	MEG0232#291	44	18,5	±	2,7	0,2	±	0,04
	MEG0232#585	45	20,3	±	2,1	0,2	±	0,04
Testigos	CU.1815	46	17,1	±	2,1	0,2	±	0,07
	CU.1843	48	21,7	±	2,9	0,3	±	0,06
	Castillo® El Tambo	49	25,8	±	2,6	0,4	±	0,08
	Caturra	47	45,8	±	1,5	1,7	±	0,19

Las variables de crecimiento evaluadas fueron la base para determinar el porte del árbol, con lo que cada línea se clasificó como de porte tipo Caturra (bajo), tipo Castillo® (intermedio) o porte alto (> Castillo®). Estas variables son altamente influenciadas por el ambiente, lo que significa que hay una gran variación entre las localidades. Bajo esta consideración, para que una línea fuera de un porte específico debería tener la misma clasificación en al menos tres de las cinco localidades evaluadas (Tabla 7).

De las 15 líneas seleccionadas por ser resistentes a la roya, seis fueron clasificadas como tipo Caturra, ocho como tipo Castillo y una de porte alto (Tabla 7). Por tal razón, pese a que la línea MEG667#660 fue clasificada como resistente a la roya, debió ser descartada por presentar porte más alto que la variedad Castillo® (Tabla 7).

La temperatura es el factor más importante, que induce el desarrollo de una planta a través de sus diferentes fases de crecimiento. Dentro de las localidades evaluadas en Acevedo, las plantas presentaron un crecimiento más exuberante, contrario a lo observado en Pitalito. Esto pudo deberse a una mayor cantidad de unidades térmicas acumuladas en Acevedo (4.239°C día⁻¹), frente a las acumuladas en Pitalito (3.315°C día⁻¹).

Tabla 7. Descripción de las variables de crecimiento registradas en árboles de 24 meses, de las líneas seleccionadas por su resistencia a la roya. altura (ALT), diámetro de copa (DCOP) y número de cruces (#CRUC) y su clasificación de acuerdo con el tipo de árbol. TCast: tipo Caturra; TCast: tipo Castillo y >Cast: porte más alto que Castillo.

Población	Genotipo	TTO	Algeiras				La Plata				Garzón				Acevedo				Pitalito				Clasificación (# loc)		
			ALT	DT	DCOP	#CRUC	ALT	DT	DCOP	#CRUC	ALT	DT	DCOP	#CRUC	ALT	DT	DCOP	#CRUC	ALT	DT	DCOP	#CRUC	Tcat	TCast	>Cast
			Caturra x HdT1343	MEG315#1449	12	105,2	2,9	106,2	22,3	106,2	2,9	99,0	23,0	120,9	3,6	124,8	25,1	123,2	3,4	116,4	23,2	108,7	3,1	106,1	23,6
MEG665#510	16	112,2		2,8	102,8	22,4	119,2	3,0	107,9	24,7	137,2	3,9	136,7	26,6	135,5	3,5	119,2	24,4	121,3	3,3	115,3	24,5	1	4	
MEG665#76	17	102,6		2,6	97,5	22,2	108,3	2,9	97,6	24,2	125,5	3,7	124,6	26,8	117,5	2,8	102,0	22,7	119,6	3,8	114,1	25,7	2	3	
Caturra x C. canephora	MEG665#49	18	107,5	2,8	108,2	23,4	116,8	3,1	102,2	24,8	133,3	4,0	131,4	25,7	143,8	3,8	129,4	28,2	114,4	3,3	118,1	24,8	1	4	
	MEG665#513	23	97,4	2,7	98,1	23,4	97,4	2,9	96,8	23,8	129,4	3,8	121,2	27,6	129,6	3,4	126,0	26,2	109,1	3,4	115,2	26,7	4	1	
	MEG665#275	24	98,8	2,6	100,5	21,8	107,2	2,9	107,6	22,9	136,1	3,8	146,3	25,7	130,6	3,3	127,3	24,9	105,6	3,1	106,8	22,8	3	2	
	MEG665#691	25	108,5	2,9	107,8	21,7	112,2	3,0	106,2	23,7	133,1	3,9	139,9	26,7	141,5	3,7	136,5	25,7	110,2	3,1	120,3	21,7	2	3	
	MEG667#615	27	111,8	3,1	115,7	22,7	114,7	3,3	109,8	23,3	139,0	4,0	148,4	27,0	133,8	3,6	126,3	24,2	116,2	3,4	117,3	23,7	1	3	1
	MEG667#660	28	133,0	3,0	122,4	26,6	128,2	3,0	108,6	25,7	138,8	3,5	119,8	27,3	139,6	3,3	119,4	25,9	128,1	3,2	124,7	26,4		2	3
MEG667#892	29	116,3	3,0	114,0	23,8	107,8	2,8	99,8	22,0	145,5	4,0	144,8	27,7	143,6	3,6	131,2	25,9	124,4	3,4	118,2	25,0		4	1	

