



Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia

Cenicafé

Centro Nacional de Investigaciones de Café

Caracterización de la Colección Colombiana de Café por su resistencia a la enfermedad de las cerezas (CBD)

Julio Quiroga-Cardona
Mejoramiento Genético



Hongos de importancia económica para la agricultura



1. *Magnaporthe oryzae*
2. *Botrytis cinerea*
3. *Puccinia spp.*
4. *Fusarium graminearum*
5. *Fusarium oxysporum*
6. *Blumeria graminis*
7. *Mycosphaerella graminicola*
8. ***Colletotrichum spp.***
9. *Ustilago maydis*
10. *Melampsora lini*

Similitud entre especies de *Colletotrichum* spp.



Algunas especies del género están clasificadas como **especies complejas**, es decir, especies con características genéticas y morfológicas similares, dificultando de esta manera su diferenciación entre especies.

Especies complejas

C. cigarro; *C. acutatum*; *C. gloesporoides*; *C. coffeanum*; *C. kahawae*

Colletotrichum kahawae J. M. Waller & P. D. Bridge



Agente causal de CBD y es un agente fitopatógeno cuarentenario.

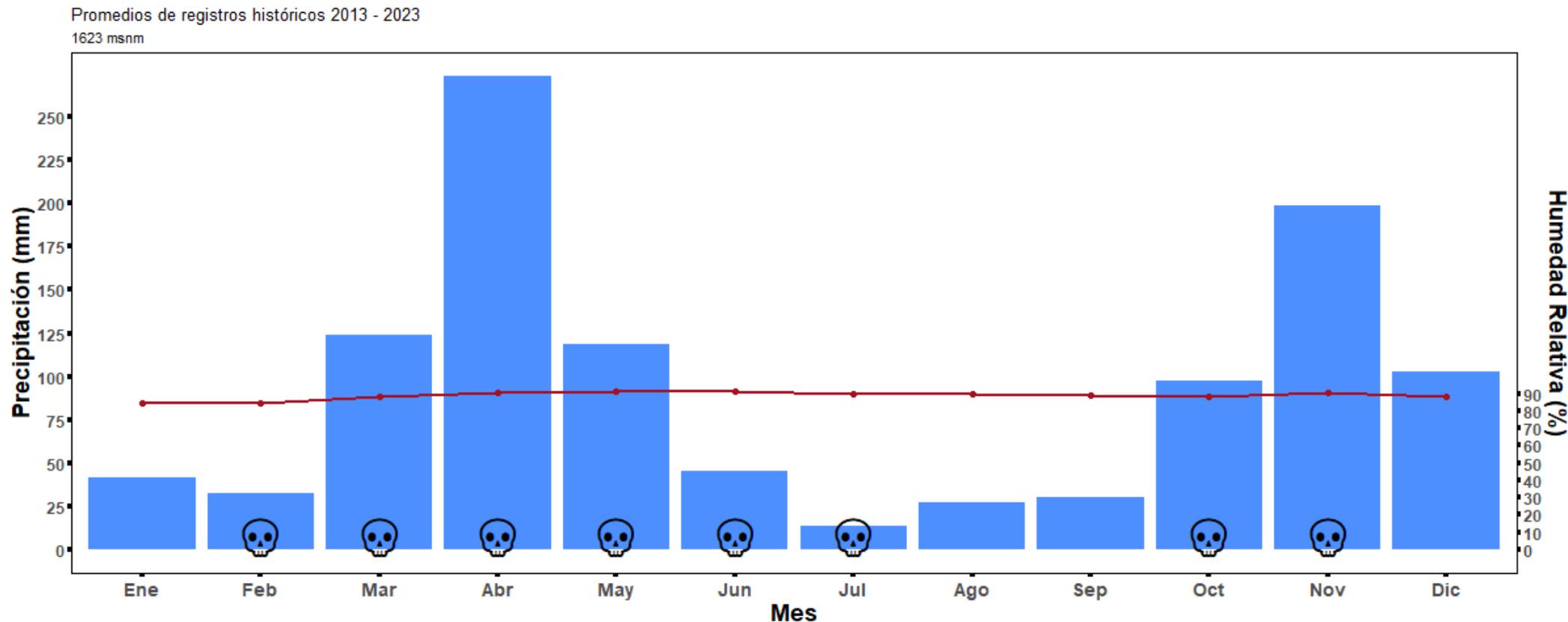


Afecta principalmente las estructuras reproductivas.



Potencialmente puede causar pérdidas superiores al 80% en *C. arabica*.

Colletotrichum kahawae J. M. Waller & P. D. Bridge



Fuente: CRF/CRI/KALRO - 2024



Control químico, 8-9 aplicaciones, 30% de los costos de producción.

Factores que favorecen las epidemias de CBD

Microclima



**Altura mayor a
1500 msnm**



**Temperatura
15°C – 25°C**



**Precipitación
850 – 3700 mm / anual
2 hr. agua en estado libre**



**Humedad relativa
>95%
4-5 hr**



**Condiciones específicas
de manejo del cultivo
que favorecen los
microclimas**

Contexto histórico

1870 – 1914

THE OFFICIAL GAZETTE

OF THE

EAST AFRICA



PROTECTORATE.

Published under the authority of His Excellency the Governor of East Africa.

Vol. XVI.—No. 359.]

NAIROBI, May 6th, 1914.

PRICE 20 CENTS.

Registered as a Newspaper at the G. P. O.

Published every Wednesday.

GENERAL NOTICE No. 362]

NOTICE.

Under the Diseases of Plants Prevention Ordinance, 1910.

In exercise of the power conferred upon me by Section 1 of the regulations dated February 3rd, 1912, issued under the Diseases of Plants Prevention Ordinance, 1910, I hereby appoint Mr. Maxwell Douglas le Poer Trench, Coffee Plant Inspector, to be an Inspector for the purposes of the said Rules.

Nairobi,
April 27th, 1914.

A. C. MACDONALD,
Director of Agriculture.

Kenya Gazette (1914) Vol. 16, N.º 359 Noticia 362 Orden 1910,
Rayner, R. W. (1952). The Scott Agricultural Laboratories, Nairobi (1936); Jones PA (1956); Barnes, (1976)



1. Primera epidemia de *H. vastatrix* afectando cafetales.
2. Afectación del comercio de café.
3. Se declara la importancia del cultivo de café en Kenia.
4. Se fundan los Laboratorios Scott.
5. Se nombran inspectores para la protección de los cultivos.

Contexto histórico

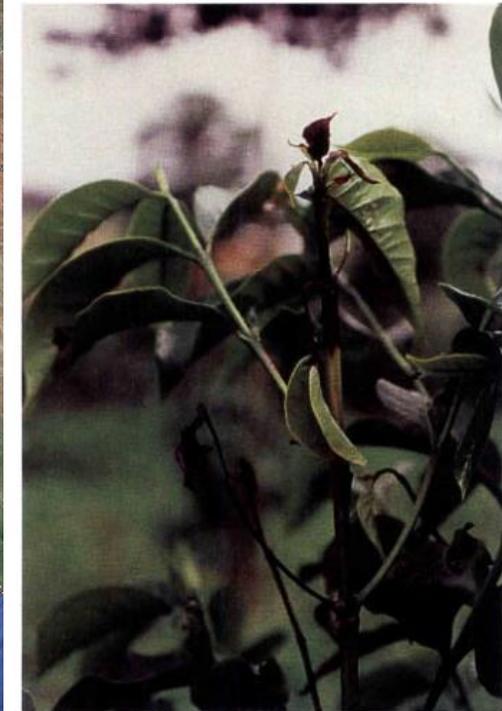
1914 – 1916/1920

1. Detona la I Guerra Mundial.
2. Se cierran exportaciones agrícolas.
3. Se concentra la logística para la guerra.
4. No hay intercambio de dinero.
5. Se abandonan los cultivos.
6. En los cultivos de café se produce un aumento de plagas y enfermedades.



Kenya Gazette (1914) Vol. 16,N.º 359 Noticia 362 Orden 1910,
Rayner, R. W. (1952). The Scott Agricultural Laboratories, Nairobi (1936); Jones PA (1956); Barnes, (1976)

1920 ¿Un diagnóstico equivocado?



Picture 4.35 Elgon die-back on a young shoot.
From: A. Autrique.

Rayner, R. W. (1952); Wintgens, J. N. (2004)

1922 CBD una enfermedad emergente



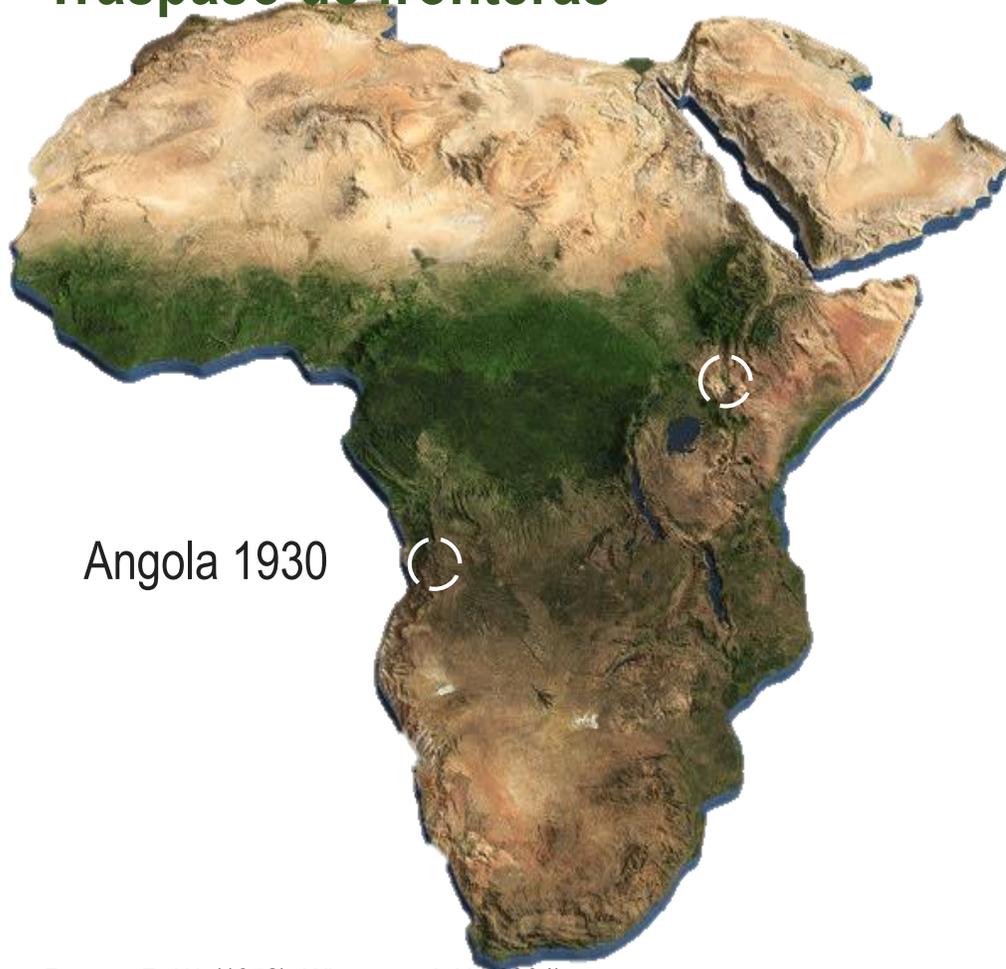
J. McDonald - Plant Pathologist
Laboratorios Scott

Aísla por primera vez el hongo y sugiere que puede ser *Gloesporium coffeanum* que se ha convertido en un patógeno altamente agresivo.

