

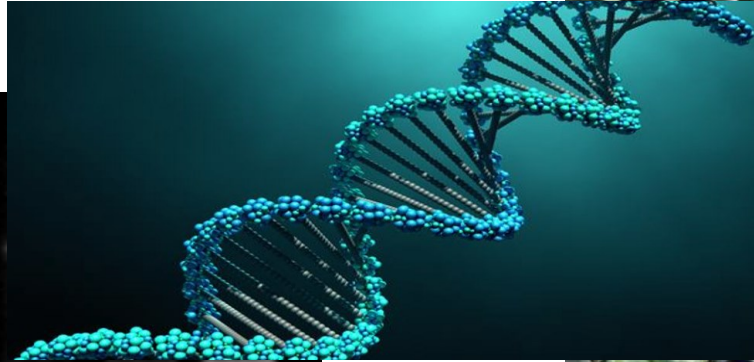
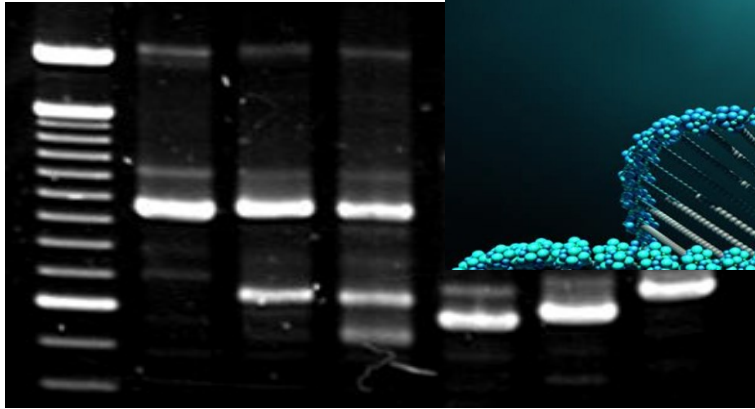
Experiencias en aplicación de tecnologías moleculares para la caficultura en Brasil

Eveline Teixeira Caixeta – Embrapa/UFV



Tecnologías moleculares

- Marcadores moleculares
- Genómica



Marcadores moleculares

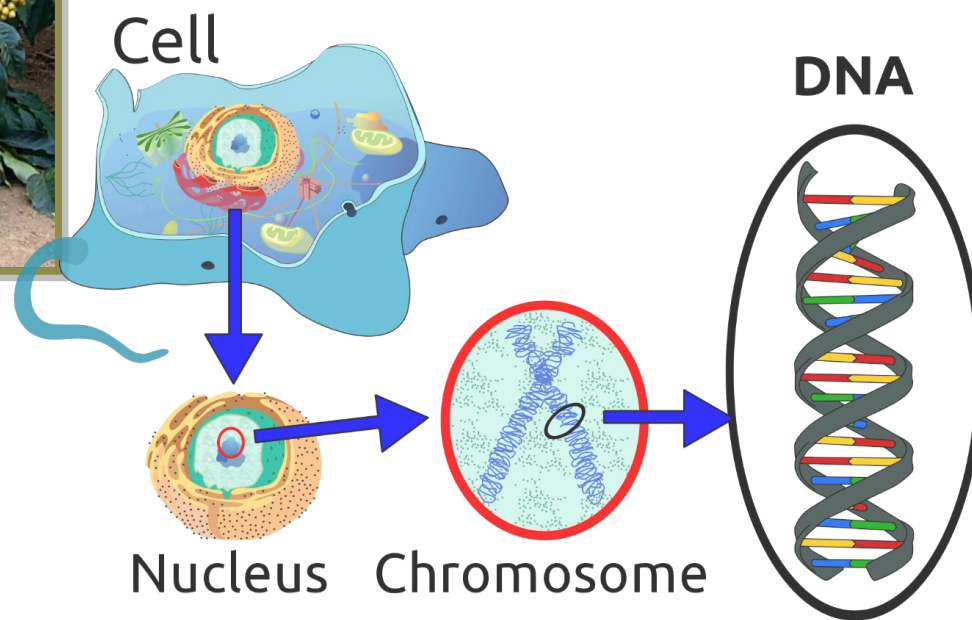
- Marcador genético = cualquier característica capaz de diferenciar, predecir y caracterizar a un individuo y que se reproduce en la descendencia.



Marcadores
morfológicos



Característica
codificada
por ADN

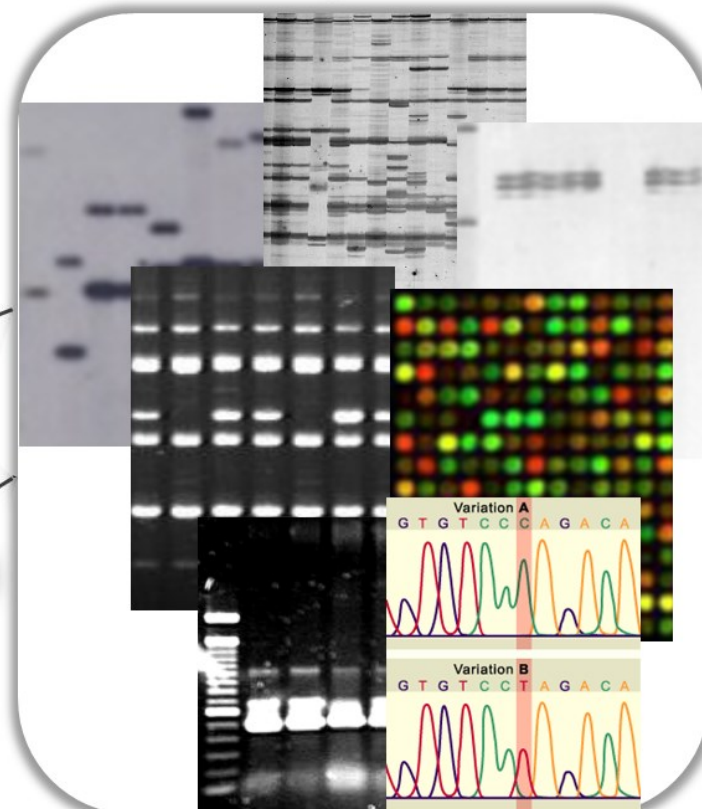
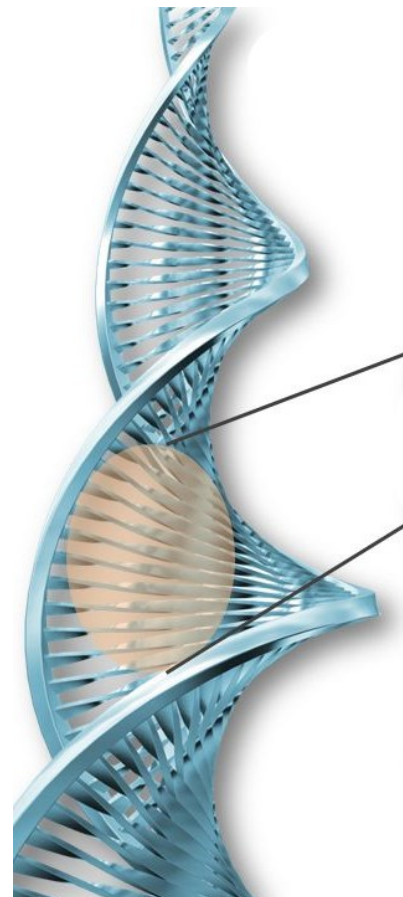


Marcadores moleculares

- Extraer el ADN
- Metodologías para analizar el ADN
- ¿Para qué sirve el marcador molecular en el cultivo del café?



