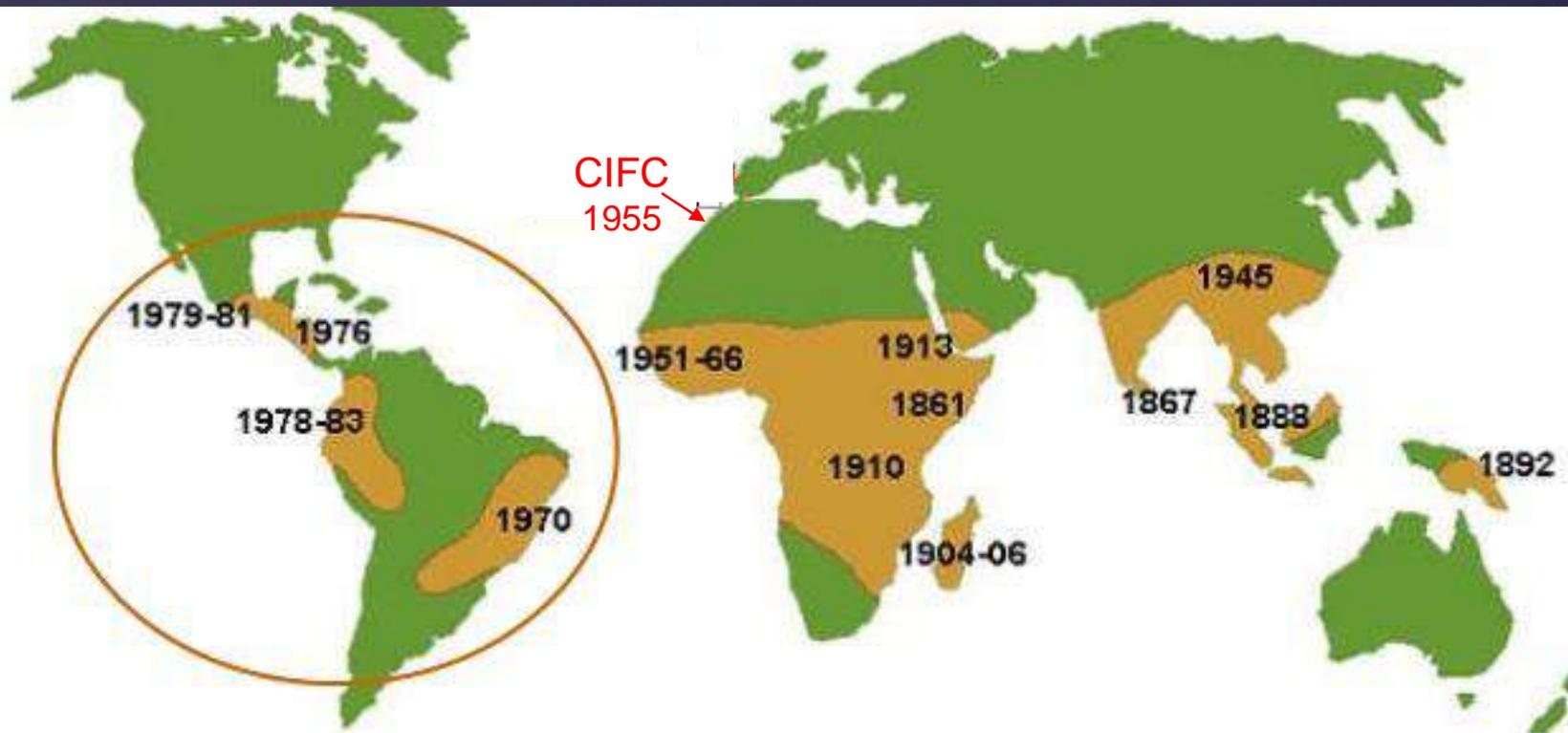


Mejoramiento del Cafe para Resistencia a la Roya

Eveline T. Caixeta
eveline.caixeta@embrapa.br



Identificación de la Roya en las Regiones del Café del Mundo



Fonte: Varzea 2005

Control:

La medida más importante es la adopción de cultivares con resistencia (durable)



Cultivar Suscetível

Cultivar Resistente

Control Genético de la Resistencia a la Roya

- ✓ Genes SH
- ✓ SH1, 2, 4, 5 – *C. arabica*
- ✓ SH3 – *C. liberica*
- ✓ SH6, 7, 8, 9,? – *C. canephora* e Híbrido de Timor
- ✓ SH10 – clonagem (CIFC 838/2)