-> Continúa

Población	Genotipo	TTO	Algeciras				La Plata				Garzón				Acevedo				Pitalito				Clasificación (# loc)		
			ALT	DT	DCOP	#CRUC	ALT	DT	DCOP	#CRUC	ALT	DT	DCOP	#CRUC	ALT	DT	DCOP	#CRUC	ALT	DT	DCOP	#CRUC	T _{cat}	T _{Cast}	>Cast
Cruces complejos	MEGO232#53	31	115,5	2,9	112,2	23,8	119,6	3,1	138,2	24,8	134,8	3,8	137,5	27,3	151,0	3,7	139,7	28,2	112,3	3,1	106,5	23,7		4	1
	MEGO232#333	32	107,0	2,7	104,9	24,1	108,6	2,8	102,0	24,3	124,4	3,7	127,9	26,2	139,1	3,4	123,4	26,7	102,5	3,2	104,1	24,4	3	2	
	MEGO232#522	33	109,1	2,7	104,1	27,3	114,2	3,0	106,8	27,8	129,8	3,5	134,8	30,5	135,9	3,4	127,3	30,5	109,9	3,6	103,7	27,3	3	2	
	MEGO232#66	36	105,2	3,0	111,1	23,4	102,8	3,0	95,6	23,9	138,0	3,9	134,9	28,7	137,3	3,8	133,3	27,7	109,3	3,2	107,4	25,6	3	2	
	MEGO232#958	37	115,4	2,7	111,9	23,5	116,3	2,9	105,5	24,3	137,6	3,6	134,8	27,9	146,0	3,5	131,6	27,9	120,8	3,9	110,1	25,5		5	
Testigos	CU-1815	46	112,5	2,9	117,2	22,4	115,8	3,0	111,7	23,0	134,4	4,0	145,7	25,7	138,3	3,7	135,9	23,5	122,9	3,5	128,7	24,6		5	
	CU-1843	48	120,3	3,3	120,4	23,9	114,7	3,3	114,6	23,9	127,0	4,0	136,9	25,2	123,4	3,7	118,5	23,0	118,3	3,5	122,1	23,8	1	4	
	Castillo@ El Tambo	49	127,1	3,4	129,4	25,0	120,9	3,4	117,4	24,2	133,5	3,9	137,2	26,4	152,4	3,9	147,4	27,1	128,4	3,7	139,0	24,9		4	1
	Caturra	47	102,1	2,7	102,1	22,7	97,6	2,7	93,3	22,2	118,6	4,5	121,1	25,6	128,3	3,2	112,5	25,6	98,5	2,9	99,4	23,4	5		

En las localidades evaluadas se distinguen dos patrones de cosecha, siendo La Plata de cosecha principal en primer semestre, y las otras localidades de cosecha en segundo semestre (Figura 5). La distribución de la producción en Algeciras no coincidió con lo reportado históricamente, donde se clasificaba como de cosecha principal entre marzo-abril. La distribución de la cosecha está relacionada directamente con la distribución de la floración, la cual está regulada por los períodos húmedos y secos. En la Figura 6 se muestran los balances hídricos para cada localidad, junto con los períodos de floración y cosecha entre 2018-2020.