DNA



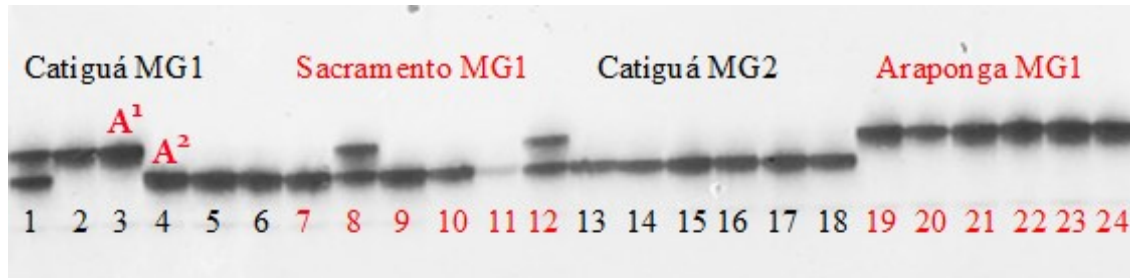
Trazabilidad de cultivares



- ¿Qué cultivar se está plantando?

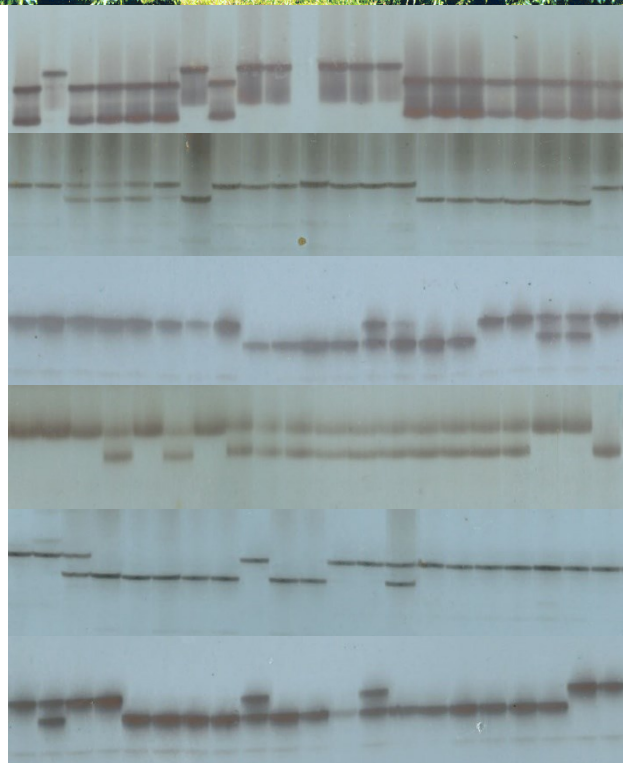
Trazabilidad de cultivares

Cultivares brasileños



1, 2...12 = plantas de café

Molecular marker ²	Number of cultivar/progeny ¹																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CaEST T-001	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	12	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
											2		2			2						2					12					
CaEST T-002	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	1	2	2	3	2	13	2	2	2	3	3	3	3	1	3	3	1	2	2	3	3	3
												3				3	23	23						13			13	23	23			
CaEST T-022	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
						2																										
CaEST T-024	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	1	1	1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
											12																					
CaEST T-028	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
						2				2																	2					
CaEST T-029	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2
																12						12	12							12		
CaEST T-030	12	12	12	12	12	12	12	12	12	2	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	3	1	1	13	1	1	2	2	3	1	1	3	3	13	1	1	1	1	1
CaEST T-031						2						13				3	3	3						13		3		3				
												3												3								
CaEST T-034	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	12	1	2
																								12	12				2	12		
																								2	2							
CaEST T-045	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2



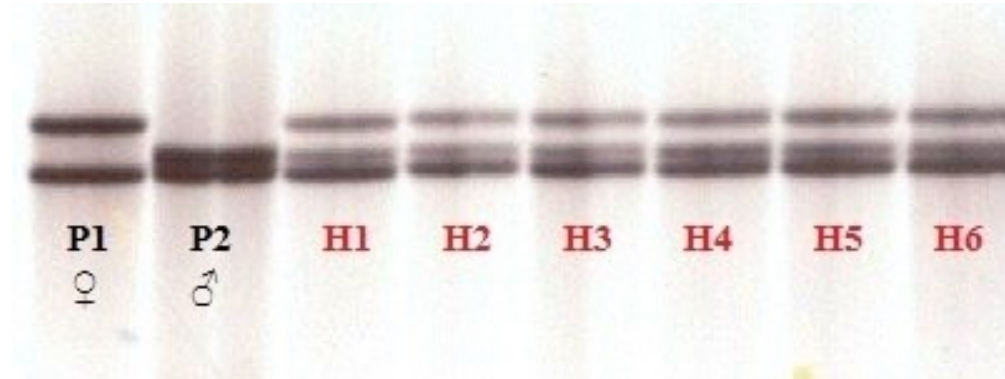
Acessos	1	3	4	6	7	8	9	10	11	12	14	19	24	25	27	28	30	31	34	35	36	38	39	43	44	48	49	51	55	56	57	59	60	61	63	64	65	66	6
UFV 376-01	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-
UFV 376-02	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
UFV 376-05	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	
UFV 376-08	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	
UFV 376-09	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
UFV 376-11	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
UFV 376-12	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	
UFV 376-14	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
UFV 376-31	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-
UFV 376-37	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
UFV 376-52	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
UFV 376-57	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
UFV 376-79	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
UFV 377-01	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-		
UFV 377-04	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
UFV 377-05	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
UFV 377-15	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
UFV 377-21	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
UFV 377-23	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
UFV 377-24	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-		
UFV 377-34	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-		
UFV 377-51	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-		
UFV 379-07	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+		
UFV 380-52	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	
UFV 408-01	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
UFV 408-10	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
UFV 408-18	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	