1922 – 1933

Una enfermedad que no se puede detener

Traspasó de fronteras



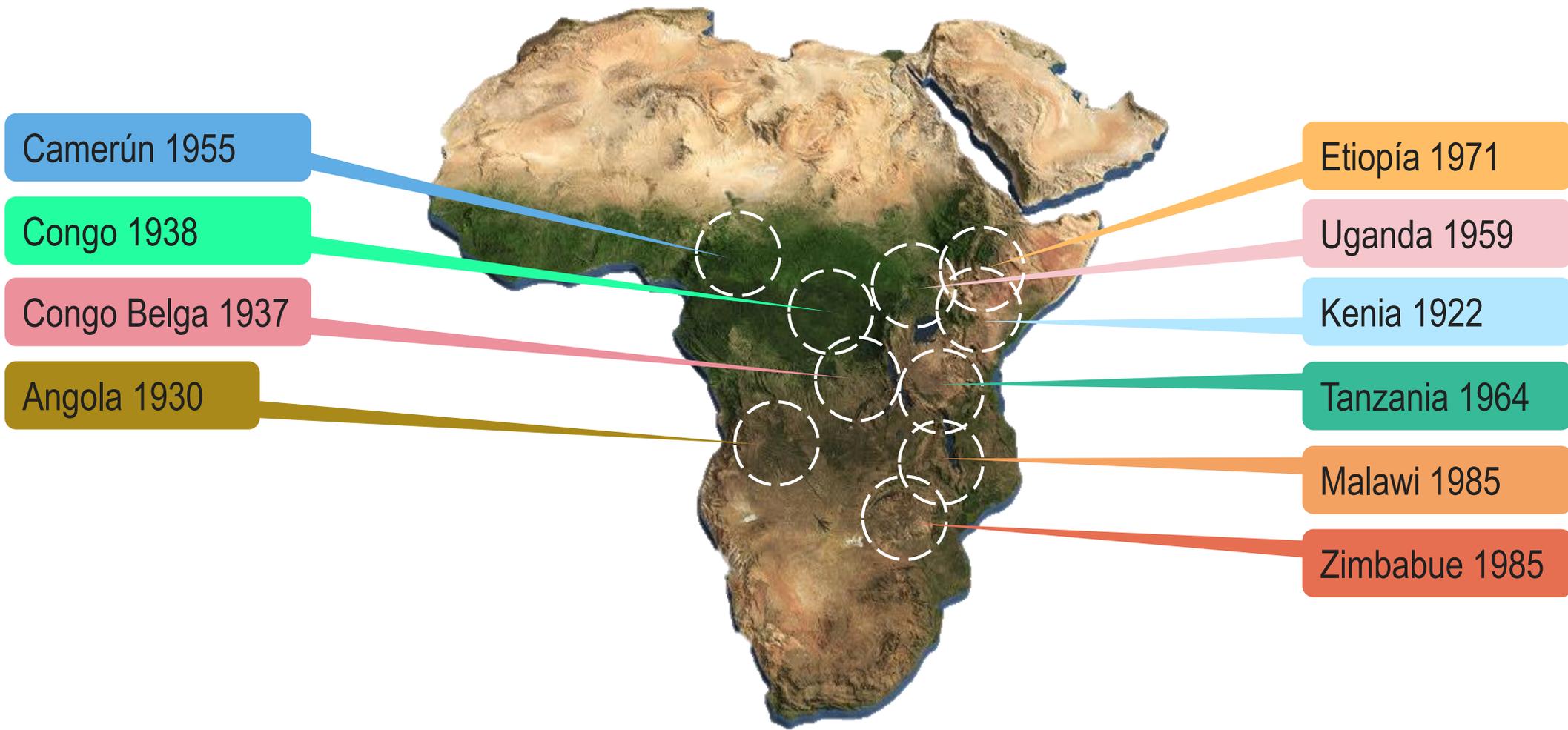
Angola 1930

1. Las podas no tiene control sobre la enfermedad.
2. Se atribuye la enfermedad a un efecto del suelo.
3. Pruebas con productos a base de Cu y S presentan alta variación en los resultados.
4. Fertilización a base de P y K no tienen efectos sobre la enfermedad.
5. Primeras observaciones del efecto potencializador que presenta la altitud.

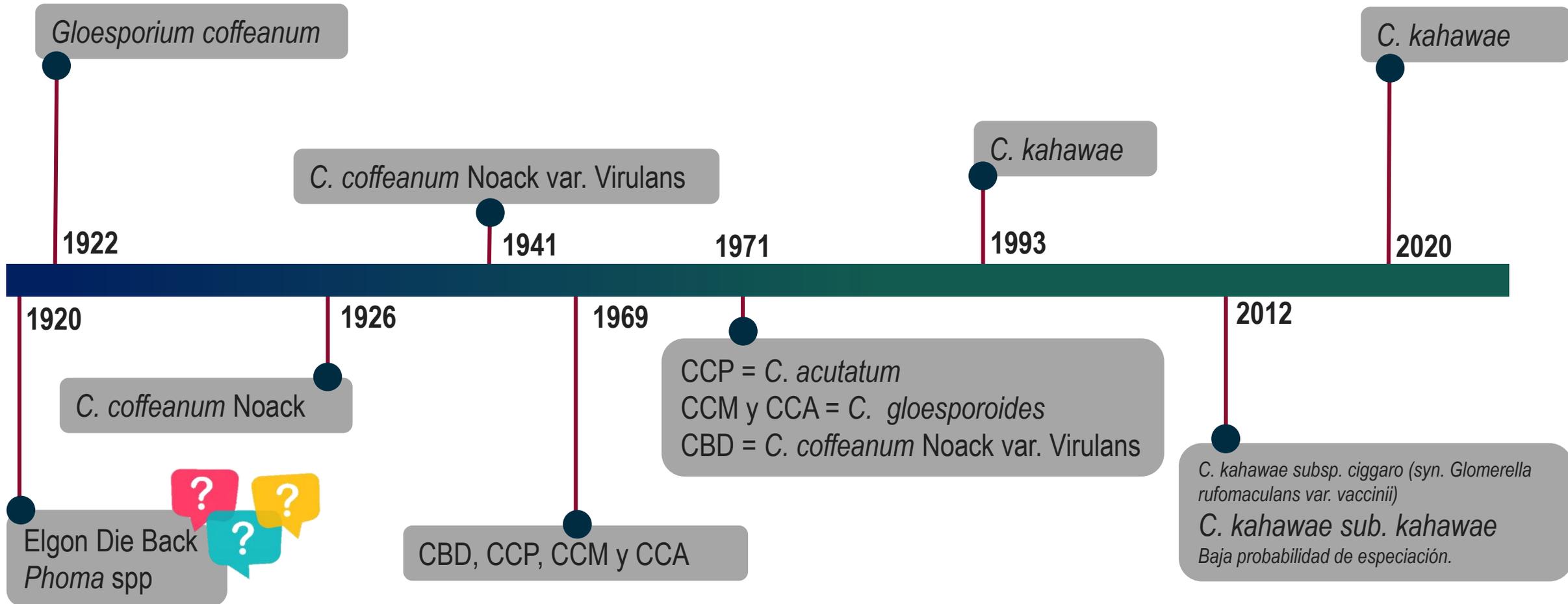
Sólo el descubrimiento de variedades resistentes, parecía ofrecer alguna esperanza para los caficultores.

Blue Mountain la **ES LA ESPERANZA** contra el **CBD**

1922 – 1985 Una enfermedad que gana terreno



102 años de CBD y un agente fitopatógeno sin identidad

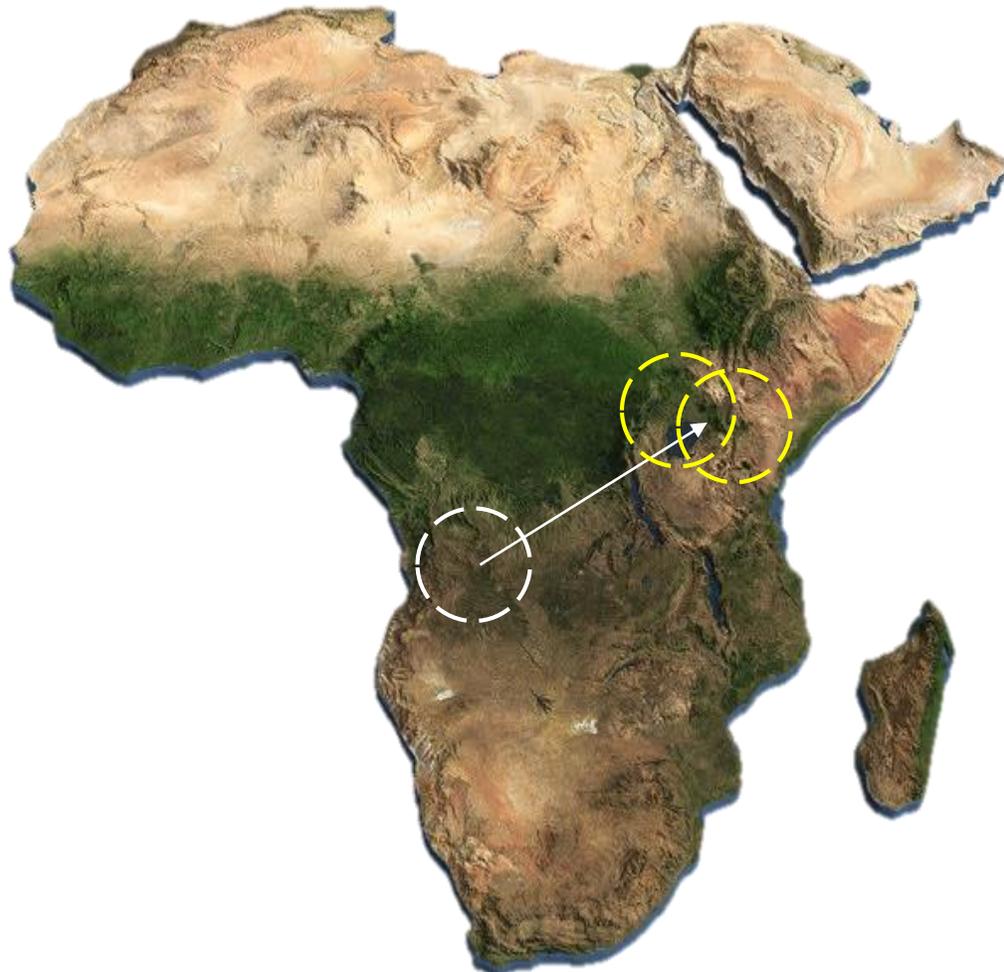


Origen de *C. kahawae*



Hipótesis 1: *C. kahawae* se originó en el acervo de *C. gloeosporoides* en los bosques de la región de los grandes lagos de África central en los progenitores diploides *C. arabica*.

Origen de *C. kahawae*

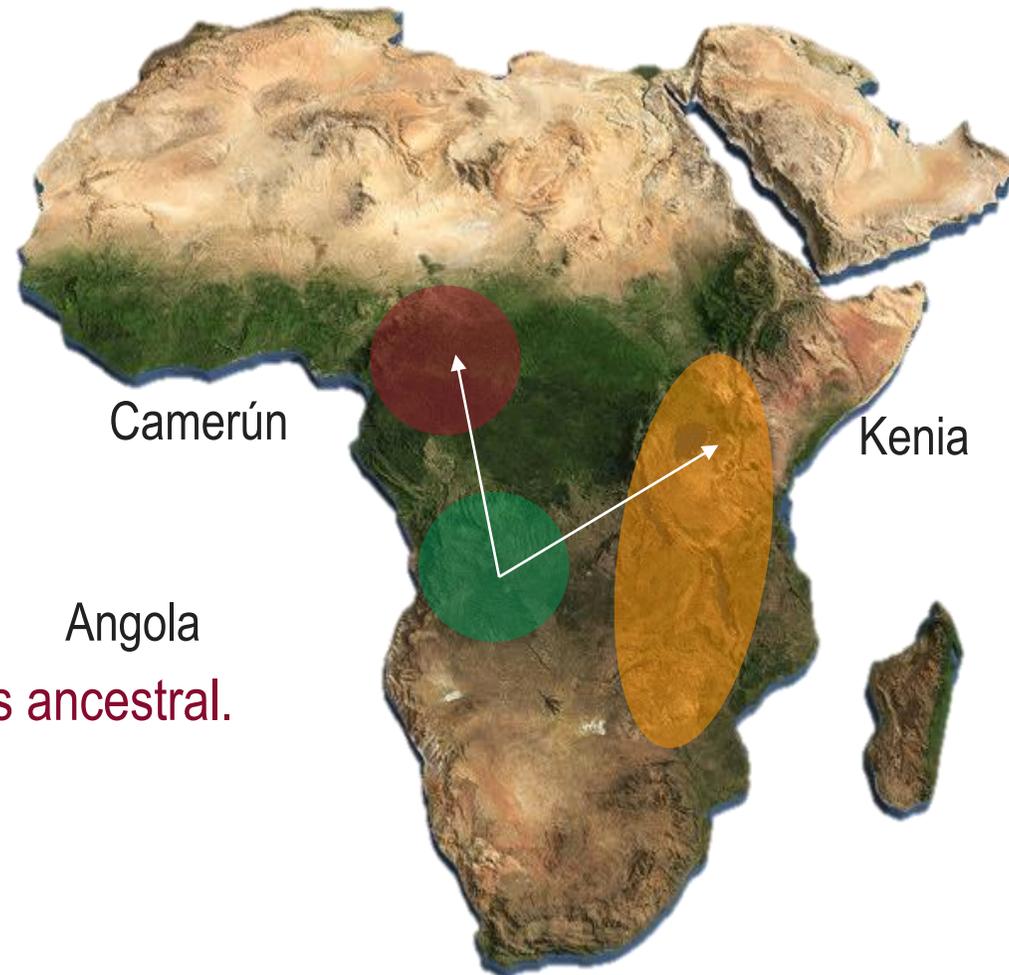


Hipótesis 1: *C. kahawae* se originó en el acervo de *C. gloeosporioides* en los bosques de la región de los grandes lagos de África central en los progenitores diploides *C. arabica*.