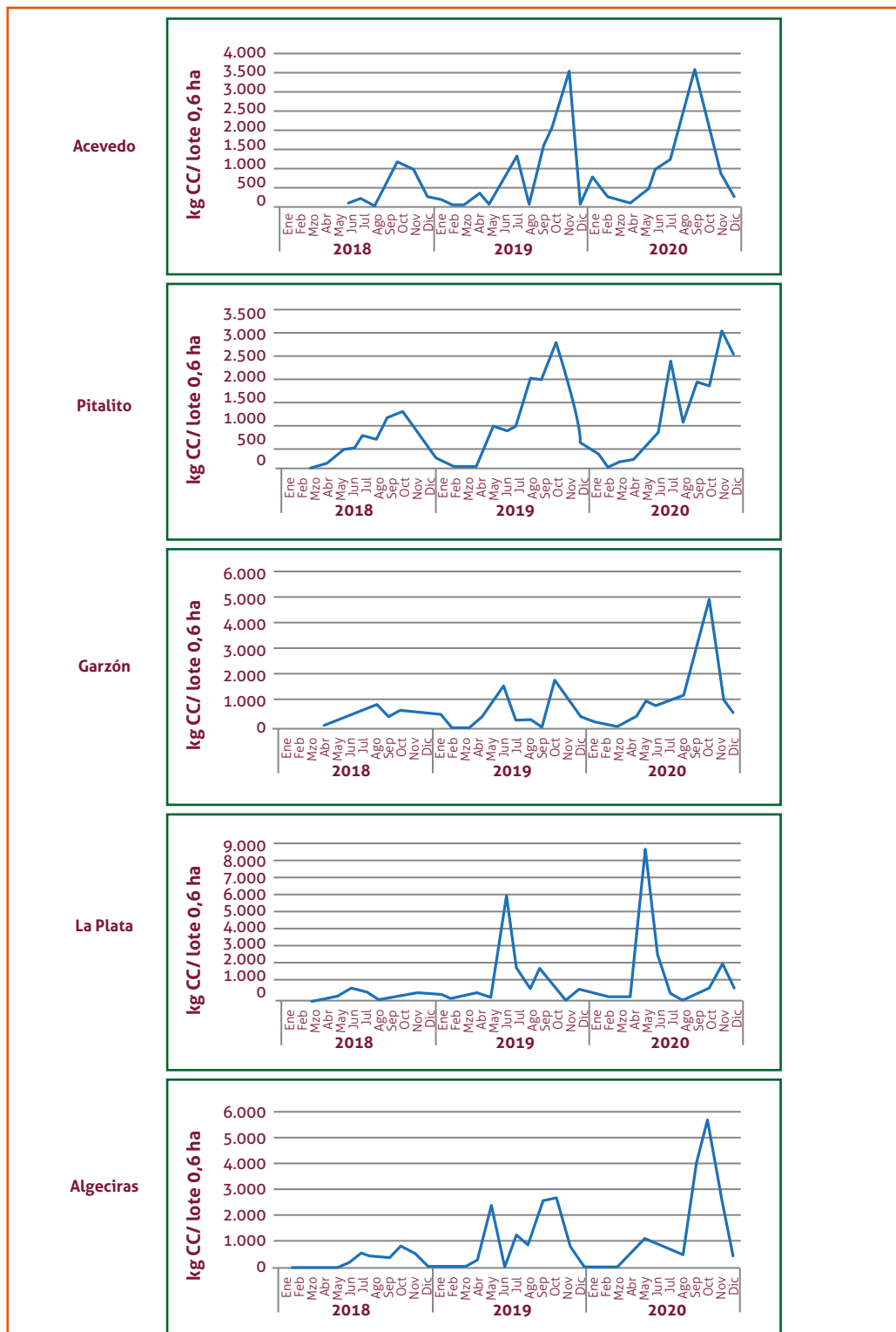


Figura 5. Distribución de la producción en las cinco localidades evaluadas en el departamento del Huila. CC: café cereza.