Patrón único = impresión digital
genética = *Fingerprinting*

Certificación de cruce

- Planta diferente en el cultivo = ¿resultante del cruce natural?
- Planta diferente = ¿de quién es la progenie?
- Prueba de paternidad



Germoplasma – Cultivar Bourbon



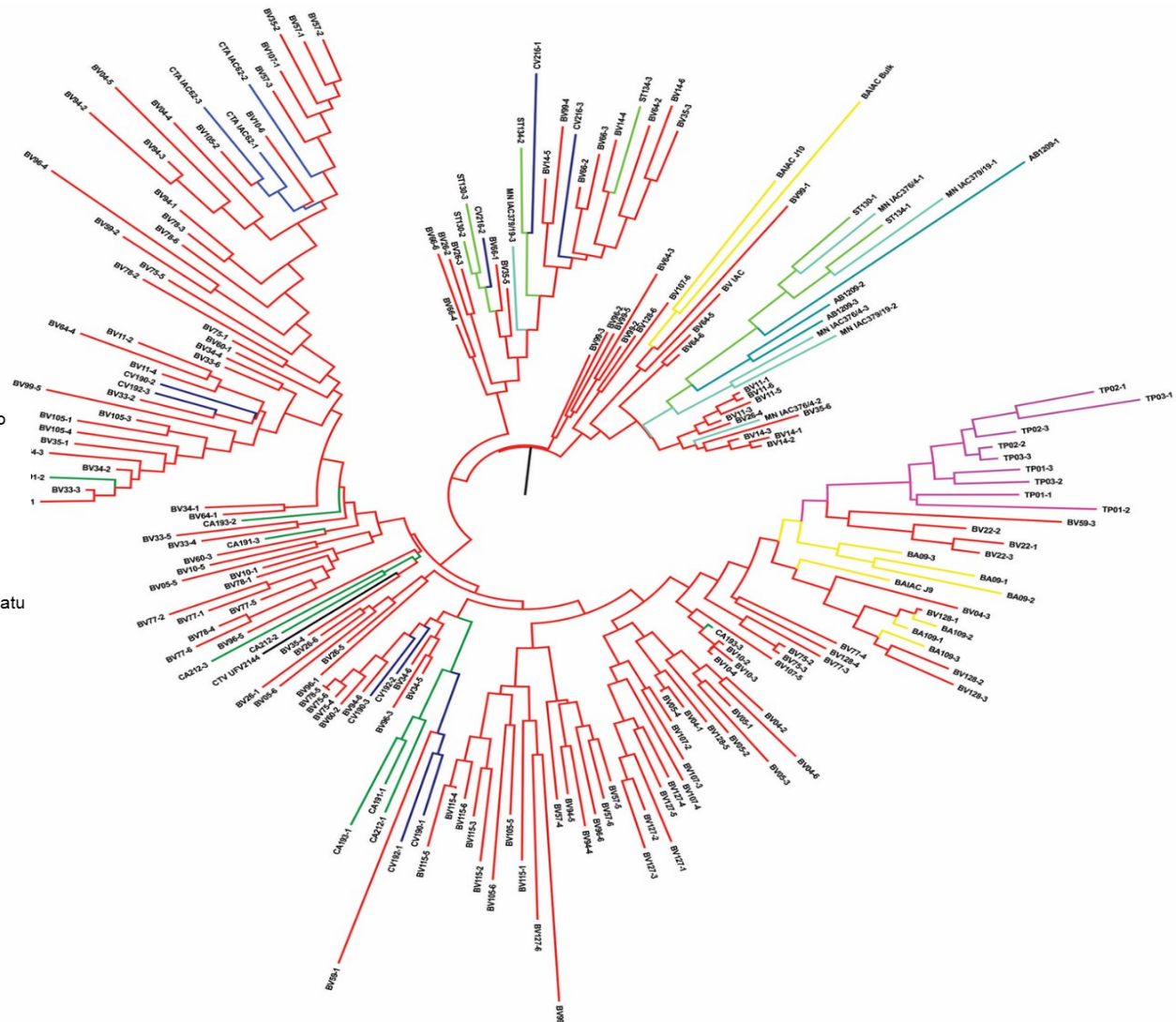
- 140 genotipos – Bourbon amarillo y rojo
- ¿Son todos realmente Bourbon?
- Certificación de Pasaporte
- ¿Hay genotipos que son iguales?
- ¿Hay variabilidad genética?

Germoplasma – Cultivar Bourbon

Bourbon

Acesso	Designação do Material no Local de Coleta	Local de Coleta	Bourbon Vermelho X Bourbon Amarelo		Bourbon X Bourbon/Sumatra/Mundo Novo/Catuai Amarelo/Amarelo Botucatu		Observação
			Vizinho médio	Redes neurais	Vizinho médio	Redes neurais	
MG 0004 R1 P2 MG 0004 R1 P4 MG 0004 R1 P6 MG 0004 R2 P6 MG 0004 R2 P5 MG 0004 R2 P3	Bourbon Vermelho	Faz. Sagrado Coração de Jesus, Ervália-MG	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Amarelo Bourbon Amarelo Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Amarelo Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Amarelo Amarelo de Botucatu Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	
MG 0005 R1 P2 MG 0005 R1 P1 MG 0005 R1 P7 MG 0005 R2 P1 MG 0005 R2 P2 MG 0005 R2 P3	Bourbon Vermelho	Faz. Santa Cruz, Ervália-MG	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Catuai Amarelo	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	
MG 0010 R2 P3 MG 0010 R2 P4 MG 0010 R2 P8	Bourbon Vermelho	Faz. Gromongol, Ervália-MG (Lavoura de 130 anos)	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Acesso uniforme, seguindo os dados de passaporte
MG 0011 R1 P7 MG 0011 R1 P1 MG 0011 R1 P6 MG 0011 R2 P5 MG 0011 R2 P6 MG 0011 R2 P7	Bourbon Vermelho	Faz. São João Batista, Campos Altos-MG	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Sumatra Sumatra Sumatra Sumatra Sumatra Sumatra	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	
MG 0014 R1 P1 MG 0014 R1 P3 MG 0014 R1 P2 MG 0014 R2 P1 MG 0014 R2 P2 MG 0014 R2 P10	Bourbon Vermelho	Faz. São Domingos, Monte Santo de Minas-MG	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	Sumatra Sumatra Sumatra Sumatra Sumatra Sumatra	Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho Bourbon Amarelo Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	
MG 0022 R1 P5 MG 0022 R1 P4 MG 0022 R1 P1	Bourbon Alaranjado T6 (grãos vermelhos)	Faz. Recreio, São Sebastião da Gramma-SP (Lavoura de 18 anos)	Bourbon Amarelo Bourbon Amarelo Bourbon Amarelo	Bourbon Amarelo Bourbon Amarelo Bourbon Amarelo	Bourbon Amarelo Bourbon Amarelo Bourbon Amarelo	Bourbon Amarelo Bourbon Vermelho Bourbon Vermelho	