Hipótesis 2: Hubo un cambio de saprófito a virulento. Posiblemente apareció inicialmente en Angola y el intercambio de plantas favoreció su dispersión.

Poblaciones de *C. kahawae*

Se conocen tres población de hongo



Angola: Población más ancestral.

Agresividad de aislamientos de *C. kahawae*

Población	Aislamiento	Clasificación	
		Alto	Medio Bajo
Camerún	Cam_1	x	x*
Angola	Ang_29	x	
Este África	Uga_5	x	
Este África	Uga_6	x	
Este África	Uga_9	x	
Este África	Zim_12	x*	x
Este África	Bur_2		x
Este África	Eti_17		x
Este África	Eti_20		x
Este África	Que_42		x
Este África	Que_48		x
Este África	Que_71		x
Este África	Que_72		x
Este África	Que_84		x
Este África	Rua_1		x
Este África	Uga_1		x
Este África	Uga_2		x
Este África	Zim_1	x	x*
Este África	Que_2	x*	x
Este África	Eti_9		x
Este África	Mal_2		x
Este África	Que_82		x
Este África	Tan_12		x
Este África	Tan_13		x
Este África	Uga_3		x
Este África	Zim_14		x

Difieren en la velocidad para producir necrosis de los tejidos mediante test de hipocótilos



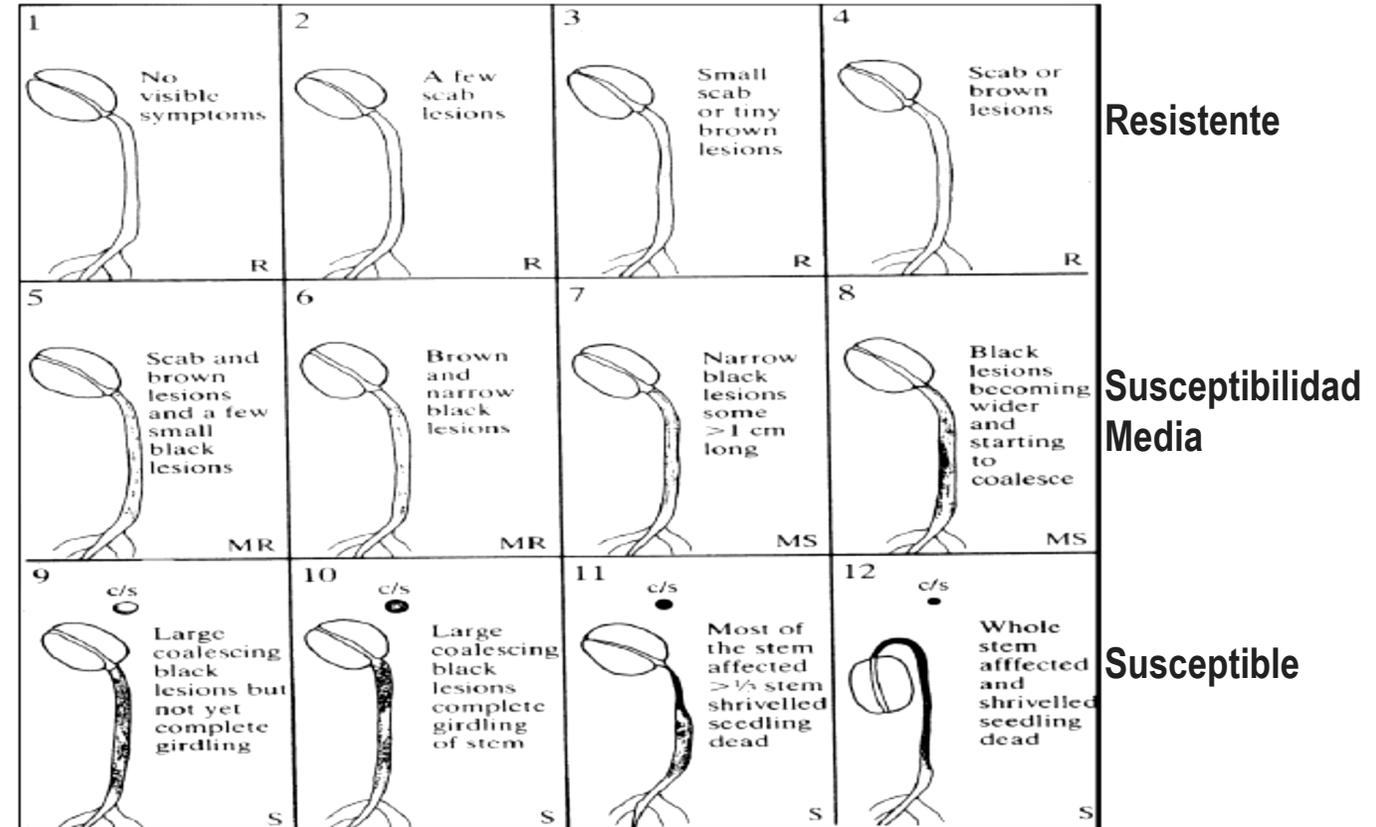
Métodos para identificar resistencia

1er. Método directo en campo

2do Método directo en laboratorio

Cook 1960 - 1973

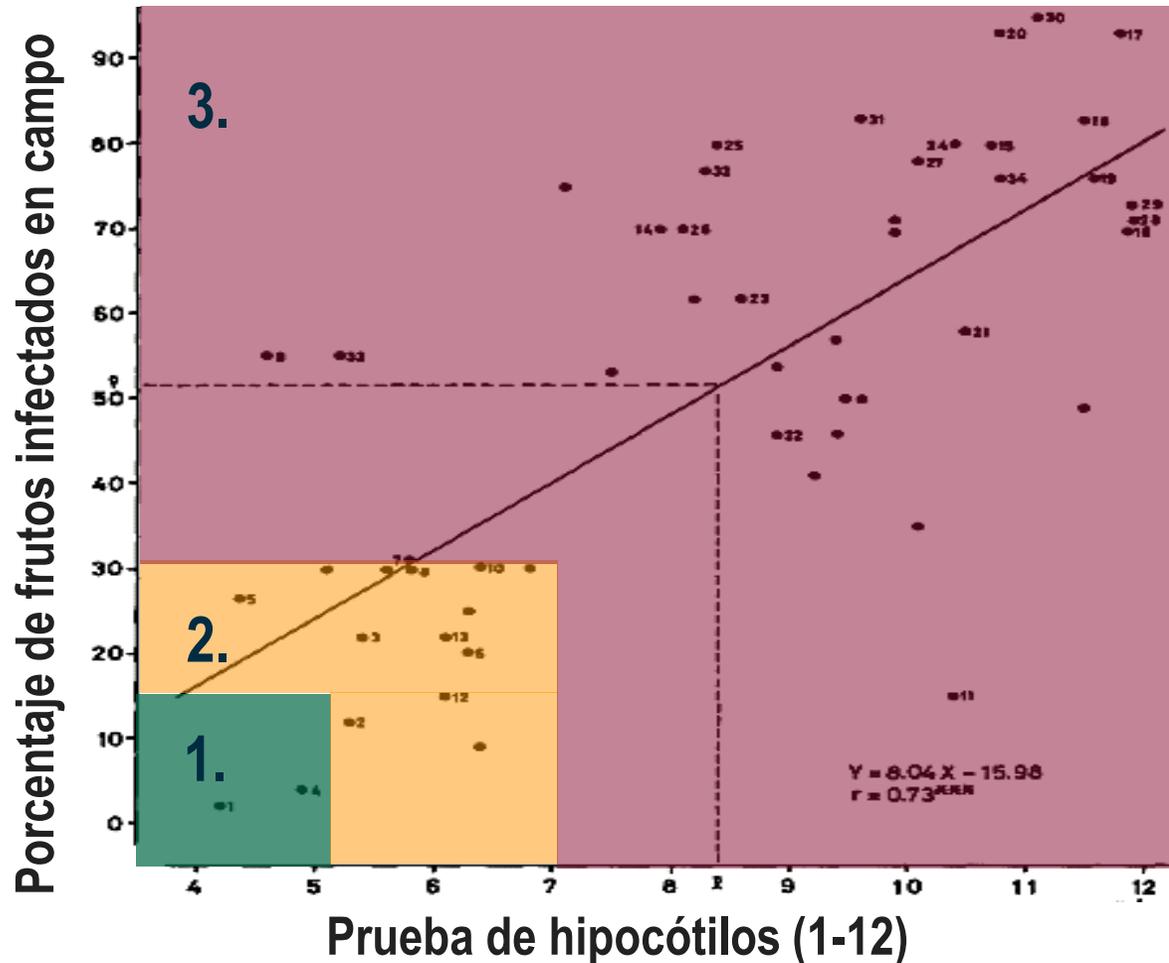
1. Hoja desprendida
2. Hipocótilos



Correlación de métodos de evaluación

Método	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(1). Valores medios de CBD en campo	1,00	0,42	0,51	0,51	0,16	0,30
(2). Inoculación en frutos en la planta		1,00	0,96	0,73	0,28	0,02
(3). Valores máximos de CBD en campo			1,00	>0,73	0,21	0,06
(4). Inoculación en hipocótilos				1,00	0,28	0,06
(5). Inoculación en frutos desprendidos					1,00	0,36
(6). Inoculación en hoja desprendida						1,00

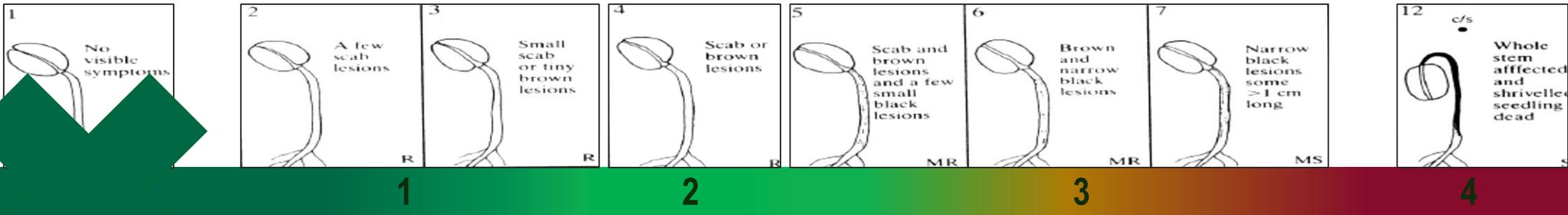
Identificación de fuentes de resistencia



1. **Rume Sudán**, infección inferior al 15% en campo y puntaje de hipocótilos por debajo de 5,2.
2. **K7, HdT, Blue Mountain** infección en campo inferior al 30% y puntaje de hipocótilos entre 5,2 y 6,8.
3. **Susceptibles**, puntajes en campo superiores al 30% y puntajes de prueba de hipocótilos superiores a 6,8.