Cultivares de Café - Mundo

- ✓ Mayoría derivadas de Híbrido de Timor
- ✓ *H. vastatrix* debe haber invadido la Isla de Timor poco después de la aparición en Sumatra y Java (1878-82)
- ✓ 1917/18: una planta en la labranza de arábica presentaba resistencia a la roya (mucho tiempo de cultivo)
- ✓ Semillas de pl. formaron las poblaciones del Híbrido de Timor en la isla (probablemente la población = híbrido avanzado con varios retrocruzamientos para arábica)
- ✓ Híbrido de Timor (*C. arabica* x *C. canephora*)

Cultivares de Café - Mundo

Historia

- ✓ 1951– Misión Fitopatológica solicitada por el Ministerio de Ultramar (Portugal)
- ✓ 1952: Misión USA en África, Asia y Oceanía (proteger el continente)
- ✓ 1954: Creación de CIFC (Portugal y USA)
- ✓ 1964-1965: Misión de F.A.O

Fonte: Branquinho D'Oliveira – relatório CIFC (1954)

Cultivares de Café - Mundo

Historia

- ✓ Las primeras planta de HDT, originadas de semillas recibidas en 1955 = CIFIC 832/1 e CIFIC 832/2
- ✓ Otra introducción CIFIC 1343
- ✓ Cruces del HDT con 46 variedades comerciales de diferentes países
- ✓ Híbridos enviados a las estaciones experimentales de Angola, Tanzânia (parceria com Quênia e Uganda), Colômbia, Brasil e Índia

Cultivares de Café - Mundo

- ✓ CIFC – estudos básicos de H. vastatrix, identificação de razas del hongo, identificação de fontes de resistencia, cruces y distribución

Table IX - List of hybrids performed in the C.I.F.C. with indication of their reaction group.

Hybrids of group. A

H.110 (H x A) B.A.16 (101/4)	x	Híbrido de Timor (832/2)
H.53 (I x A) IB-5 Wash-Wash (810/5)	x	" " (832/2)
H.119 (D x A) Blue Mountain Jamaica (187/8)	x	" " (832/2)
H.139 (D x A) Bourbon 40,40,72 (700/3)	x	" " (832/2)
H.112 (B x A) " 43-7 x BP 13 (9)	x	" " (832/2)
H.45 (B x A) " " " (10)	x	" " (832/2)
H.46 (B x A) Caturra (19)	x	" " (832/2)
H.26 (B x A) " (19)	x	" " (832/1)
H.196 (A x B) Híbrido de Timor (832/2)	x	Caturra (19)
H.144 (D x A) Coorgs (663/5)	x	Híbrido de Timor (832/2)
H.61 (C x A) Dilla & Algha (123/1)	x	" " (832/2)
H.82 (C x A) " " (128/2)	x	" " (832/2)
H.15 (D x A) D.K.1/A (32/1)	x	" " (832/2)
H.78 (D x A) P.902 (96/6)	x	" " (832/2)
H.205 (D x A) P.840 (89/1-3)	x	" " (832/2)
H.126 (C x A) Geisha (361/3)	x	" " (832/2)
H.169 (B x A) Harar (74/5)	x	" " (832/1)
H.260 (B x A) " (74/5)	x	" " (832/2)
H.164 (C x A) " (1125/8)	x	" " (832/2)
H.133 (C x A) Caturra x Geisha (1020/1)	x	" " (832/2)
H.49 (D x A) H.44 (93/6)	x	" " (832/2)
H.100 (D x A) " (1171/2)	x	" " (832/2)
H.195 (D x A) Beni's (190/2)	x	" " (832/2)
H.96 (D x A) K.7 (103/3)	x	" " (832/2)
H.64 (B x A) KP.423 (108/6)	x	" " (832/1)
H.71 (D x A) " (108/6)	x	" " (832/2)
H.117 (D x A) " (212/61)	x	" " (832/2)
H.131 (D x A) KP.532 (1174/2)	x	" " (832/2)
H.68 (B x A) Metari (84/9)	x	" " (832/2)
H.74 (D x A) H.39 (213/18)	x	" " (832/2)
H.270 (B x A) " (1123/3)	x	" " (832/2)
H.129 (B x A) H.197 (97/4)	x	" " (832/1)

- ✓ CIFIC 832/2
- ✓ CIFIC 832/1
- ✓ S.288, S.333, S.353, S.795
- ✓ Kaffa
- ✓ Agaro
- ✓ Gioiccie
- ✓ Wash-Wush...