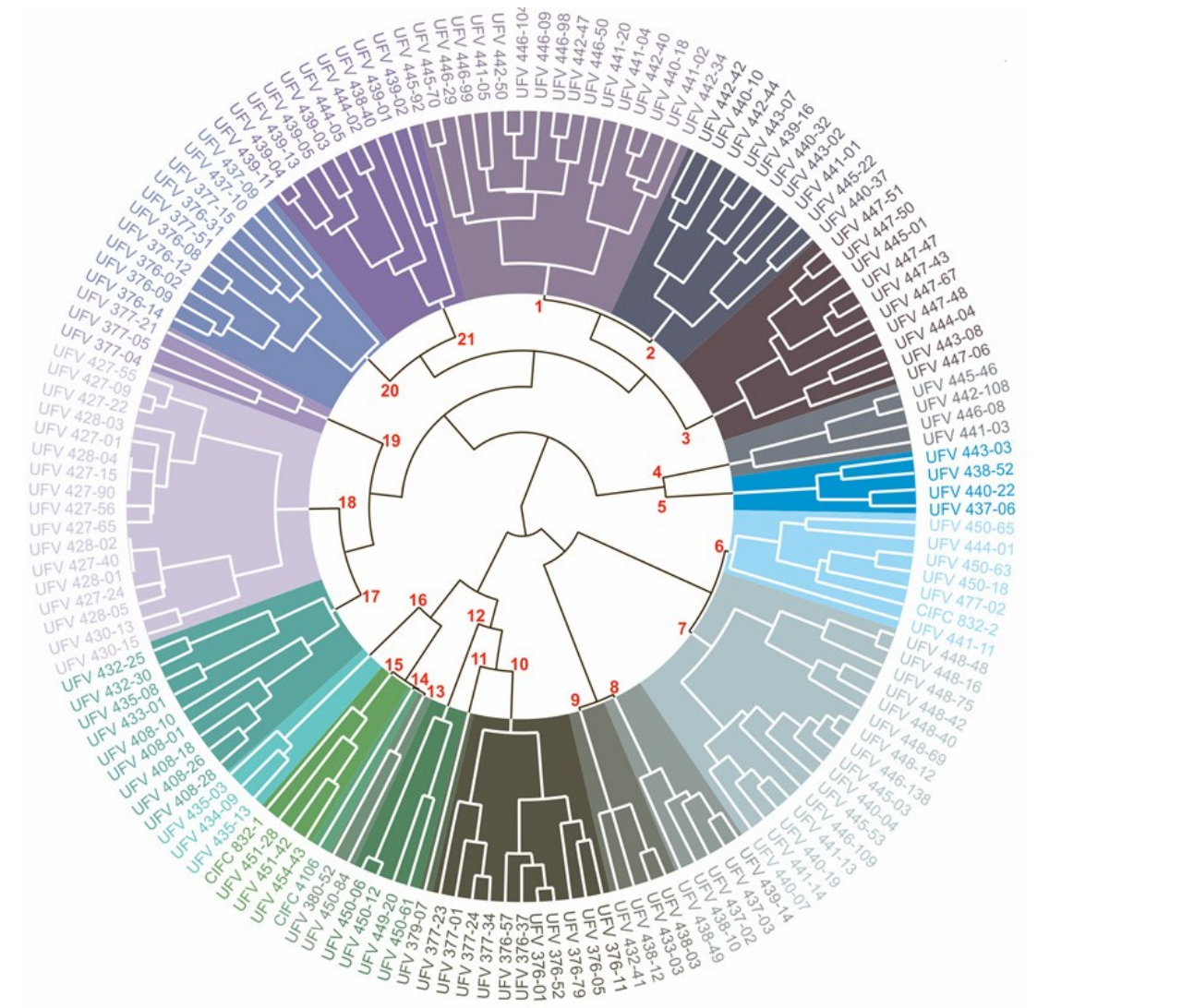




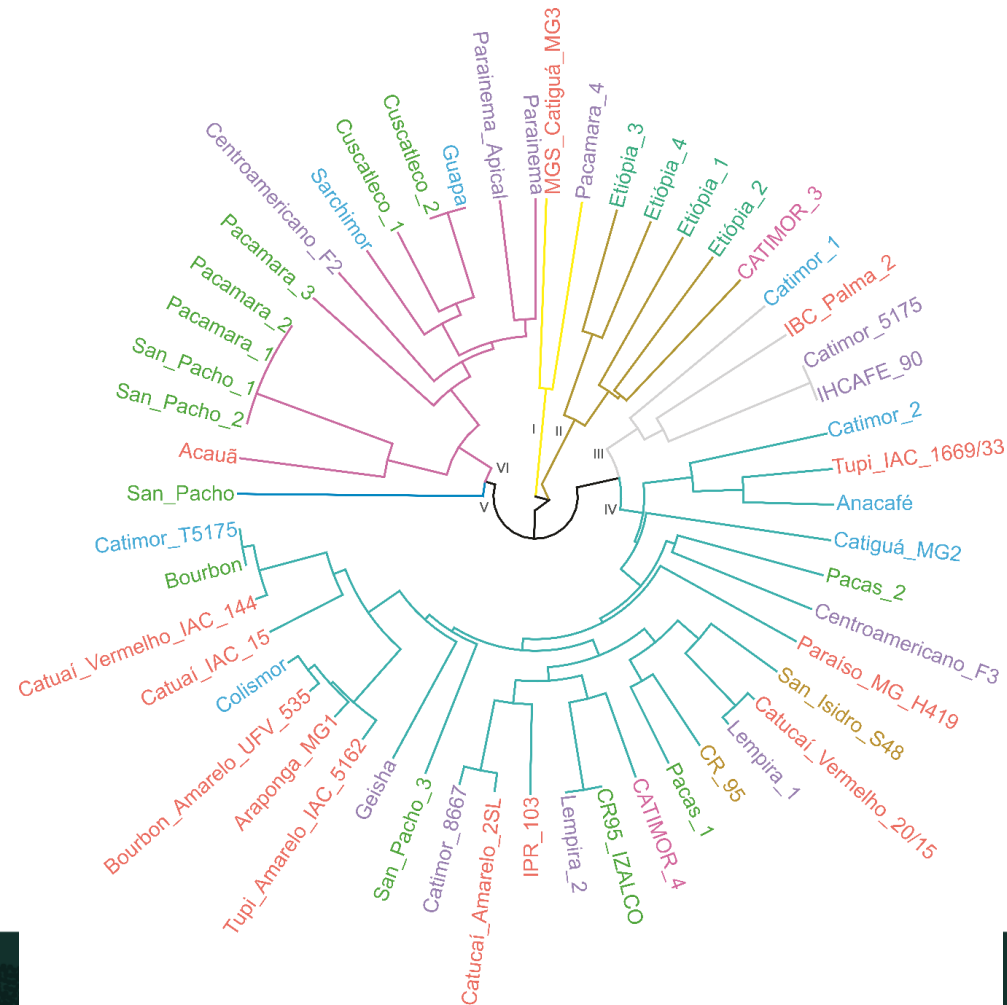
Germoplasma



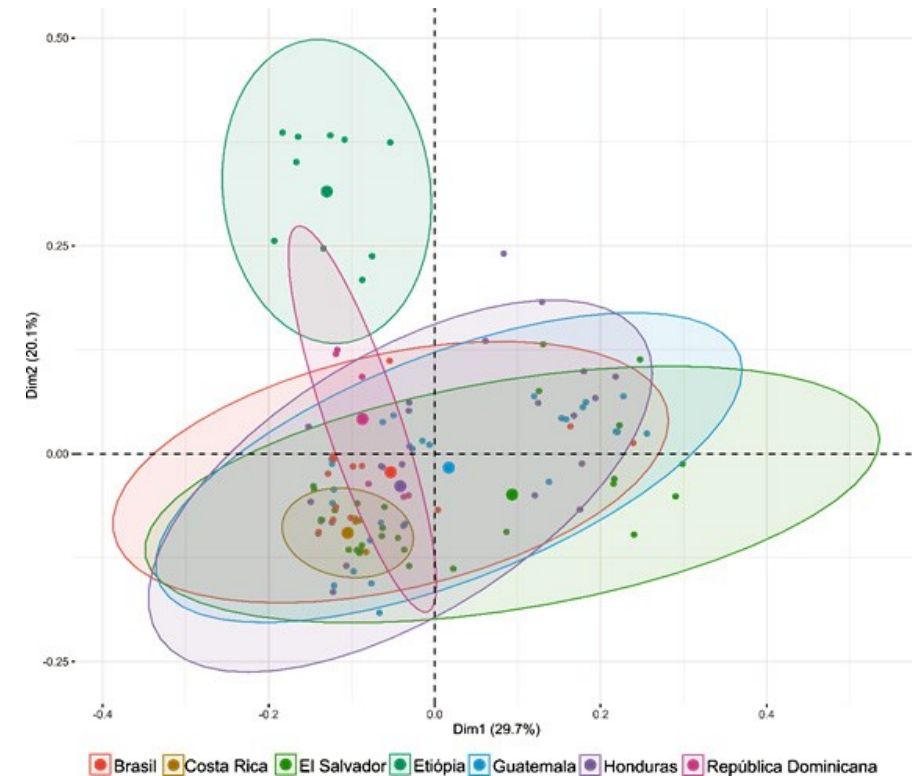
- 152 accesiones – Híbrido de Timor
- Principal fuente de resistencia a enfermedades utilizada en el mundo (Catimor, Sarchimor).
- Certificación de Pasaporte
- ¿Hay genotipos que son iguales?