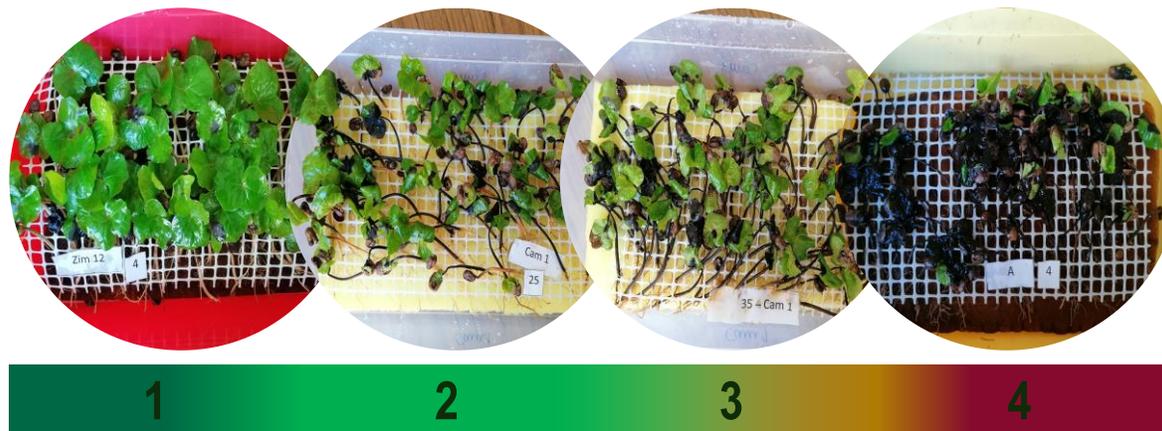
Cuantificación de la resistencia a CBD

Cook, R.T.A., 1973 – [1 – 12]
 Van Der Graaff, N.A (1982) – [0 – 4]
 CIFC, Presente – [1 – 4]



Existencia de razas en *C. kahawae*

Cod CIFC	Id. Colombia	Kenia		Malawi	
		1	4	1	4
15588	H3074 Cat. × (Cat. × HdT)	92 (R)	0	8	89 (S)
15600	H3224 (Cat. × HdT) × (Cat. × <i>C. eugenioides</i>)	93 (R)	0	0	100 (S)
15603	H4026 Cat. × (Cat. × <i>C. canephora</i>)	0	96 (S)	89 (R)	0



Métodos para identificar resistencia

3er. Método indirecto

Marcador Molecular	Gen / Fuente	Gen
Sat235, Sat207	<i>Ck-1</i> - HdT 1343	Gichuru et al, (2008)
FR34-6ctg	<i>Ck-1</i> - HdT 1343	Guzmán et al., (2012)
SNPs	<i>Ck-2</i> - Rume Sudan <i>Ck-3</i> - Rume Sudan	Gimase et al., (2020)

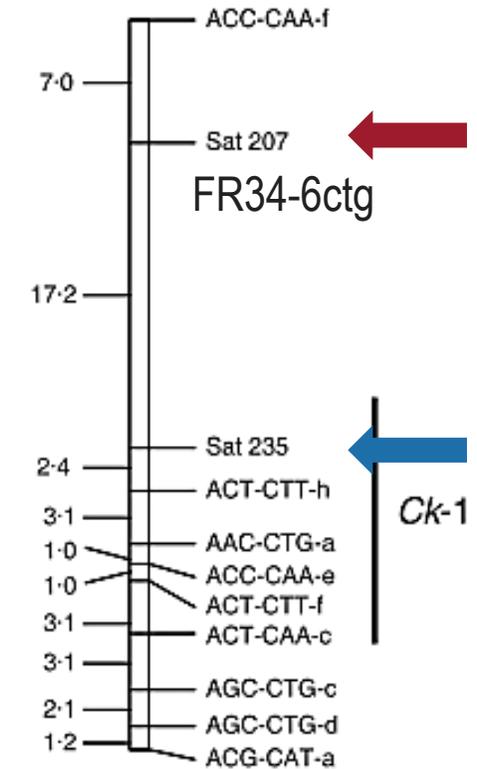
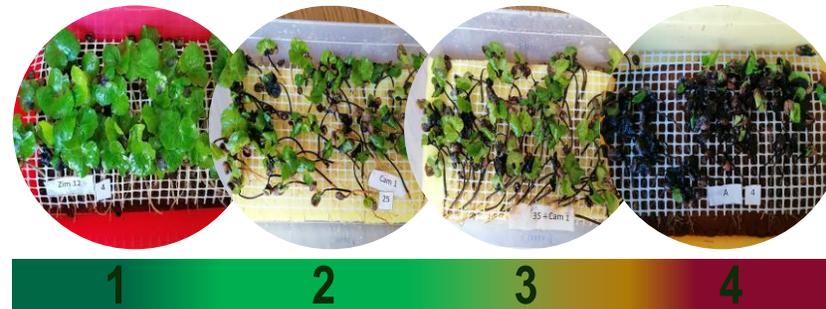
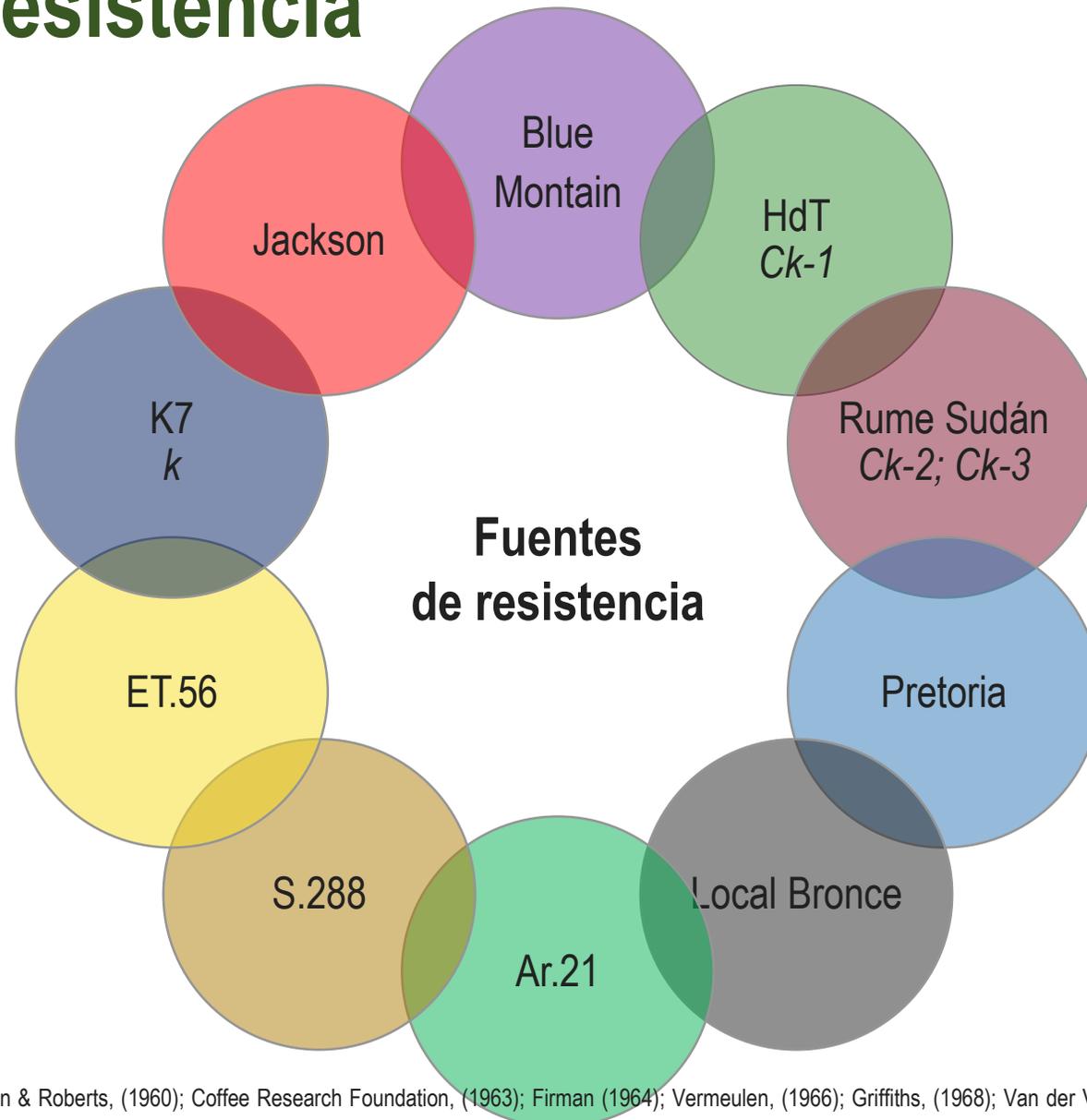


Figure 3 Genetic linkage map of markers found to be associated with coffee berry disease (CBD) resistance based on the *Coffea arabica* F₂ (SL28 × Catimor 88) population. The values on the left are the distances between the markers in cM. The segment carrying the *Ck-1* locus of resistance to CBD is delimited based on the evaluation of G1 plants (Table 2).

Fuentes de resistencia



Thorold M.A C. A., (1945); Bock, (1956); Jones, (1957); Nutman & Roberts, (1960); Coffee Research Foundation, (1963); Firman (1964); Vermeulen, (1966); Griffiths, (1968); Van der Vossen et al., (1976); Van der Vossen & Walyaro, (1980); Van der Graaff, (1981); Masaba & Van Der Vossen, (1982); Van der Graaff, (1982); Bouharmont, (1995); Van der Vossen, (2005); Van der Vossen & Walyaro, (2008); Gichuru et al., (2008).

Variedades Resistentes a CBD en África

Ruiru 11 (1985)

Progenitor	Categoría	Resistencia a CBD
HdT	HI Natural	Resistente (<i>Ck-1</i>)
Catimor 86	Mejorado (Colombia)	Resistente (<i>Ck-1</i>)
Catimor 88	Mejorado (Colombia)	Resistente (<i>Ck-1</i>)
Catimor 90	Mejorado (Colombia)	Resistente (<i>Ck-1</i>)
Catimor 124	Mejorado (Colombia)	Resistente (<i>Ck-1</i>)
Catimor 127	Mejorado (Colombia)	Resistente (<i>Ck-1</i>)
Catimor 134	Mejorado (Colombia)	Resistente (<i>Ck-1</i>)
Rume Sudan	Silvestre	Resistente (<i>R</i>)
K7	Variedad Comercial	Resistente (<i>k</i>)
SL4	Mejorado	Susceptible
SL28	Variedad Comercial	Susceptible
SL34	Variedad Comercial	Susceptible
N39	Variedad Comercial (Tanzania)	Susceptible
Borbón	Variedad Comercial	Susceptible

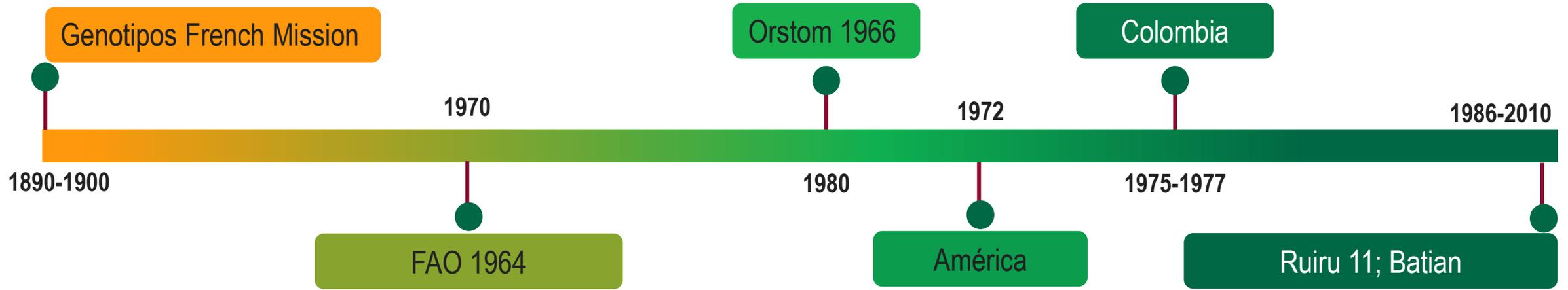
Gichimu, B. M., et al., (2014)



Batian (2010)

Progenitor	Pedigree	Resistencia a CBD
CR8	SL28 × [(SL34 × RS) HdT]	Resistente (<i>Ck-1</i>)
CR22	SL28 × [(N39 × HdT) (SL4 × RS)]	Resistente (<i>Ck-1</i> ; <i>R</i>)
CR30	SL28 × [(K7 × RS) (SL34 × HdT)]	Resistente (<i>Ck-1</i> ; <i>R</i> , <i>k</i>)

¿Cómo genes colombianos ayudan a proteger la caficultura en África?