Fonte: relatório CIFIC (1960 - 1965)

Cultivares de Café - Mundo

CIFC

Caturra Vermelho CIFC 19/1 X HDT CIFC 832/1
HW 26

Caturra Vermelho CIFC 19/1 X HDT CIFC 832/2
H 46

HDT: CIFC 1343 e outros

1962 - Angola

1971 - Brasil



Cultivares de Café - Mundo

- ✓ Índia: (CIFC 1343 y derivados de CIFC 832/1 y 832/2) x selecciones indias
- ✓ Angola: derivado de CIFC 832/1
- ✓ Tanzânia (Quênia e Uganda): CIFC 1343 y derivados de CIFC 832/1 y 832/2
- ✓ Colômbia: CIFC 1343
- ✓ Brasil: (CIFC 1343 y derivados de CIFC 832/1 y 832/2) X Caturra, Catuaí e Mundo Novo
- ✓ Brasil: 152 HDT = semillas llevadas a Tanzania; selecciones de plantas - semillas llevadas a Angola; semillas de plantas seleccionadas enviadas a Brasil

Cultivares de Café - Mundo

- ✓ Derivados: CIFIC 1343, CIFIC 832/1 y CIFIC 832/2
- ✓ 152 HDT = Tanzânia → Angola → Brasil
- ✓ Selección Indiana

Cultivares de Café - Mundo

- ✓ Caturra x HDT CIFC 832/1 (Catimor) – Oeiras, Palma II, IBC-Palma, Katipó, Aranãs, Sabiá, CR-95, Lempira, IHCAFE-90, Carvey
- ✓ Villa Sarchi x HDT CIFC 832/2 (Sarchimor) – Acauã, IAPAR59, Tupi, Arara, Obatã, Arara, Asabranca, Sarchimor MG 8840, IAC125 , IPR 97, 98, 99, 104, 108, Mersellesa, Parainema, Chandraguri
- ✓ Caturra x HDT CIFC 1343 – Castillo
- ✓ Catuaí x UFV – Paraíso, Araponga, Catiguá, Pau Brasil, Sacramento

Cultivares de Café - Mundo

Outras Fontes

- ✓ ICATU (*C. arabica* x *C canephora* – IAC) - Catucaí, IPR 103 ...
- ✓ Catindu (Caturra x Seleções Indianas - SH3) - Saíra, IPR ...

Cultivares de *C. arabica* desarrollados en Brasil

132 Cultivares registrados en el RNC/MAPA:

- 55 Susceptibles a la roya
- 77 Resistentes a la roya

Resistencia de algunas fueron suplantadas -
mantiene resistencia horizontal

Cultivares de *C. arabica* desarrollados en Brasil

Vulnerabilidad Genética

- Base genética estreita
- Trabalho coeficiente de parentesco

Year of release	Up to 1959	1960-1979	1980-1999	2000-2009
Ate 1959	0.839			
1960-1979	0.825	0.902		
1980-1999	0.536	0.55	0.507	
2000-2009	0.560	0.601	0.450	0.463
Number	17	42	27	38

Cultivares de *C. arabica* desarrollados en Brasil

Vulnerabilidad Genética

Code	Name of cultivar	Genetic contribution		
		%	Accumulated	
1	Bourbon Vermelho	57.56	47.596	47.596
2	Sumatra	24.50	20.259	67.855
3	Icatu	16.00	13.230	81.085
4	Híbrido de Timor	9.00	7.442	88.527
5	Villa Sarchi	6.25	5.168	93.695
6	Amarelo de Botucatu	5.62	4.651	98.346
7	Blue Mountain	0.50	0.413	98.760
8	Moka	0.50	0.413	99.173
9	<i>C. racemoça</i>	0.50	0.413	99.587
10	<i>C. mauritina</i>	0.50	0.413	100.000
		120.935	100.000	

Cultivares de *C. arabica* desenvolvidos em Mundo

Vulnerabilidade Genética

A base genética de 121 cultivares lançadas no Brasil entre 1939 e 2009 foi definida por **10** ancestrais.

Os sete ancestrais contribuem com 98,76% para as cultivares de *C. arabica* no Brasil.