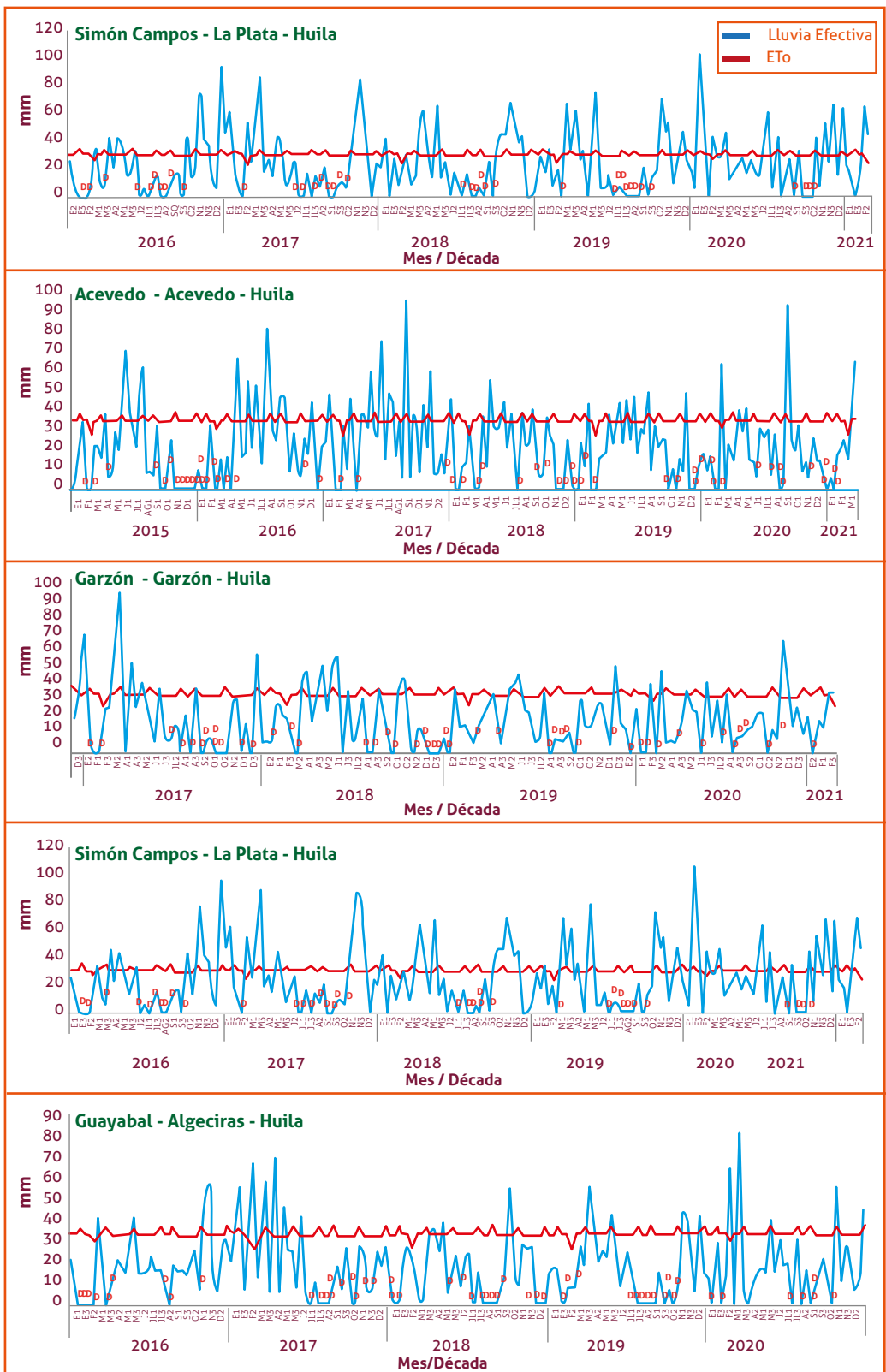


Figura 6. Balances hídricos observados entre 2016-2020 en las cinco localidades donde se establecieron las pruebas regionales en el departamento del Huila. D: período de déficit.

Bajo las condiciones experimentales evaluadas, la localidad con mayor potencial de producción acumulada en un ciclo de tres años fue Pitalito (1.249 @ ha⁻¹ de cps), seguido por La Plata y Algeciras (1.189 @ ha⁻¹ de cps), Acevedo (1.024 @ ha⁻¹ de cps) y Garzón (1.019 @ ha⁻¹ de cps). Las 14 líneas seleccionadas bajo los criterios de resistencia a la roya y porte del árbol, presentan una producción que está dentro del rango del testigo Castillo® y superior a Caturra (Tabla 8).