Cat. × HdT CIFIC 1343
Catimor serie 80, 90, 120, 130
Catimor 88 – Sat235



Tree No.	Cross or Variety			
(F ₃ seeds)	selected from the following F ₂ family			
Pl.696	(Caturra amarillo x H. de Timor)			
Pl.1859.	(Caturra rojo x H. de Timor)			
Pl.1902.	"			
Pl.1956	"	111	7.06	segregating.
Pl.1979	"	51	6.47	"
Pl.2030.	"	82	3.65	uniformly resistant
Pl.2036	"	156	6.26	segregating.
Pl.2094.	"	121	3.66	uniformly resistant
				medium resistant
				"
				resistant
				medium resistant
				"
				medium susceptible
				"
				medium to highly susceptible
Standard 1	Rume SL 28	142	3.75	resistant
" 2	SL 28	151	11.14	highly susceptible

1-4 = resistant : only soab lesions
5-6 = medium resistant : small lesions
7-9 = medium susceptible : active lesions increasing in size
10-12 = heavy infection, seedlings dying or dead.

Variedad Colombia con resistencia

genética de Ruiru y CBD

¿Porqué Colombia debe continuar desarrollando variedades con resistencia a CBD?



Altura mayor a
1500 msnm



Temperatura
15°C – 25°C



Precipitación
850 – 3700 mm / anual



Humedad relativa
>95%

¿Porqué Colombia debe desarrollar variedades con resistencia a CBD?



Altura mayor a 1500 msnm



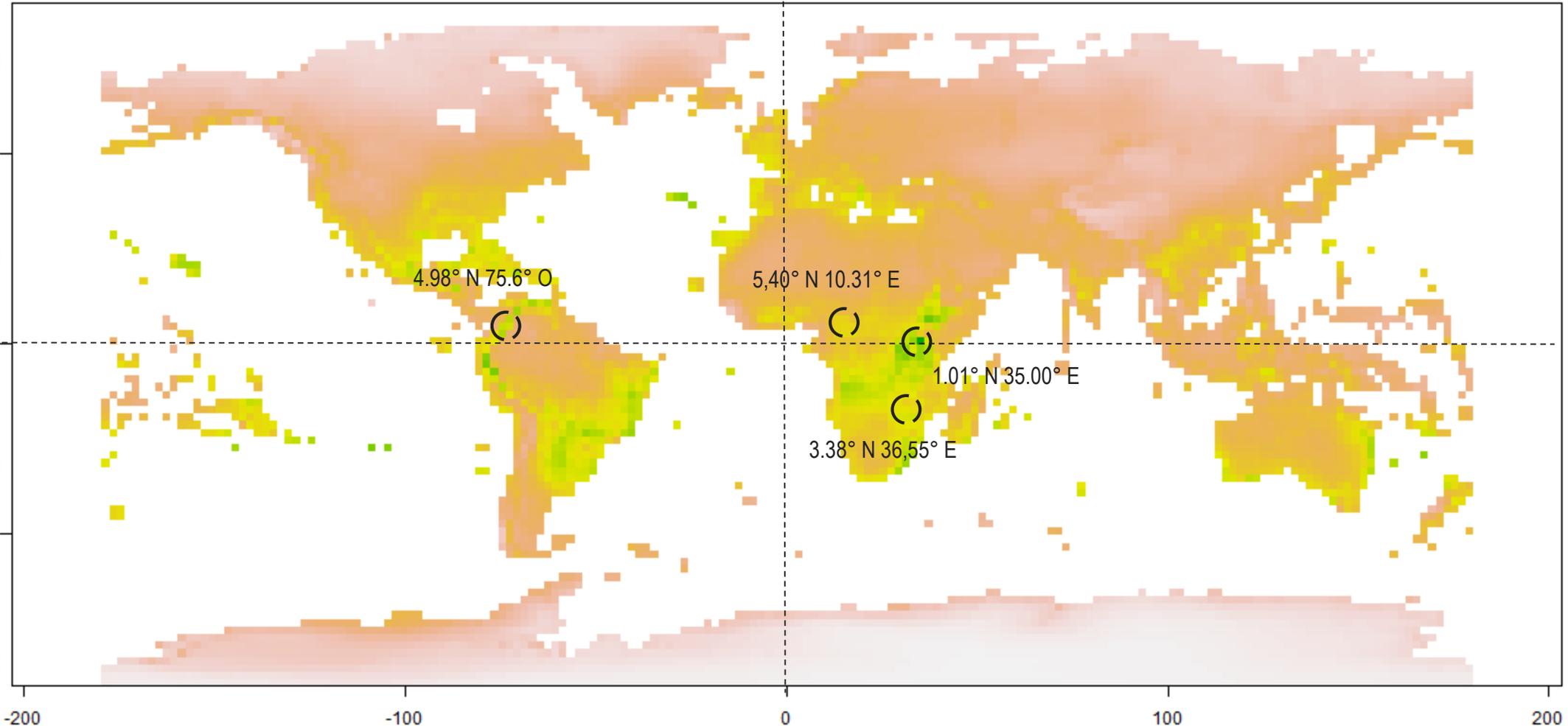
Temperatura 15°C – 25°C



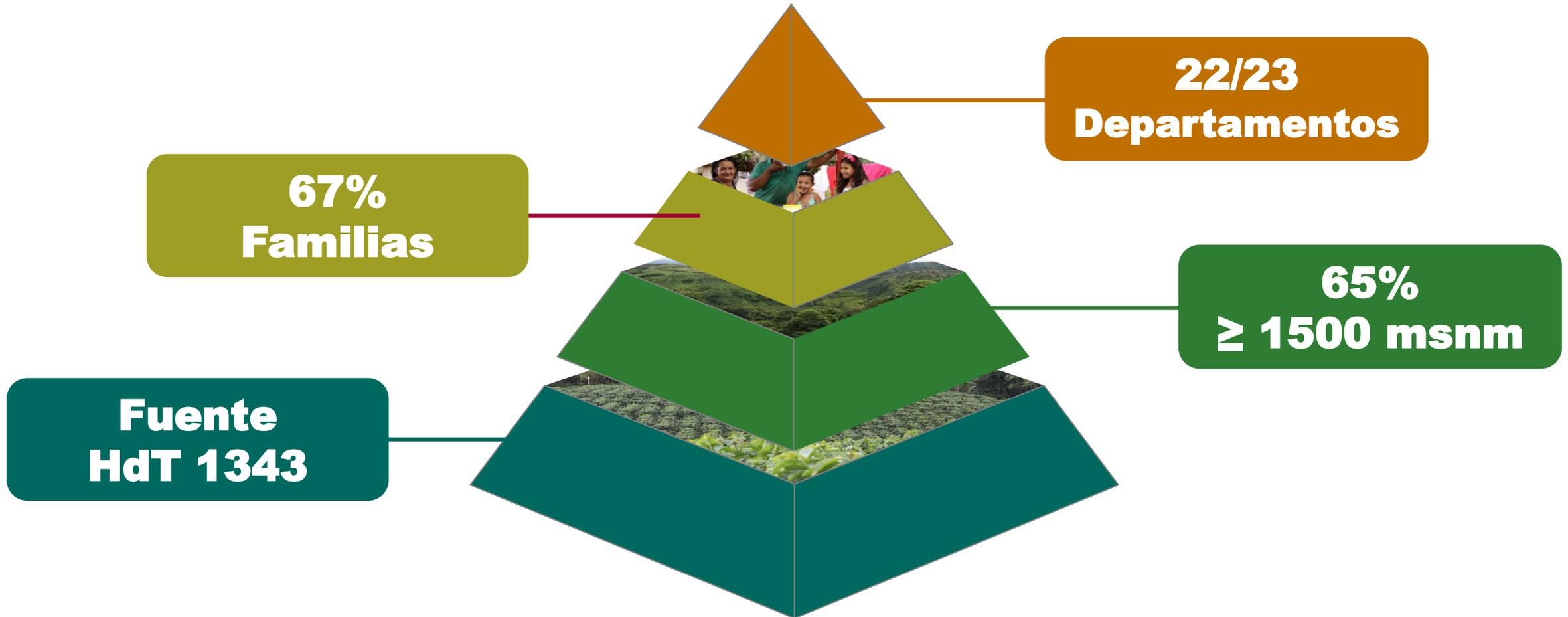
Precipitación 850 – 3700 mm / anual



Humedad relativa >95%



¿Porqué Colombia debe desarrollar variedades con resistencia a CBD?



Mejoramiento genético por resistencia a enfermedades limitantes y potenciales

MEG102027

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



Convenios de Cooperación Científica Colombia

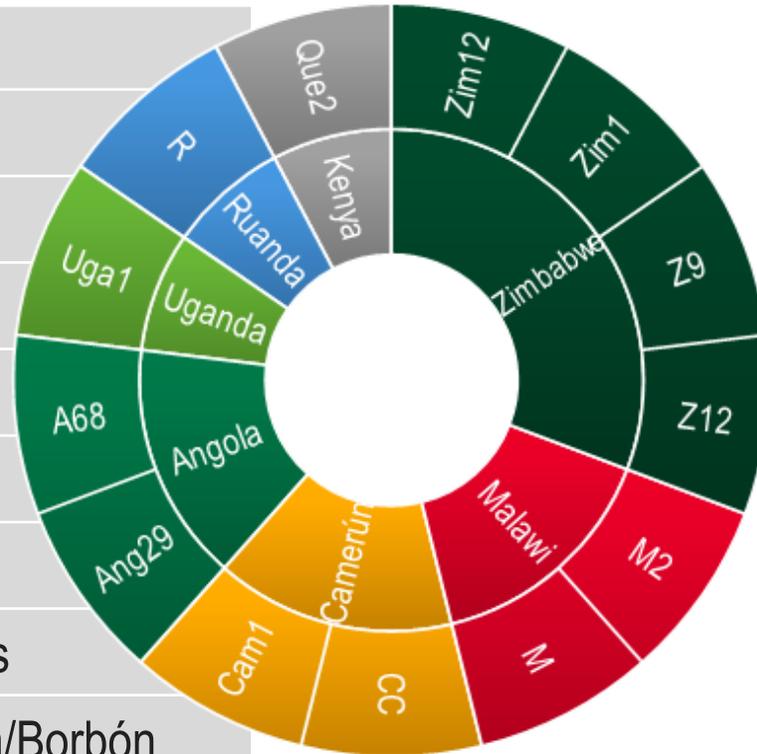


La búsqueda de resistencia a CBD no ha parado

2do. Método directo en Laboratorio

Poblaciones

1	Etíopes
2	HdT 2252
3	HdT 1343
4	Cat. x Etíopes
5	Típica/Borbón
6	Cat. x HdT 1343
7	Cat. x HdT 832/1
8	H. Interespecíficos
9	HdT 1343 x Típica/Borbón



- 25 años de colaboración Cenicafé – CIFC.
- 6221 evaluaciones
- 1503 genotipos (50% pob. Avanzadas)
- 13 aislamientos de CBD