Cultivares de *C. arabica* desarrollados en Mundo

Vulnerabilidad Genética

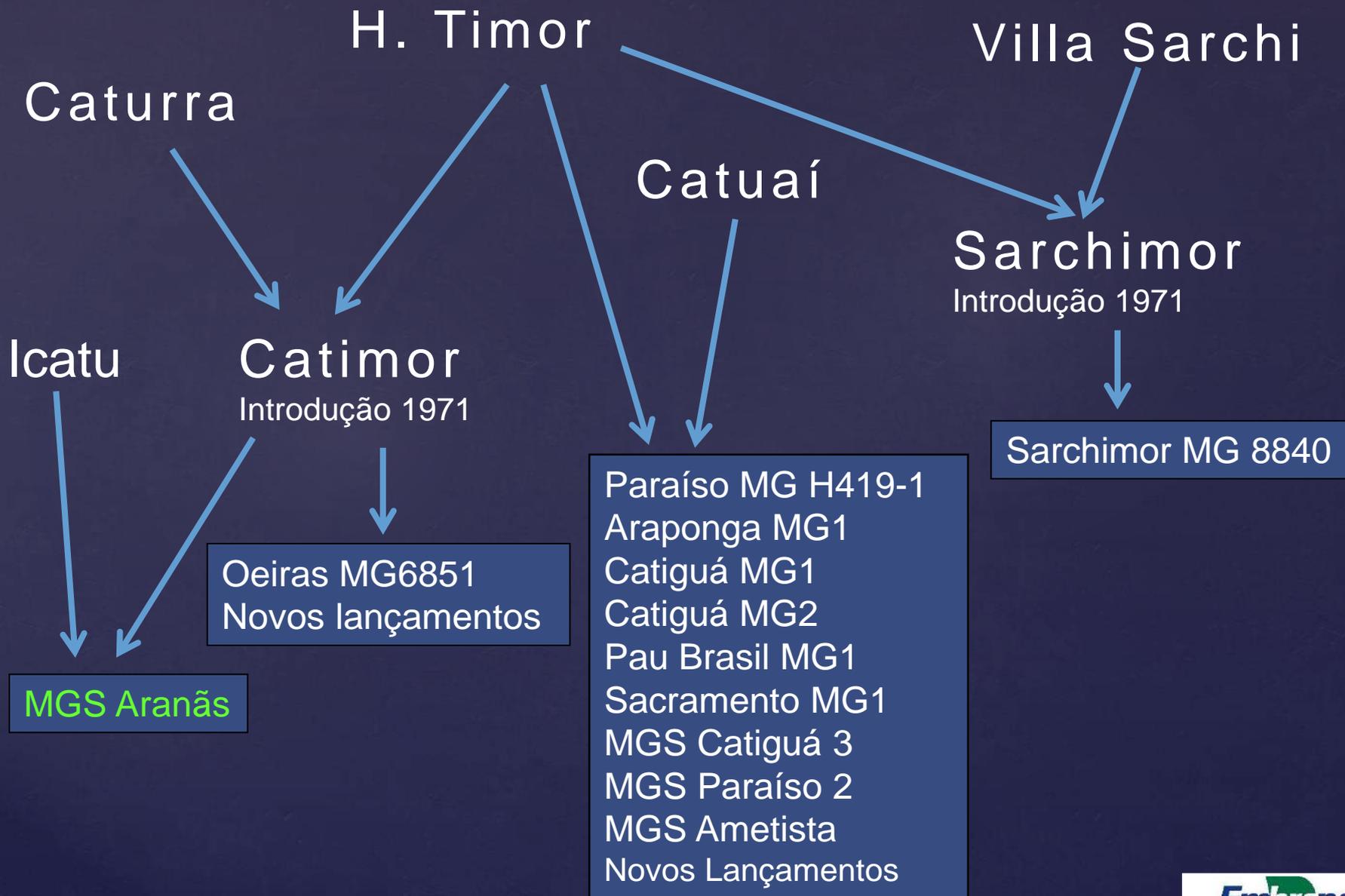
Variabilidad del Patógeno

- ✓ Oeiras lanzada en 1999 - resistente a todas las razas brasileñas
- ✓ En 2009 - relatos de roya

Programa de Mejoramiento Genético Epamig/UFV/UFLA/Embrapa Café

Cultivares Resistentes a la Roya: 12

- Oeiras MG6851
- Paraíso MG H419-1
- Araponga MG1
- Catiguá MG1
- Catiguá MG2
- Pau-Brasil MG1
- Sacramento MG1
- MGS Catiguá 3
- MGS Paraíso 2
- Sarchimor MG8840
- MGS Aranãs
- MGS Ametista



Oeiras (1999)



Oeiras MG 6851

- ✓ Origen: Caturra Vermelho CIFC 19/1 x H. T. CIFC 832/1
- ✓ Porte bajo, excelente arquitectura, frutos y granos grandes, maduración precoz y muy uniforme
- ✓ Actualmente, presenta moderada resistencia a la roya
- ✓ Recomendada para plantíos densos y superdensos (0,25 a 0,60m en la línea)
- ✓ Presenta amplia adaptación, especialmente, en regiones de altitudes elevadas y suelos ricos en materia orgánica o con irrigación
- ✓ Buen rendimiento en plantaciones irrigadas



Paraíso MG H419-1

(2002)



Paraíso MG H419-1

- ✓ Origen: Catuaí Amarelo IAC 30 x H. T. UFV 445-46
- ✓ Elevada resistencia a la roya y al nematodos *M. exigua*
- ✓ Porte y arquitectura menor que Catuaí
- ✓ Frutos de color amarillo, maduración intermedia y semillas alargadas
- ✓ Elevado potencial productivo, producción inicial más baja
- ✓ Recomendada para plantío denso y convencional, siendo opción para relieves accidentados
- ✓ Presenta una acentuada interacción con el ambiente