Tabla 8. Producción acumulada promedio de tres cosechas de las líneas mejoradas seleccionadas por ser resistentes a roya y por tener un porte de árbol tipo Caturra o Castillo®. Producción expresada en kg CC / parcela de 7,5m².

Población	Genotipo	TTO	Algeciras		La Plata		Garzón		Acevedo		Pitalito		Pacum general	
			Pacum	EE	Pacum	EE	Pacum	EE	Pacum	EE	Pacum	EE	Media	EE
Caturra x HdT1343	MEG315#1449	12	47,8	1,90	44,8	2,41	32,2	3,47	27,3	1,14	38,8	5,19	38,2	2,8
Caturra x C. canephora	MEG665#510	16	52,9	4,71	40,2	1,87	34,4	3,74	30,5	1,23	37,1	4,37	39,0	3,2
	MEG665#76	17	38,6	4,16	37,6	4,54	28,9	1,97	18,9	1,38	32,1	4,10	31,2	3,2
	MEG665#49	18	50,8	3,12	41,2	2,80	40,2	2,87	31,6	3,23	31,5	4,03	39,1	3,2
	MEG665#513	23	32,3	2,59	40,1	2,81	34,9	1,46	32,7	3,95	32,3	2,24	34,5	2,6
	MEG665#275	24	37,2	4,25	44,7	3,34	37,4	2,29	37,5	4,85	28,7	2,10	37,1	3,4
	MEG665#691	25	51,0	2,48	38,8	2,02	24,3	2,20	27,7	1,50	29,1	4,67	34,2	2,6
	MEG667#615	27	52,3	3,06	53,4	2,23	46,3	2,22	41,4	3,02	49,5	3,53	48,6	2,8
MEG667#892	29	42,1	6,00	38,0	3,36	37,2	4,91	23,6	3,47	40,4	5,29	36,3	4,6	
Cruces complejos	MEGO232#53	31	53,4	5,51	51,7	2,52	39,8	2,89	54,6	3,20	45,0	2,82	48,9	3,4
	MEGO232#333	32	43,2	2,26	38,8	2,04	34,4	2,33	33,7	2,85	34,3	3,69	36,9	2,6
	MEGO232#522	33	38,7	3,63	36,2	2,34	36,0	1,78	33,4	2,48	33,0	2,21	35,5	2,5
	MEGO232#66	36	43,8	6,19	38,7	2,54	48,4	3,80	39,8	2,38	40,6	2,88	42,2	3,6
	MEGO232#958	37	43,3	3,14	44,5	4,01	41,6	3,77	47,2	2,38	43,4	4,97	44,0	3,7
Testigos	Castillo® Tambo	49	55,8	1,42	47,3	1,69	32,5	1,31	49,3	2,95	48,3	2,98	46,6	2,1
	Caturra	47	22,5	2,42	15,5	1,48	23,1	0,75	26,0	1,31	22,4	2,13	21,9	1,6

La calidad física del grano mostró que no hay diferencias de las líneas seleccionadas frente al testigo Castillo, con excepción de la línea MEGO232#522, la cual presentó 53% de grano supremo, por lo cual no cumple con este criterio de selección (Tabla 9).

Tabla 9. Calidad física del grano de las líneas seleccionadas en las pruebas regionales, establecidas en cinco localidades del departamento del Huila.