- ¿Hay variabilidad?



Caracterización de cultivares de las Américas



Brasil Costa Rica El Salvador Etiópia Guatemala Honduras República Dominicana



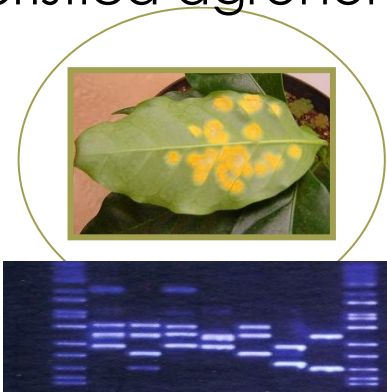
Marcadores moleculares

✗ *Fingerprinting*

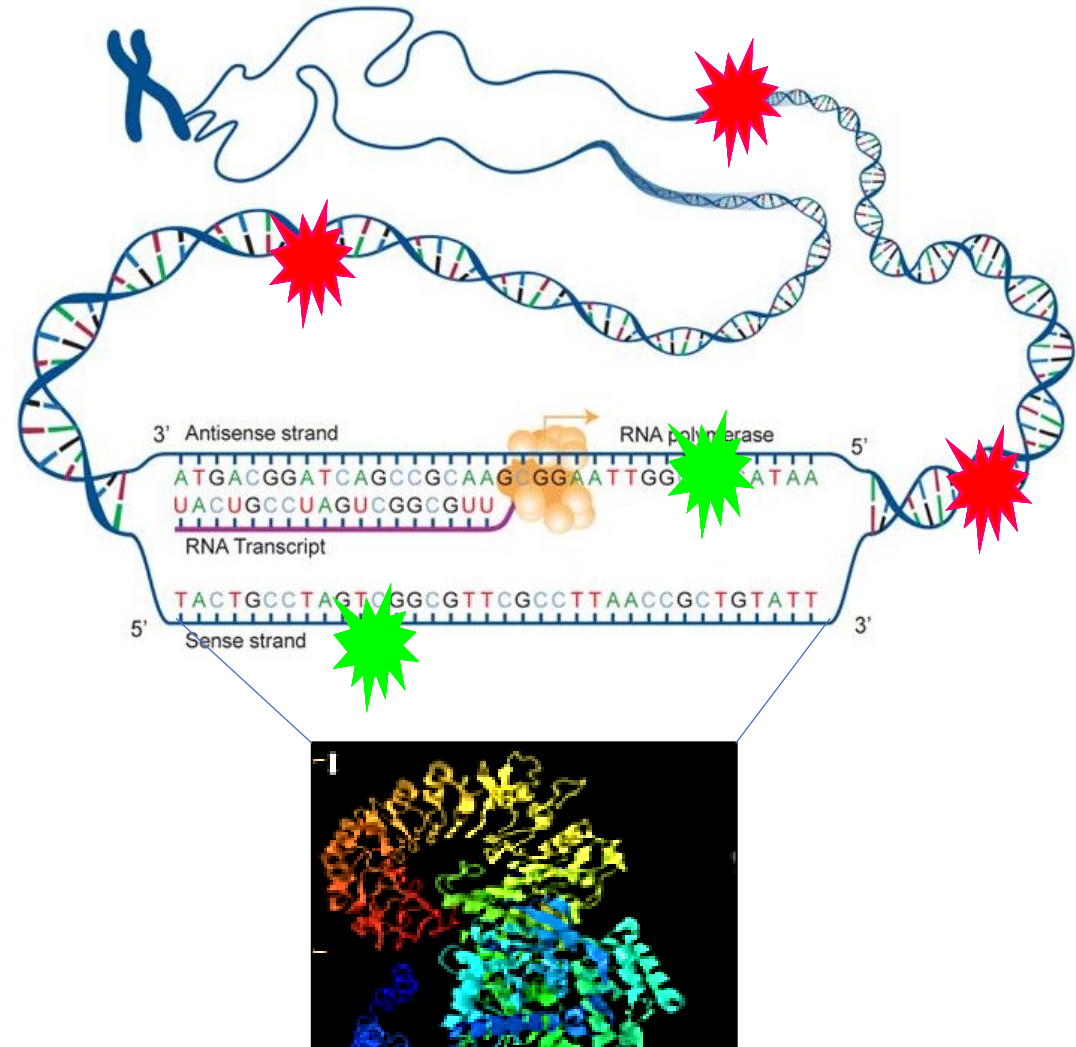
- ver la diferencia entre los individuos
- ver todo el ADN