Catiguá MG 2

Catiguá MG1, MG2 e MG3

- ✓ Origen: Catuaí Amarelo IAC 86 x H. T. UFV 440-10
- ✓ Por debajo, muy vigorosos, frutos rojos, elevada capacidad productiva, maduración de frutos intermedios, tolerantes a la sequía y aparentemente poco exigentes en nutrición.
- ✓ Catiguá MG1 (2004): tamaño de granos grande; hojas verdes intensas y brotación nueva bronce oscuro.
- ✓ Catiguá MG2 (2004): resistente a nematodo *M. exigua*, bacterioses, ácaro rojo cercosporiosis; tamaño de granos menor; Destacados en relación a la calidad de bebida (hasta 96 puntos) - BSCA)
- ✓ Catiguá MG3 (2007): resistente a nematodo *M. exigua* e CBD.

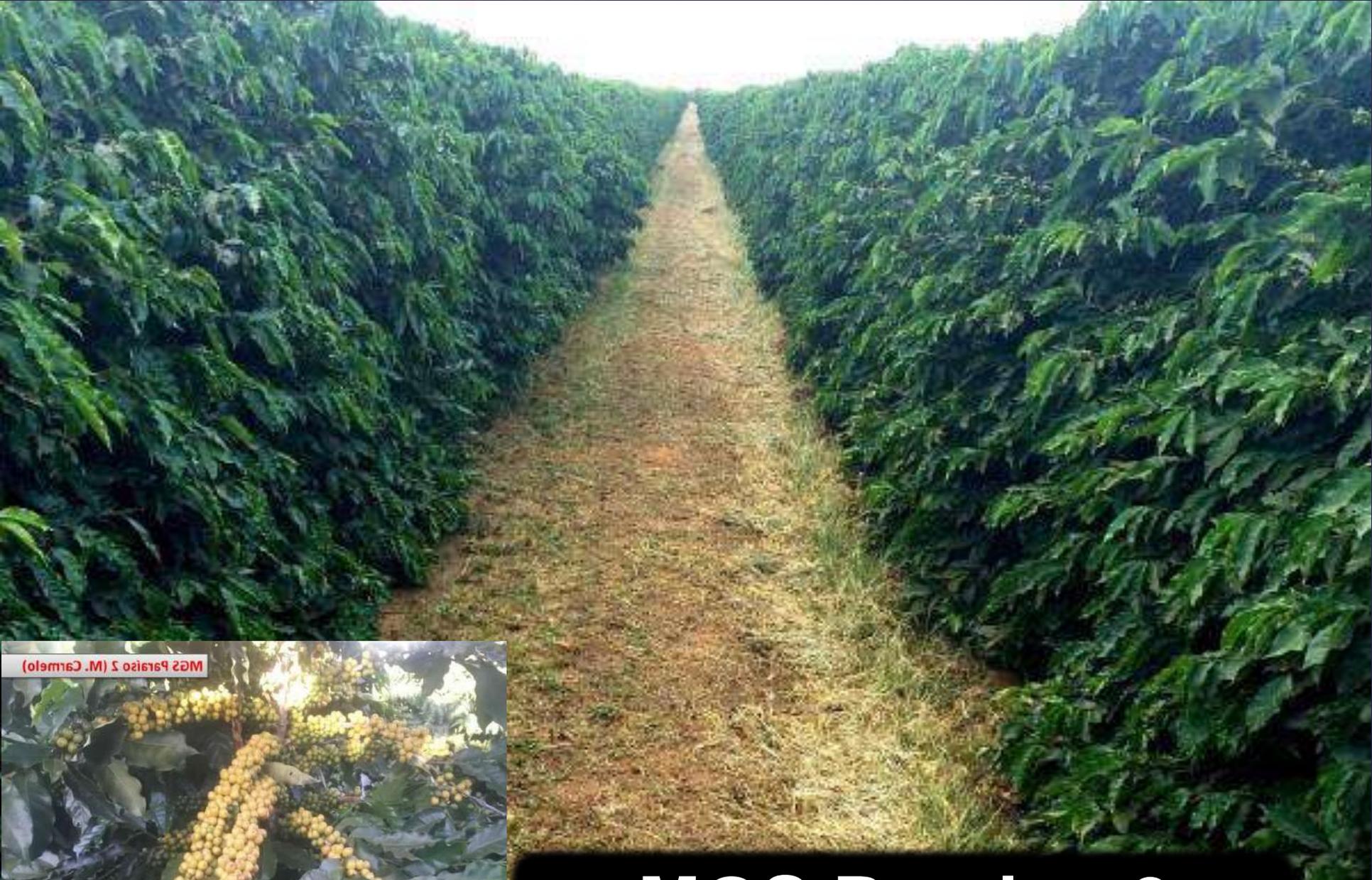


Pau Brasil

(2004)