Población	Genotipo	TTO	Caracol (%)		Triángulo (%)		Monstruo (%)		Supremo (%)	
			Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
Caturra x HdT1343	MEG315#1449	12	7,9	0,9	1,9	0,3	0,4	0,1	76,8	3,4
	MEG665#510	16	8,4	1,1	3,8	0,8	0,1	0,1	85,2	2,8
	MEG665#76	17	10,1	1,0	3,5	0,7	0,2	0,1	62,5	5,5
	MEG665#49	18	10,8	1,3	1,5	0,3	0,1	0,0	82,9	2,4
	MEG665#513	23	11,7	1,1	1,1	0,3	0,1	0,1	67,3	3,7
	MEG665#275	24	8,2	0,7	1,2	0,2	0,1	0,0	77,7	1,9
	MEG665#691	25	7,3	1,0	2,4	0,6	0,3	0,1	76,3	3,8
	MEG667#615	27	9,0	0,9	3,1	0,4	0,0	0,0	82,8	3,1
MEG667#892	29	10,7	1,5	2,3	0,4	0,2	0,1	81,7	2,6	
Cruces complejos	MEGO232#53	31	4,8	0,7	0,7	0,3	0,1	0,0	80,8	3,2
	MEGO232#333	32	10,7	1,0	1,9	0,4	0,3	0,1	62,9	3,8
	MEGO232#522	33	13,3	1,3	0,8	0,2	0,2	0,1	53,0	3,5
	MEGO232#66	36	11,3	1,3	1,4	0,3	0,1	0,1	74,0	3,4
	MEGO232#958	37	10,7	1,4	2,4	0,5	0,2	0,1	64,8	5,3
Testigos	Castillo® El Tambo	49	6,8	1,0	0,6	0,2	0,1	0,1	70,3	4,9
	Caturra	47	8,6	0,8	5,3	0,7	0,3	0,1	58,7	3,6

Las líneas seleccionadas obtuvieron un puntaje SCA igual o superior a 80 puntos, clasificándose como cafés especiales. En La Plata y Pitalito las líneas obtuvieron mayores puntajes SCA. Se destacó la línea MEG0232#333, la cual obtuvo en cuatro de las cinco localidades evaluadas un puntaje mayor o igual a 85 (Tabla 10). Las líneas seleccionadas presentaron un puntaje SCA por descriptor sensorial superior o igual a 7,2 (Tabla 11).

Tabla 10. Puntaje total SCA de las líneas seleccionadas y testigos por localidad evaluada.

	Genotipo	Tratamiento	Localidad					Total general
			Acevedo	Pitalito	Garzón	La Plata	Algeciras	
Caturra x HdT1343	MEG315#1449	12	81	82	82	83	81	82
Caturra x C. canephora	MEG665#510	16	80	83	80	83	80	81
	MEG665#76	17	80	81	80	80	80	80
	MEG665#49	18	80	83	82	84	81	82
	MEG665#513	23	81	82	81	83	80	81
	MEG665#275	24	82	80	80	82	80	81
	MEG665#691	25	80			81	81	81
	MEG667#615	27	80	80	81	81	80	80
	MEG667#892	29	81	81	81	81	80	81
Cruces complejos	MEG0232#53	31	81	82	80	84	84	82
	MEG0232#333	32	85	86	81	85	85	84
	MEG0232#66	36		83	81	81	82	82
	MEG0232#958	37	80	82	82	81	84	82
Testigos	Castillo@ El Tambo	49	81	81		83	80	81
	Caturra	47	80	81	80	81	79	80
Total general			81	82	81	82	81	81

Tabla 11. Puntaje SCA por descriptor sensorial de las líneas seleccionadas y testigos evaluados.

Población	Genotipo	Tratamiento	Puntaje SCA										
			Frag/Aroma	Sabor	Sub. Residual	Dulzor	Taza Limpia	Uniformidad	Acidez	Cuerpo	Balance	Puntaje Catador	Puntaje Total
Caturra x HdT1343	MEG315#1449	12	7,6	7,4	7,3	10,0	10,0	10,0	7,4	7,4	7,4	7,4	81,8
Caturra x C. canephora	MEG665#510	16	7,5	7,3	7,2	10,0	10,0	10,0	7,3	7,4	7,3	7,3	81,3
	MEG665#76	17	7,4	7,1	7,0	10,0	10,0	10,0	7,1	7,2	7,1	7,1	8,0
	MEG665#49	18	7,6	7,5	7,4	10,0	10,0	10,0	7,4	7,4	7,4	7,4	82,0
	MEG665#513	23	7,4	7,3	7,2	10,0	10,0	10,0	7,3	7,3	7,3	7,3	81,2
	MEG665#275	24	7,4	7,2	7,1	10,0	10,0	10,0	7,2	7,3	7,2	7,2	80,7
	MEG665#691	25	7,5	7,3	7,1	10,0	10,0	10,0	7,2	7,4	7,2	7,2	80,8
	MEG667#615	27	7,4	7,1	7,1	10,0	10,0	10,0	7,2	7,2	7,1	7,1	80,3
	MEG667#892	29	7,4	7,2	7,2	10,0	10,0	10,0	7,3	7,3	7,2	7,2	80,8
Cruces complejos	MEG0232#53	31	7,7	7,4	7,3	10,0	10,0	10,0	7,5	7,5	7,4	7,4	82,2
	MEG0232#333	32	8,0	7,8	7,6	10,0	10,0	10,0	7,7	7,7	7,6	7,8	84,2
	MEG0232#66	36	7,6	7,4	7,3	10,0	10,0	10,0	7,5	7,4	7,3	7,3	81,8
	MEG0232#958	37	7,6	7,4	7,3	10,0	10,0	10,0	7,4	7,5	7,3	7,3	81,7
Testigos	Castillo@ El Tambo	49	7,4	7,3	7,2	10,0	10,0	10,0	7,4	7,3	7,3	7,3	81,2
	Caturra	47	7,2	7,2	7,1	10,0	10,0	10,0	7,2	7,2	7,1	7,1	80,2
	Total general		7,5	7,3	7,2	10,0	10,0	10,0	7,4	7,4	7,3	7,3	81,4