✗ Marcadores asociados característica agronómica



a



Marcadores asociados a característica agronómica

Dificultad en la identificación fenotípica

Resistencia a enfermedades

Selección en ausencia del patógeno

Selección en ausencia de la raza

Detectar combinaciones de genes



Marcadores asociados a característica agronómica



Roya

Genes SH1 a SH9

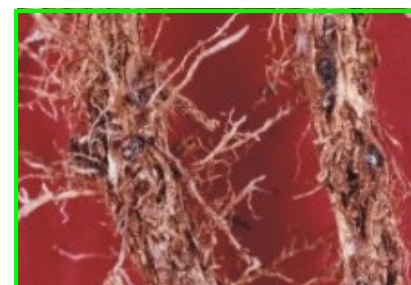
SH3 - 10 SCAR e SSR
SH? - 6 SCAR
QTL - 4 SCAR, CAP e SSR
RGAs - 2



CBD

Genes T, R, k

T - 10 AFLP e SSR
R - 2 SNP



Nematóides

Gene *Mex-1*

Mex-1 - 14 AFLP



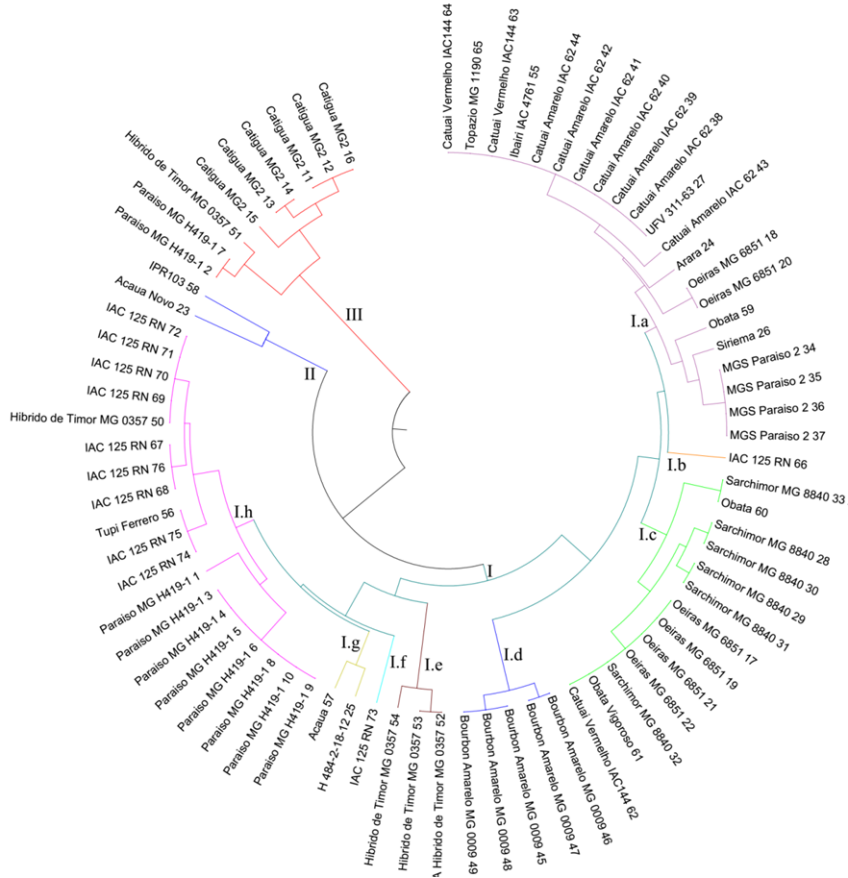
Pseudomonas syringae
pv. *garcae*

Gene ?

PCR

Mejoramiento preventivo

N. º	Parents	Main Features/Traits
1	Paraíso MGH419-1	Swarf cultivar and resistant to coffee leaf rust and nematodes (<i>Meloydogine exigua</i>).
2	Catiguá MG2	Good cup quality, immune to coffee leaf rust and low nutrient demand.
3	Oeiras MG 6851	Excellent plant architecture, large grains and uniform fruit maturation.
4	H484-2-18-12	Elite genotype (F ₃ generation) originated from Mundo Novo x Híbrido Timor. High yield, high vegetative vigor, and rust immunity.
5	UFV 311-63	Elite genotype carrying the coffee leaf rust resistance S _H 3 gene
6	Arara	Cultivar of Sarchimor group; with large and yellow fruits; high yield, coffee leaf rust resistance and drought tolerance.
7	Acauã Novo	Drought tolerance and coffee leaf rust resistance
8	Siriema	Resistance to leaf miner, early maturation, drought tolerance and partial coffee leaf resistance