Pau-Brasil MG1

- ✓ Origen: Catuaí Vermelho IAC 141 X H. T. UFV 442-34
- ✓ Porte bajo, alto vigor vegetativo, moderada resistencia a la roya
- ✓ Frutos rojos con maduración uniforme
- ✓ Amplia adaptación a las regiones cafeteras de Minas Gerais
- ✓ Excelente calidad sensorial de la bebida, hasta 94 puntos en el protocolo de BSCA. Aroma y sabor caramelo, frutado, cuerpo cremoso, acidez media y agradable.



MGS Paraiso 2
(2013)

MGS Paraíso 2

- ✓ Origen: Catuaí Amarelo IAC 30 X H. T. UFV 445-46
- ✓ Muy vigorosa, porte bajo, frutos amarillos y amplia adaptación a las regiones cafeteras de Minas Gerais
- ✓ Excelente calidad sensorial de la bebida (hasta 93,5 puntos en el protocolo de la SCAA)
- ✓ Aroma dulce, sabor melado, rapadura, frutas rojas
- ✓ Acidez placentera, cuerpo aterciopelado con gran dulzura
- ✓ Excelente opción para la producción de cafés especiales

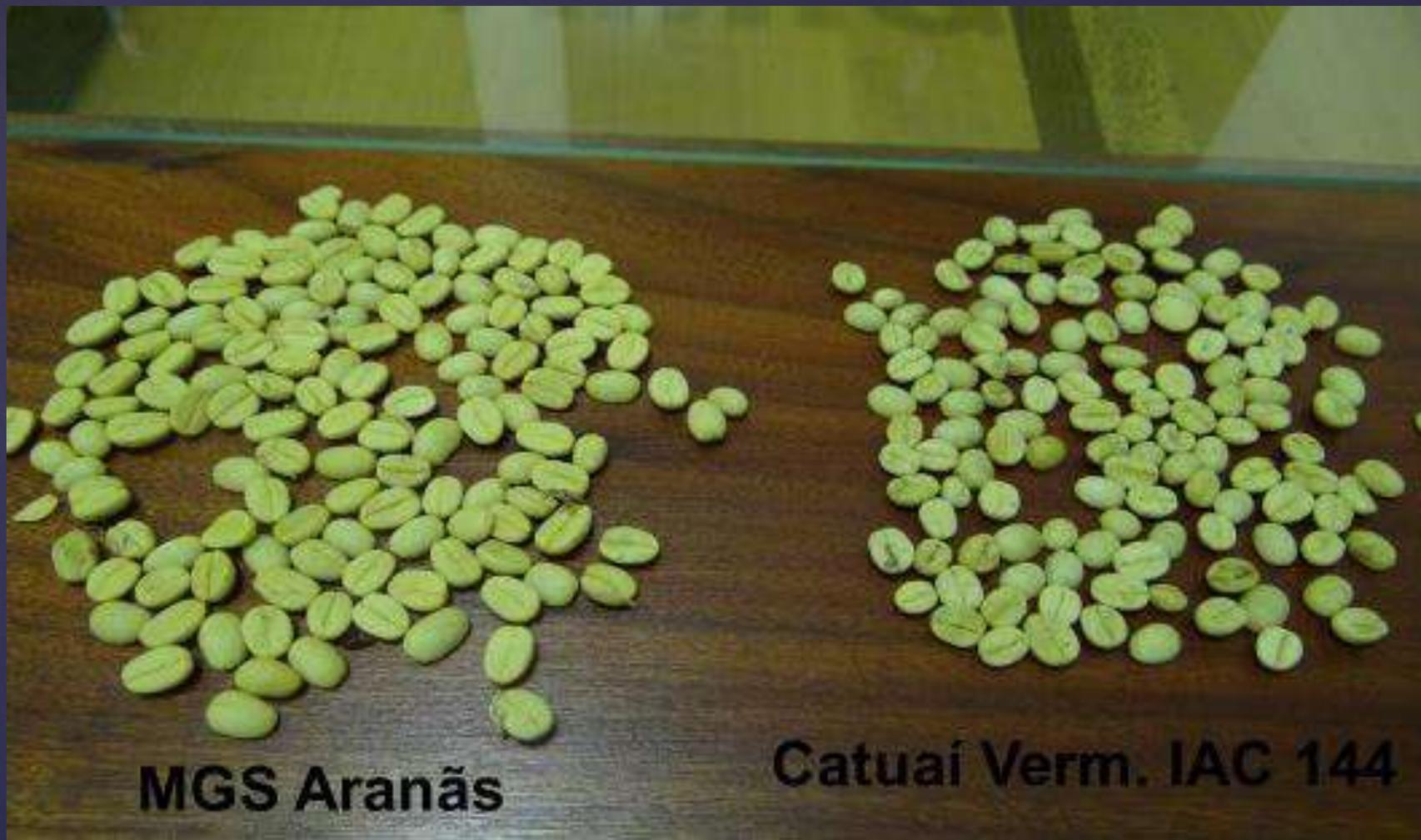


MGS Aranãs

(2014)