Método



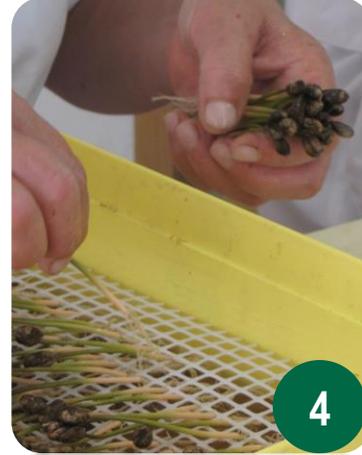
1



2



3



4



5

32142 hipocótilos

± 4 veces más que la base del método

Concentración 10×2^6



1

2

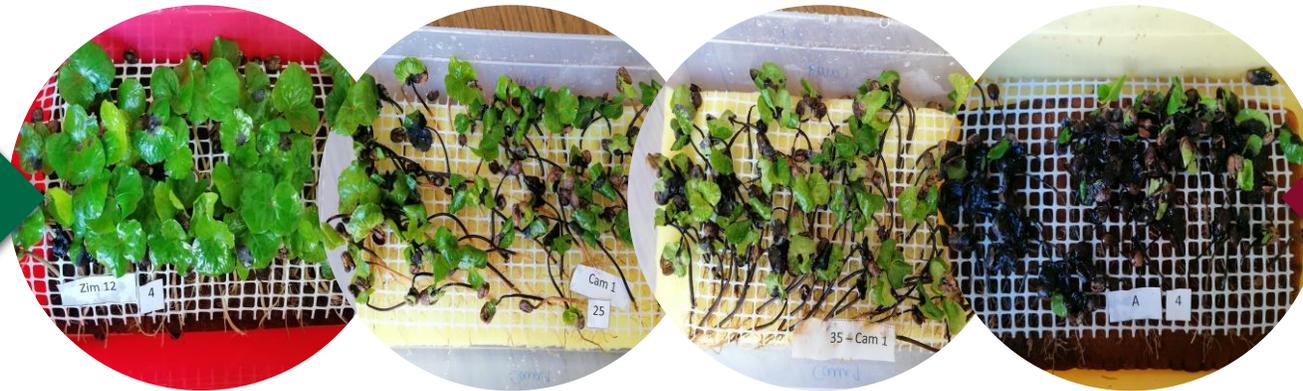
3

4

Alcances de la investigación

- Ajustar el método de clasificación de la resistencia a CBD

Fácil
Identificación



1

2

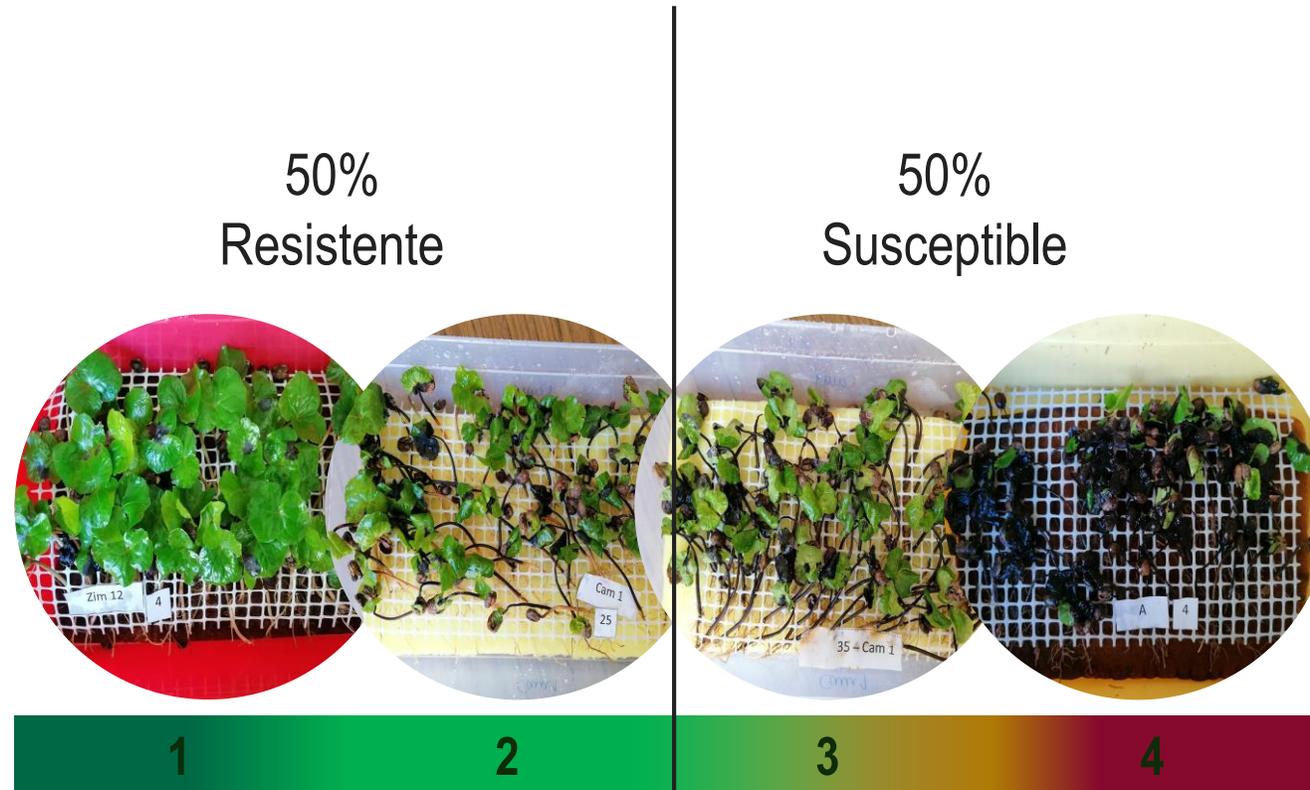
3

4

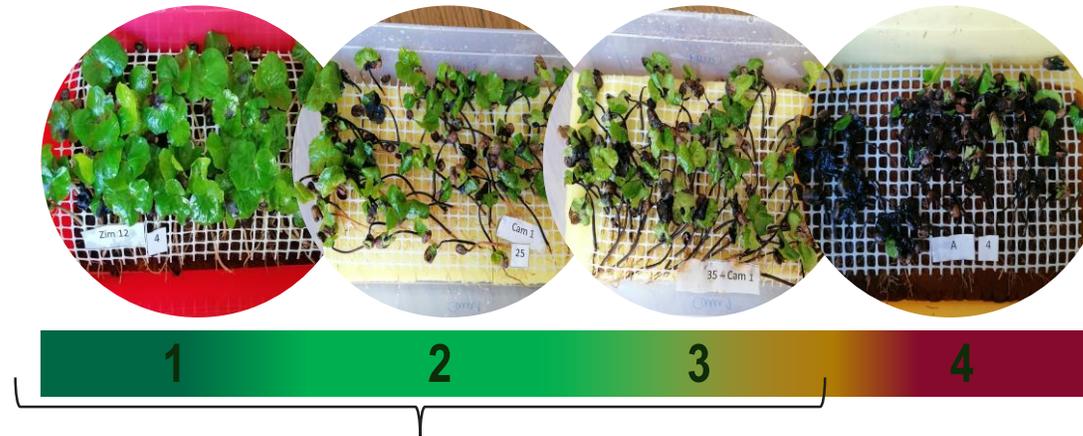
Fácil
Identificación

Alcances de la investigación

- Ajustar el método de clasificación de la resistencia a CBD
- Clasificación históricamente empleada



Nueva clasificación para resistencia a CBD



**Porcentaje de hipocótilos
resistentes**

**Clases de
Resistencia**

$\geq 79 \%$

Alta (AR)

$> 50 \leq 79 \%$

Moderada (MR)

$> 20 \leq 50 \%$

Baja (BR)

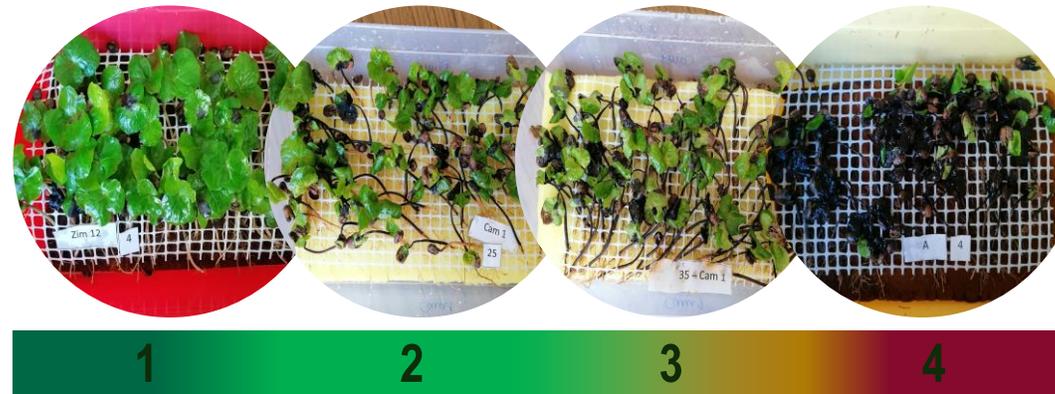
$> 0 \leq 20 \%$

Muy Baja (MBR)

$= 0 \%$

Susceptible (S)

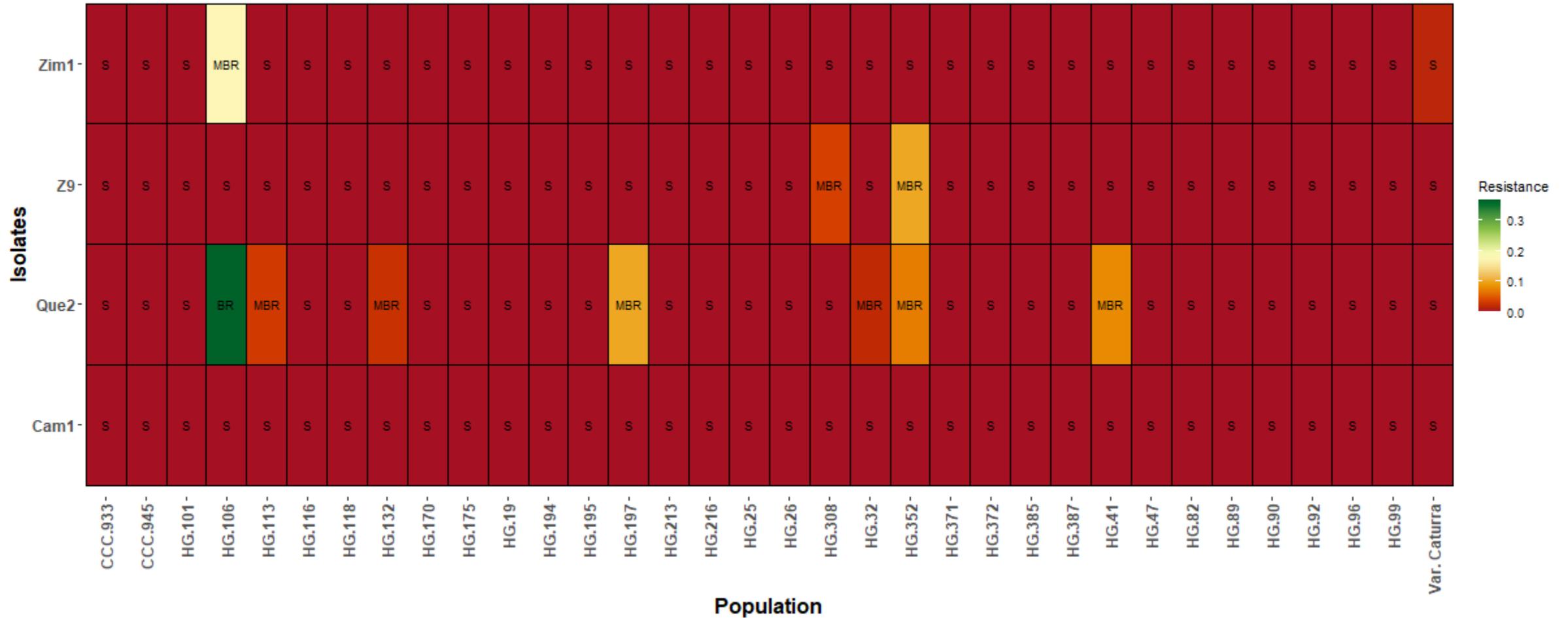
Nueva clasificación para resistencia a CBD