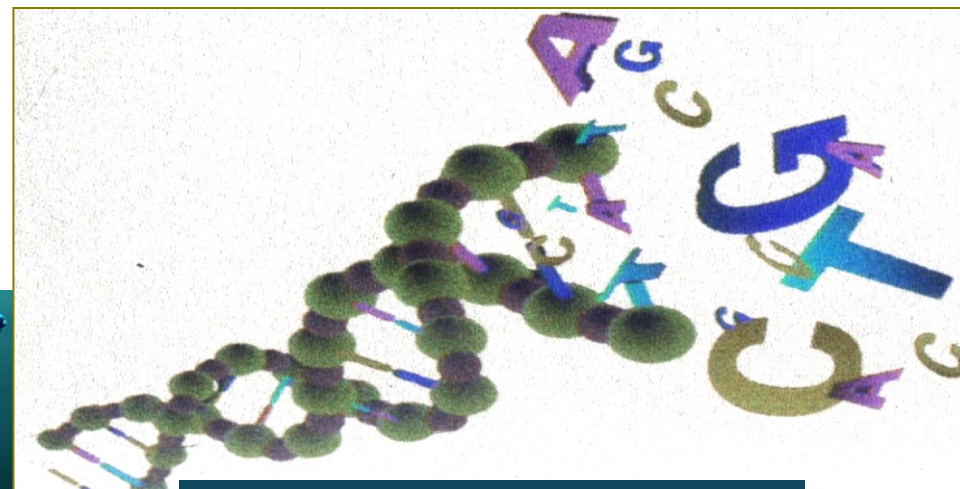
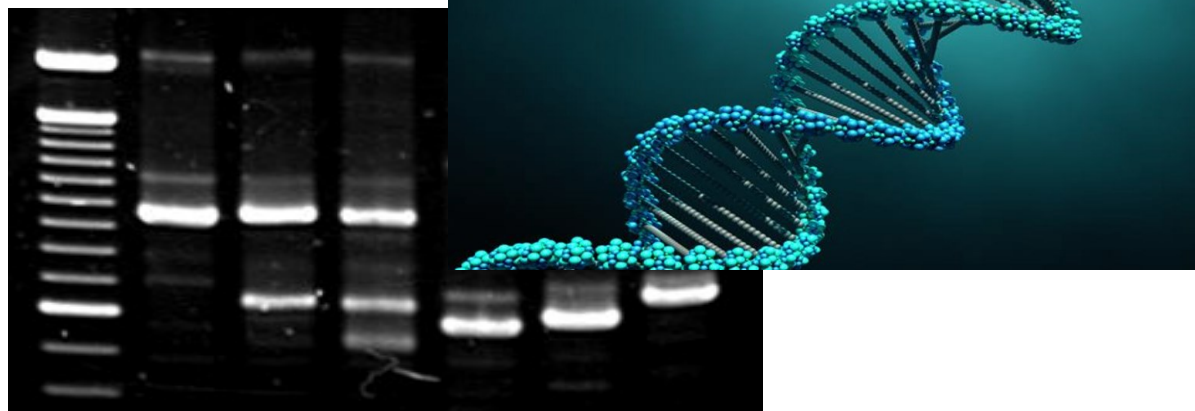
Código Híbrido	Ganho com a seleção %	Grupo do dendrograma	Genes de resistência			
			S _H 3	*GL2	*GL5	Ck-1
C4-10	92,8	2	Aa	Bb	C-	Dd
C3-9	84,0	1		Bb	C-	Dd
C2-12	84,0	2	Aa	Bb		
C3-8	80,7	3a		Bb	C-	Dd
C9-4	75,8	3c		BB		
C3-12	69,7	3a		Bb		Dd
C8-5	62,5	3b		BB		
C12-1	56,5	2	Aa	Bb		
C10-10	56,5	3b		BB		Dd
C12-6	52,6	2	Aa			
C9-6	51,5	3c		Bb		
C4-6	51,0	2	Aa	Bb		
C2-10	49,9	2	Aa	Bb	C-	Dd
C8-7	49,3	3b		BB		
C10-9	49,3	3b		BB		Dd
C11-7	48,2	3a		Bb		Dd
C5-8	47,1	1		Bb	C-	DD
C7-3	46,0	3a			C-	Dd
C6-11	46,0	1		BB	C-	Dd
C12-9	43,8	2	Aa	Bb		
C7-2	42,7	3a				Dd
C8-2	42,7	3b		BB		
C3-10	42,1	1		Bb	C-	Dd
C4-9	41,6	2	Aa	Bb	C-	Dd
C9-5	41,0	3c		BB		
C2-5	39,4	2	Aa	Bb		
C4-7	39,4	1		Bb	C-	Dd
C5-5	38,3	1		Bb	C-	DD
C1-2	37,7	3a		BB		Dd



Diversidad

Tecnologías moleculares

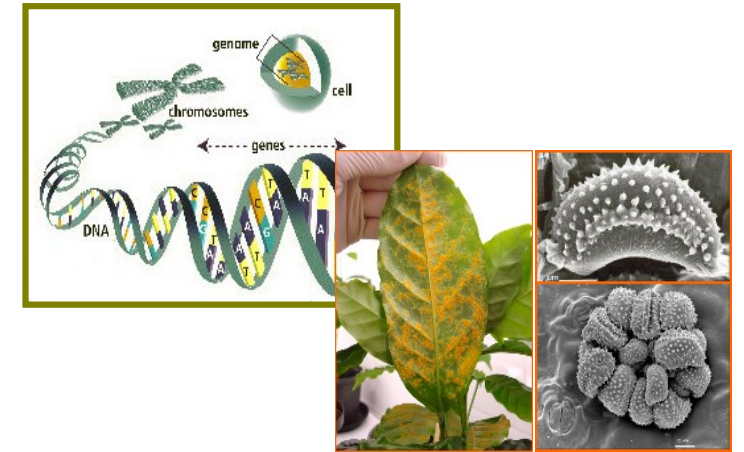
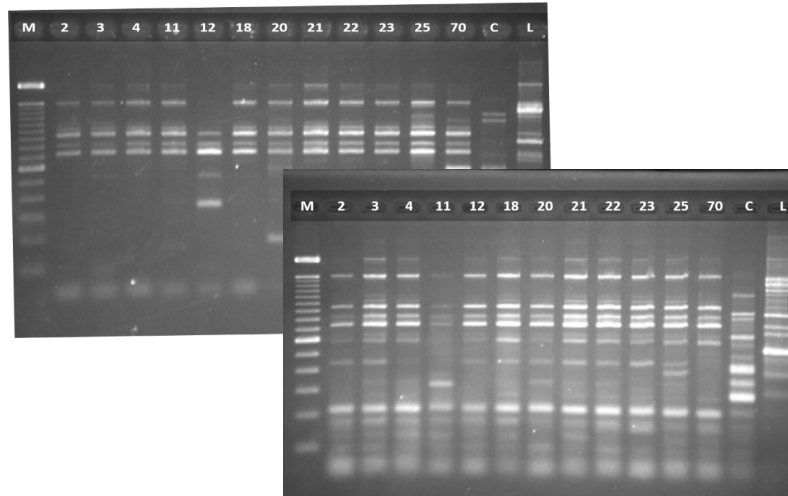
- Marcadores moleculares
- Genómica