MGS Aranãs

- ✓ Origen: Catimor UFV 1603-215 x Icatu IAC 3851-2
- ✓ Porte bajo, arquitectura con formato cónico, ramas plagiotrópicas con interno corto y ramificaciones secundarias abundantes
- ✓ Frutos de coloración roja y semillas grandes
- ✓ Potencial productivo elevado, superior al de la cultivar Catuaí Rojo
- ✓ Excelente calidad sensorial de bebida, con puntuación de 88 puntos en el protocolo de BSCA



MGS Aranãs

Catuai Verm. IAC 144



Sachimor MG8840

(2013)

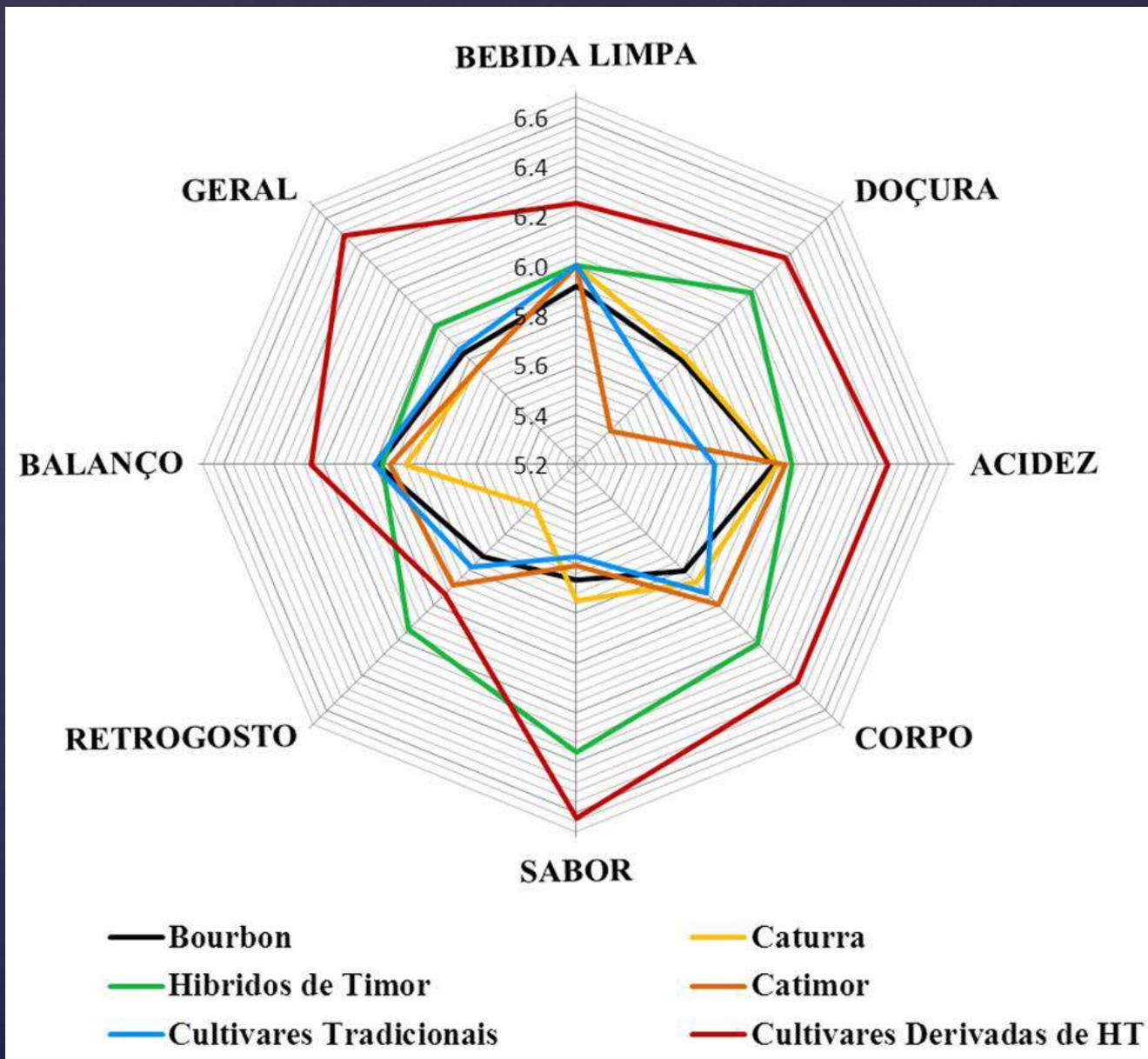
Sachimor MG 8840

- ✓ Origen: Villa Sarchi CIFIC 971/10 x H. T. CIFIC 832/2
- ✓ Porte bajo, buena arquitectura de plantas
- ✓ Frutas de color rojo
- ✓ Maduración media y bastante uniforme
- ✓ tamaño de granos grande
- ✓ Buena calidad de bebida
- ✓ Resistencia vertical a la roya mantenida
- ✓ Exigente en agua y nutrición