Las muestras de excelente taza (SCA≥84) se perfilaron describiendo cada uno de sus atributos sensoriales. Se encontró un amplio número de notas para cada descriptor, lo que refleja la diversidad presente en la Colección Colombiana de Café para este carácter. Se destacan las fragancias/aromas y sabor frutales con notas frutos secos, una acidez delicada y un cuerpo cremoso (Tabla 12).

Tabla 12. Proporción de descriptores asociados con los atributos fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez y cuerpo encontrado en líneas mejoradas seleccionadas clasificadas como de excelente calidad sensorial.

Atributo Sensorial	Descriptor	Nota	Proporción de Muestras (%)
Fragancia/Aroma	Dulce	Caramelo	17
		Chocolate	0
		Panela	0
		Miel	17
		Caña de azúcar	0
		Vainilla	0
	Floral	Jazmín	17
		Limoncillo	0
		Rosas	0
		Lavanda	0
	Frutal	Cítricos (limón, lima, naranja, toronja)	0
		Frutos secos (nueces, avellanas, almendras)	33
		Frutos rojos (manzanas, fresas, uvas, cerezas, vino, moras, arándanos, frambuesas)	0
Frutos amarillos (durazno, maracuyá, melocotón, piña, banano)		17	
Sabor	Dulce	Caramelo	33
		Chocolate	17
		Panela	0
		Miel	0
		Caña de azúcar	0
		Vainilla	0
	Floral	Jazmín	0
		Limoncillo	0
		Rosas	0
		Lavanda	0
	Frutal	Cítricos (limón, lima, naranja, toronja)	33
		Frutos secos (nueces, avellanas, almendras)	0
		Frutos rojos (manzanas, fresas, uvas, cerezas, vino, moras, arándanos, frambuesas)	0
Frutos amarillos (durazno, maracuyá, melocotón, piña, banano)		17	
Sabor Residual	Limpio	33	
	Nítido	33	
	Suave	33	
Acidez	Intensa	0	
	Brillante	33	
	Fina	0	
	Delicada	67	
Cuerpo	Cremoso	67	
	Suave	33	
	Consistente	0	
	Delicado	0	
	Intenso	0	

Conclusiones

Se seleccionaron 13 líneas mejoradas resistentes a la roya, con excelentes características agronómicas, calidad física del grano y calidad en taza catalogada como especial, que pueden entrar a conformar las variedades comerciales vigentes. El departamento del Huila participó con el 43% de las pruebas regionales a nivel de país.

El 93% de las líneas seleccionadas poseen mecanismos de resistencia contra la roya diferentes a los que poseen las variedades comerciales actuales, los cuales contribuirán a la durabilidad de la resistencia en las variedades comerciales actuales.



Literatura citada

López, J. M., Marín-Ramírez, G., Gaitán, A., & Ángel, C. A. (2018). Diagrama de Área Estándar para la estimación visual de severidad de roya del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé*, 498, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/4244>

Salazar, S., Hoyos, J., Quiroga-Mosquera, A., & García-López, J. C. (2019). Zonas agroecológicas. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila* (pp. 08–31). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0005_1