Secuenciamiento

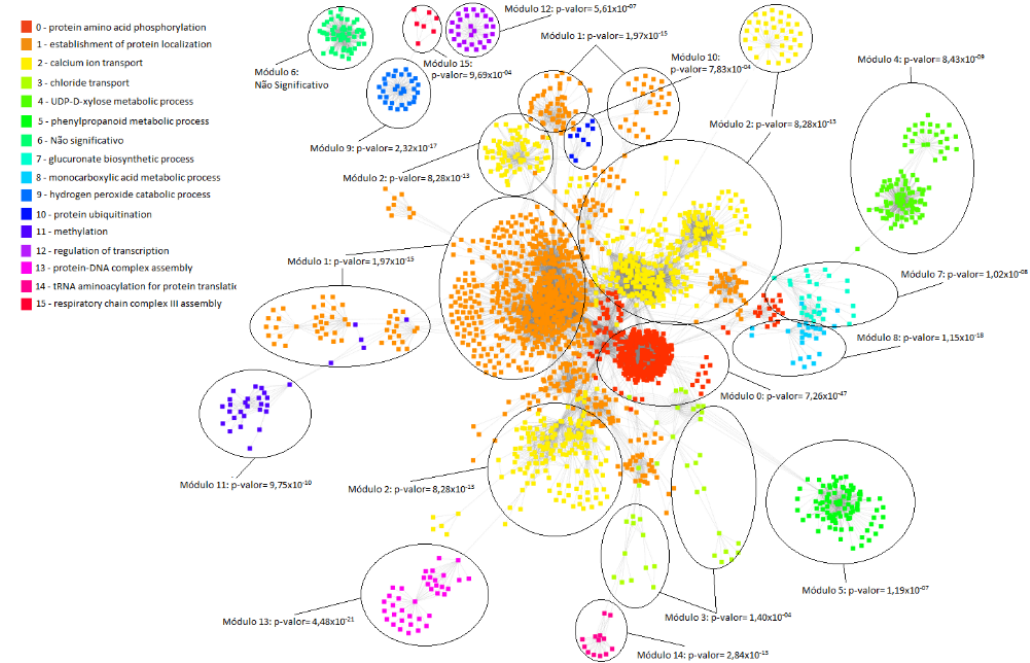
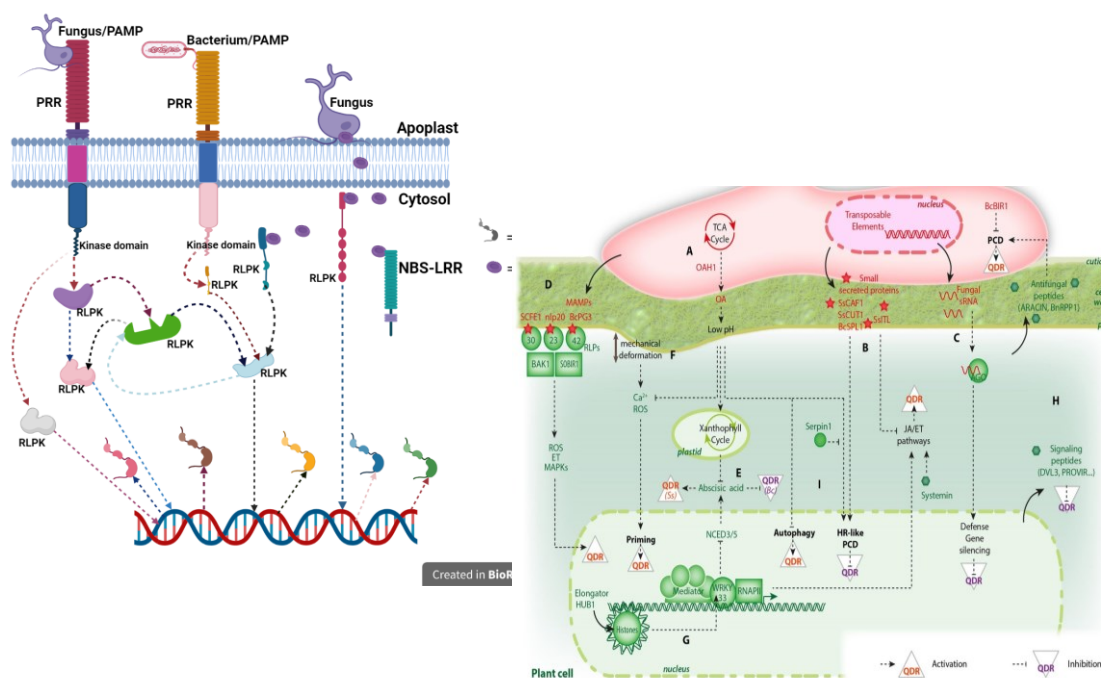
Genómica

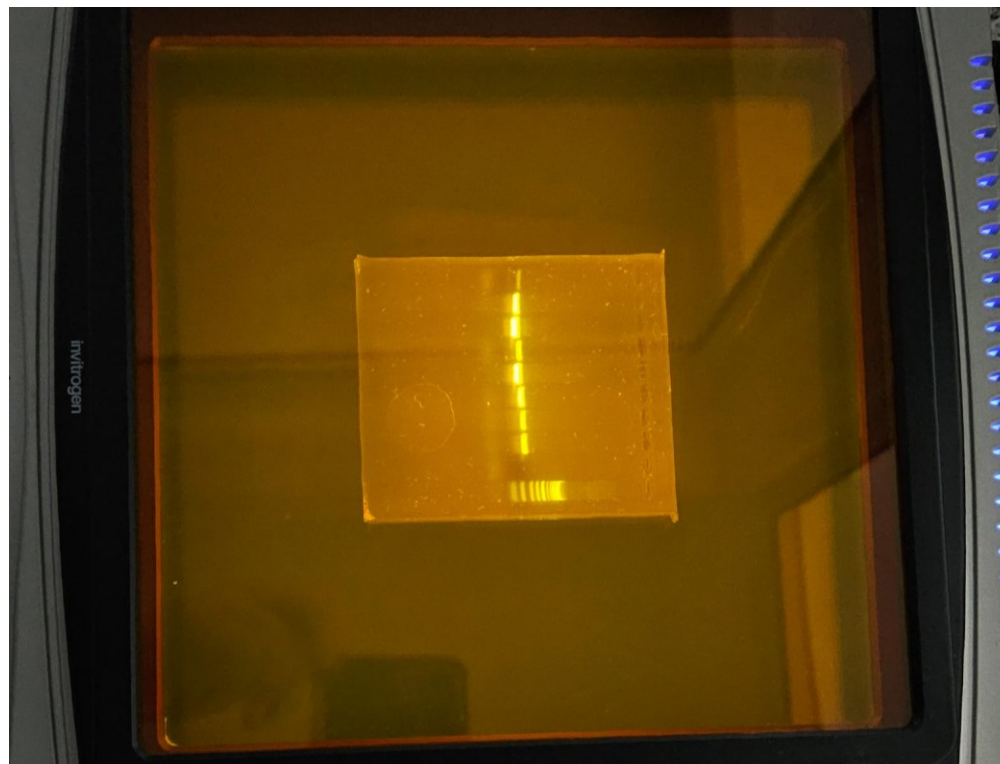
- Identificación de nuevos marcadores moleculares del café asociados a la resistencia y otras características.
- Identificación de marcadores moleculares del patógeno.



Genómica

- Aumentar el conocimiento sobre la interacción café-patógeno
- Desarrollar nuevos métodos de control.







Gracias

Eveline Teixeira Caixeta
eveline.caixeta@embrapa.br