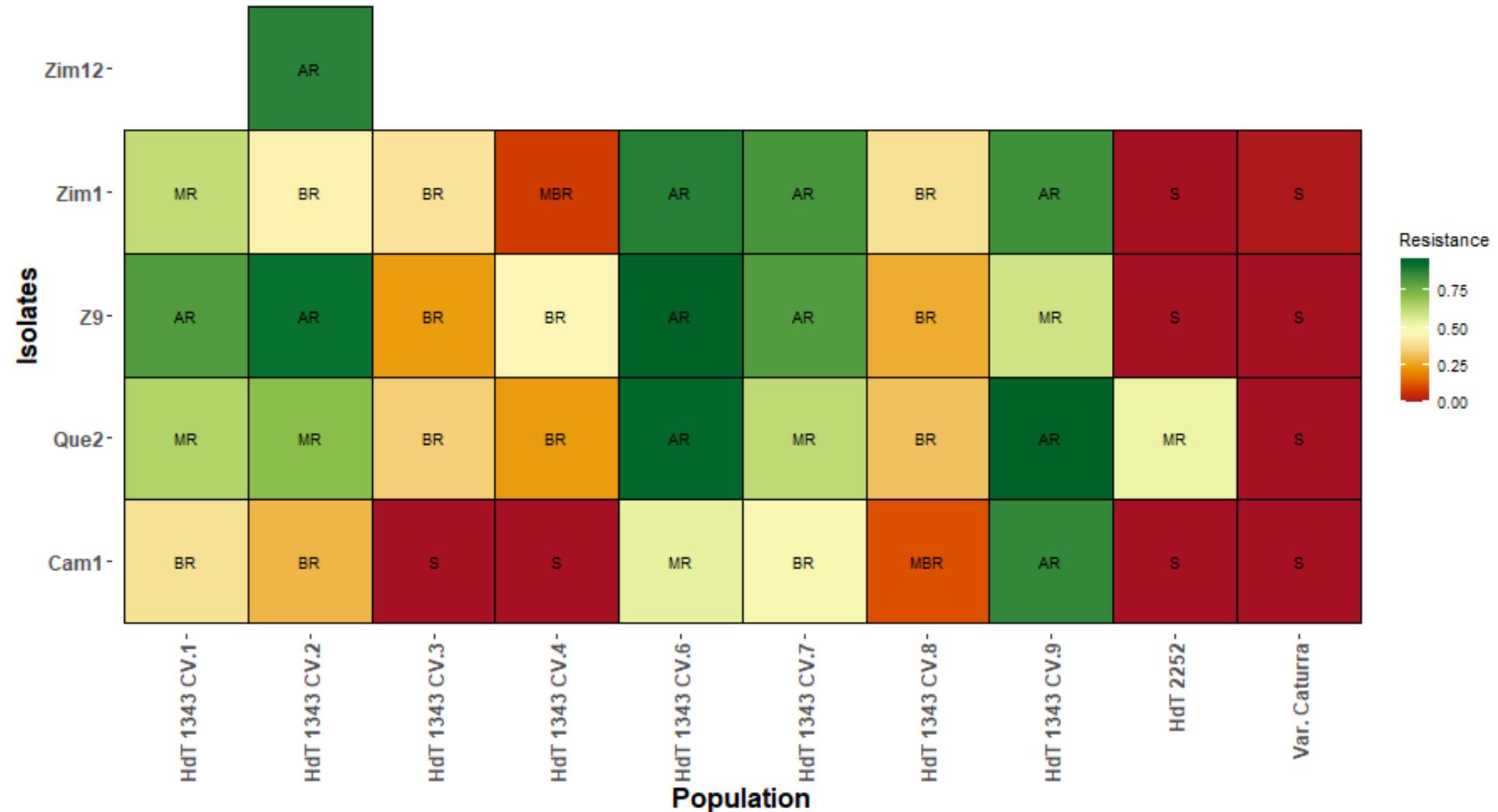
Clase de Resistencia	Repeticiones	Media	Li	Ls
1 Alta (AR)	300	85,3 a	84,0	86,6
2 Moderada (MR)	1565	55,9 b	54,4	57,5
3 Baja (BR)	16828	37,8 c	37,3	38,4
4 Muy Baja (MBR)	12740	6,1 d	5,8	6,4
5 Susceptible (S)	709	0,0 e	0,0	0,0

*Medias con letras no comunes, difieren estadísticamente según prueba de Duncan al 5%.

Resistencia en HdT 832/1

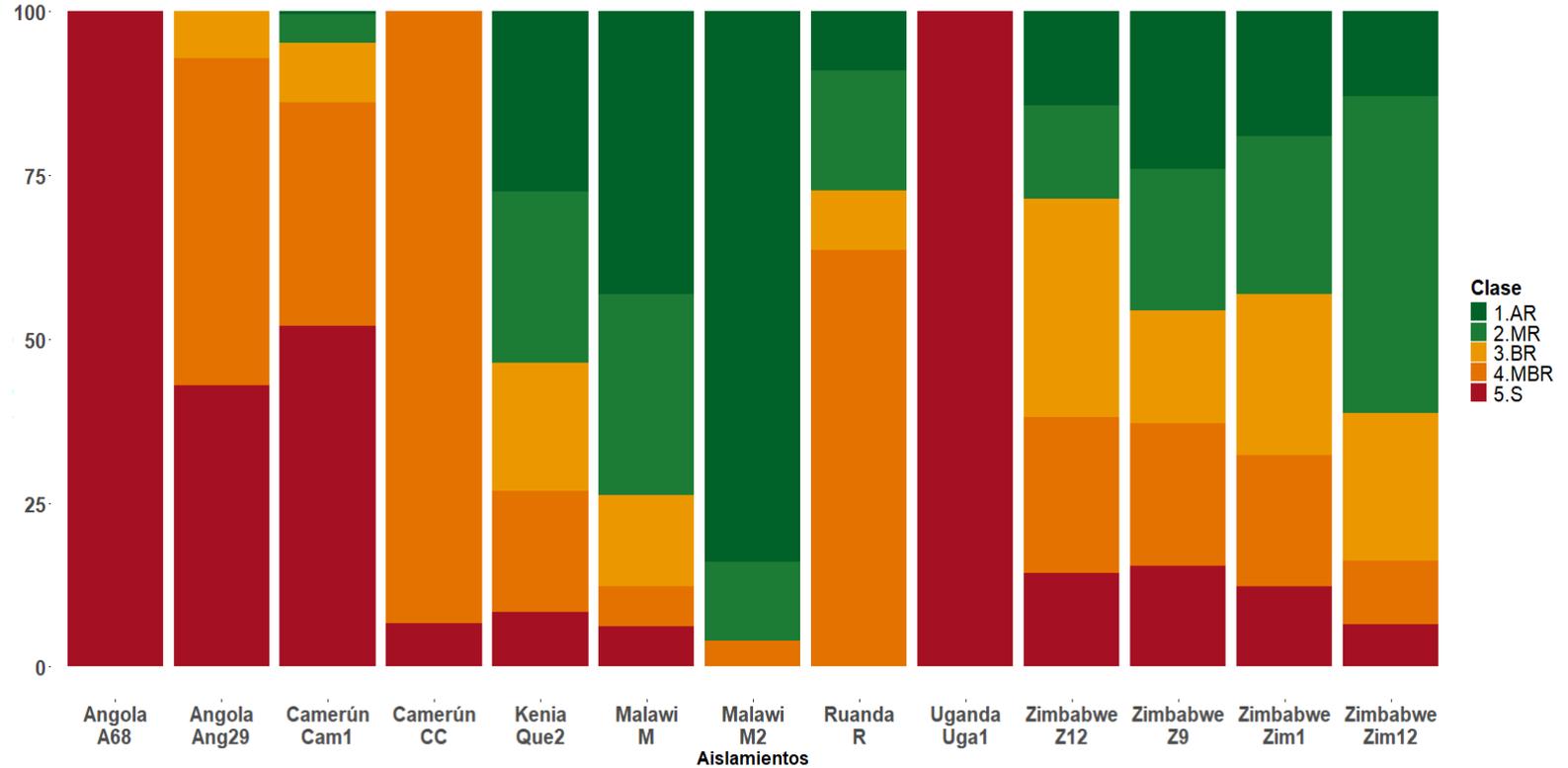
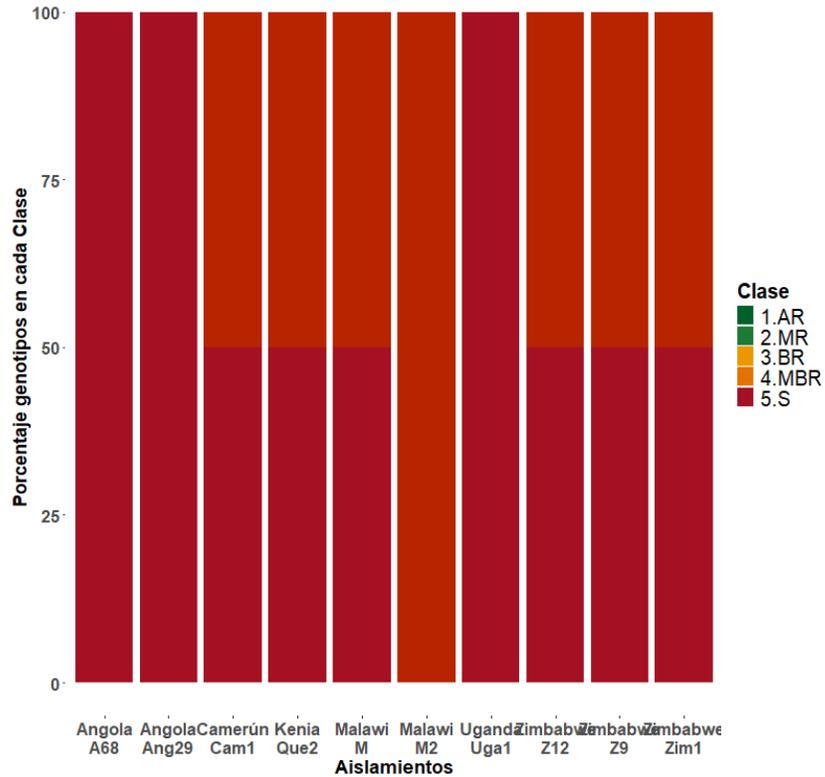


Resistencia en HdT 1343 y 2252



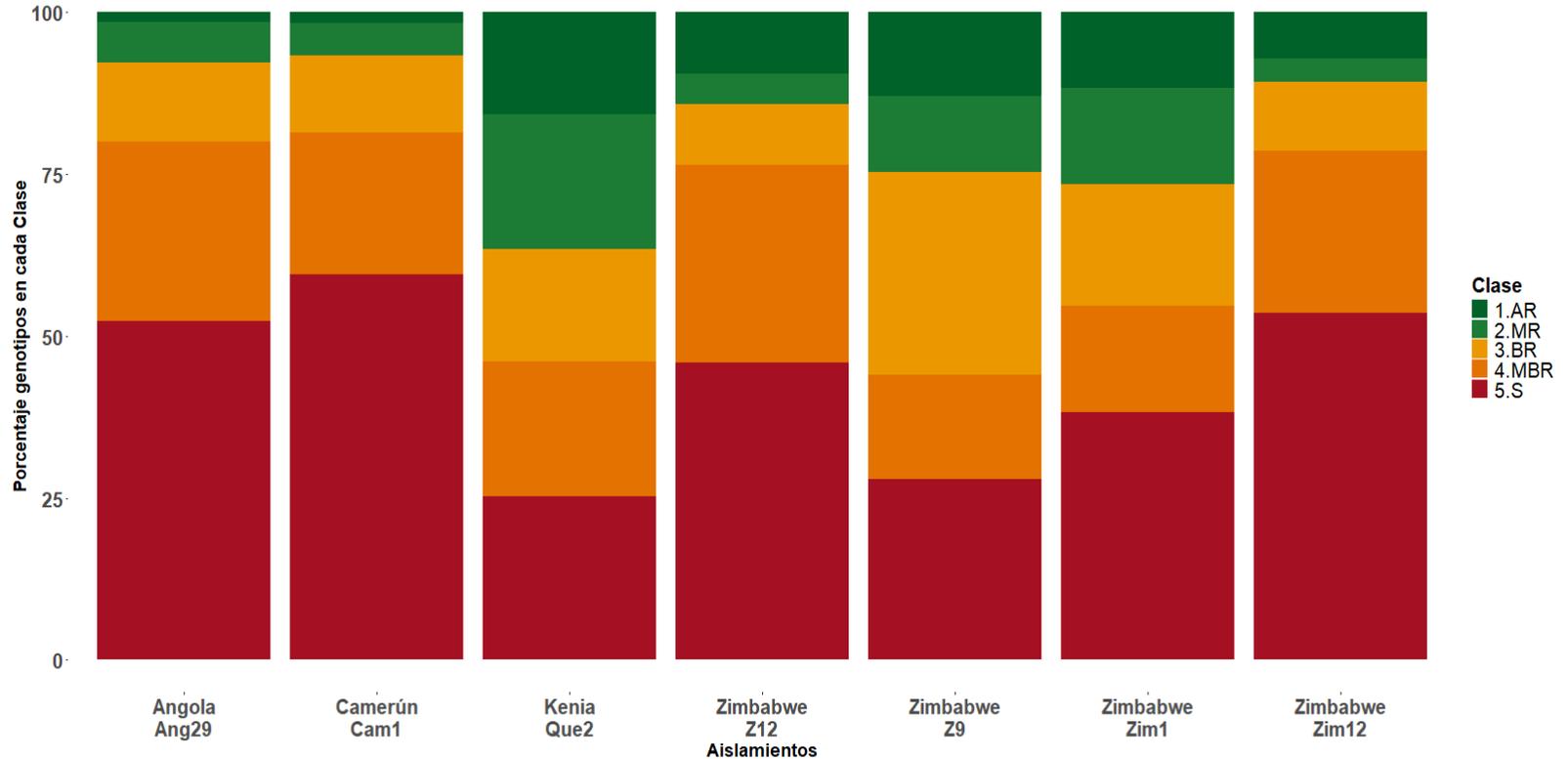
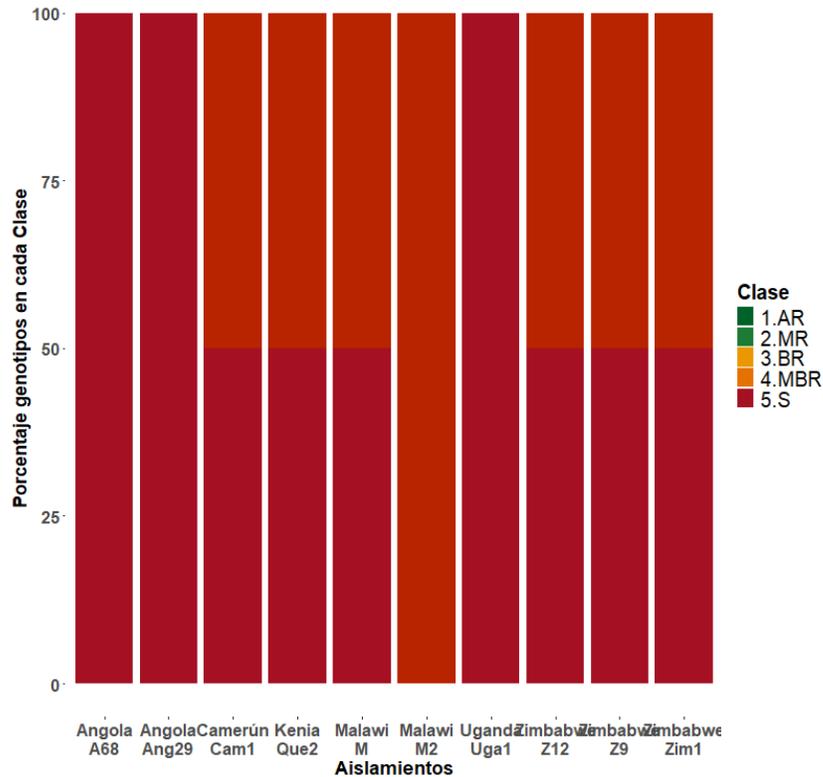
Resistencia en Cat. × HdT 1343

Control



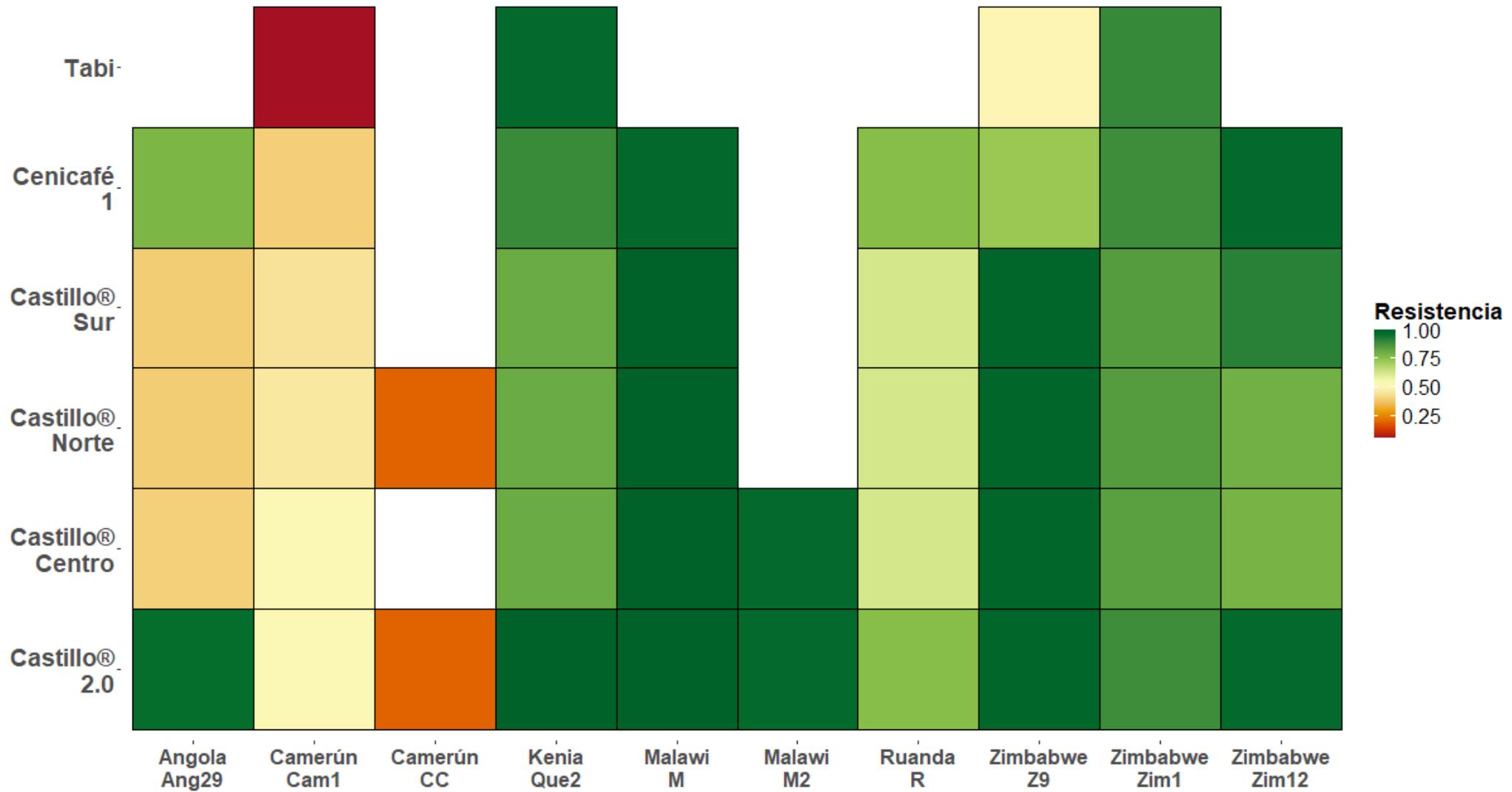
Resistencia en genotipos Silvestres e HI

Control



ET.37C9, ET.56, E.537, E.538, E.139, Rume Sudan, E.53, E.264, E.288, E.417

Resistencia a CBD en variedades Cenicafé



Evidencia de la probable existencia de razas

Porcentaje de hipocótilos resistentes y susceptibles

<i>Población</i>	<i>Genotipo</i>	<i>Ang29</i>	<i>Cam1</i>	<i>M</i>	<i>M2</i>	<i>Que2</i>	<i>Z9</i>	<i>Zim1</i>
Cat. × HdT1343	DH.18	95 (S)	99 (S)	-	-	-	97 (AR)	-
Cat. × HdT1343	CX.2080	99 (S)	100 (S)	-	-	-	99 (AR)	-
Cat. × HdT1343	CU.1997	-	-	100 (S)	-	100 (S)	-	97 (AR)
Cat. × HdT1343	CU.1898	-	100 (S)	90 (AR)	-	-	-	97 (AR)
Cat. × HdT1343	CU.1873	-	100 (S)	93 (AR)	-	-	-	-
Cat. × HdT1343	CX.2195	-	99 (S)	94 (AR)	-	-	-	90 (AR)
Cat. × HdT1343	CU.1980	-	100 (S)	97 (AR)	-	-	-	-
Cat. × HdT1343	CU.1969	-	100 (S)	99 (AR)	-	-	-	99 (AR)
Cat. × HdT1343	A.241	-	100 (S)	-	-	99 (AR)	98 (AR)	-
Cat. × HdT1343	CU.1882	-	100 (S)	-	100 (AR)	-	-	-
Cat. × HdT1343	CU.2026	-	91 (S)	-	-	-	98 (AR)	-
Cat. × HdT1343	CX.2183	-	97 (S)	-	92 (AR)	-	-	97 (AR)
Cat. × HdT1343	CX.2369	-	-	-	99 (AR)	-	97 (S)	-
Cat. × HdT1343	CX.2506	-	99 (S)	-	91 (AR)	-	93 (S)	-
Cat. × HdT1343	CX.2848	-	94 (S)	-	94 (AR)	-	-	-
Cat. × HdT1343	DT.149	-	95 (S)	-	-	91 (AR)	-	-
Cat. × HdT1343	PL.892	-	100 (S)	-	-	99 (AR)	-	-
Etíope	CCC.1148	-	92 (S)	-	-	-	-	92 (AR)
Etíope	CCC.203	-	100 (S)	-	-	94 (AR)	-	-
HdT1343/Típica/Borbón	CJ.211	-	100 (S)	-	-	-	95 (AR)	-
HI	HE.811	-	99 (S)	-	-	-	92 (AR)	-

Conclusiones

1. Se ratifica la importancia de la diversidad genética como estrategia de resistencia a CBD en las variedades FNC.
2. Se aporta nueva evidencia sobre la diversidad presente en el Híbrido de Timor y la importancia de la CCC por resistencia a CBD para el desarrollo de variedades en Colombia.
3. Es la primera vez que mediante pruebas directas se documenta el riesgo potencial presente en la variedad en Costa Rica-95.
4. Se sugiere el uso de la categorización del nivel de resistencia a CBD en un genotipo a partir de la escala de calificación fenotípica para unificación de resultados.

Agradecimientos

1. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia
2. Cenicafé
3. Dr. Jaime Castillo, Dr. Germán Moreno y Dra. María del Pilar Moncada
4. Dra. Maria do Ceu Silva – CIFC/LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Instituto Superior de Agronomía, Universidad de Lisboa
5. Dr. Vítor Manuel Pinto Várzea – CIFC/LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Instituto Superior de Agronomía, Universidad de Lisboa