Productividad, en sacos de 60 kg.ha⁻¹, de cultivares de café resistentes a la roya, promedio de 4 cosechas. Aricanduva-MG

Araponga MG1	38,61
Catiguá MG1	41,51
Catiguá MG2	46,73
Catiguá MG3	49,24
Catucaí Amarelo 24/137	46,43
Oeiras MG 6851	46,65
Paraíso MG H419-1	49,29
Pau Brasil MG1	40,26
Sacramento MG1	41,22
Catuaí Vermelho IAC 144	42,37
MGS Aranãs	56,48

Variabilidade em la Calidad de la Bebida del Café

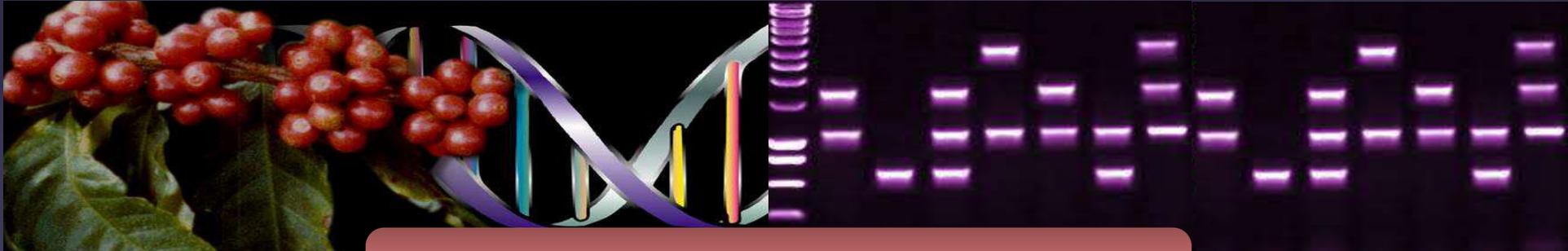


Cultivares de *C. arabica* de Brasil

Vulnerabilidad Genética

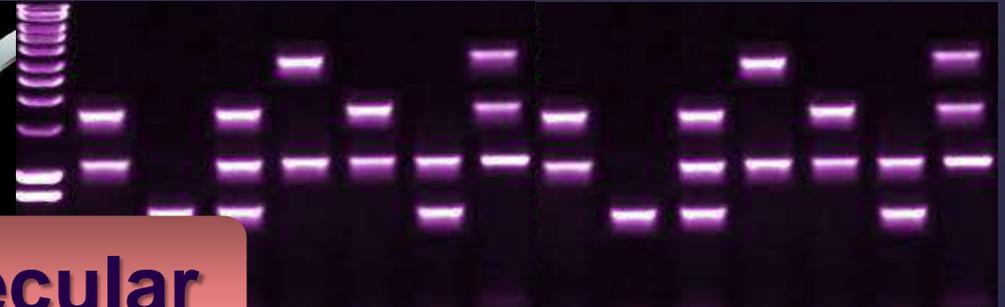
Variabilidad del Patógeno

✓ Suplantación de la resistencia - qué hacer????



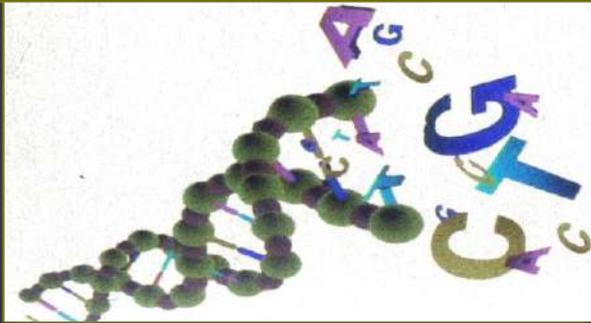
Melhoramento Molecular

Piramidación de genes - diferentes razas de *H. vastatrix* y otras enfermedades



Mejoramiento Molecular

Genómica



Secuenciación



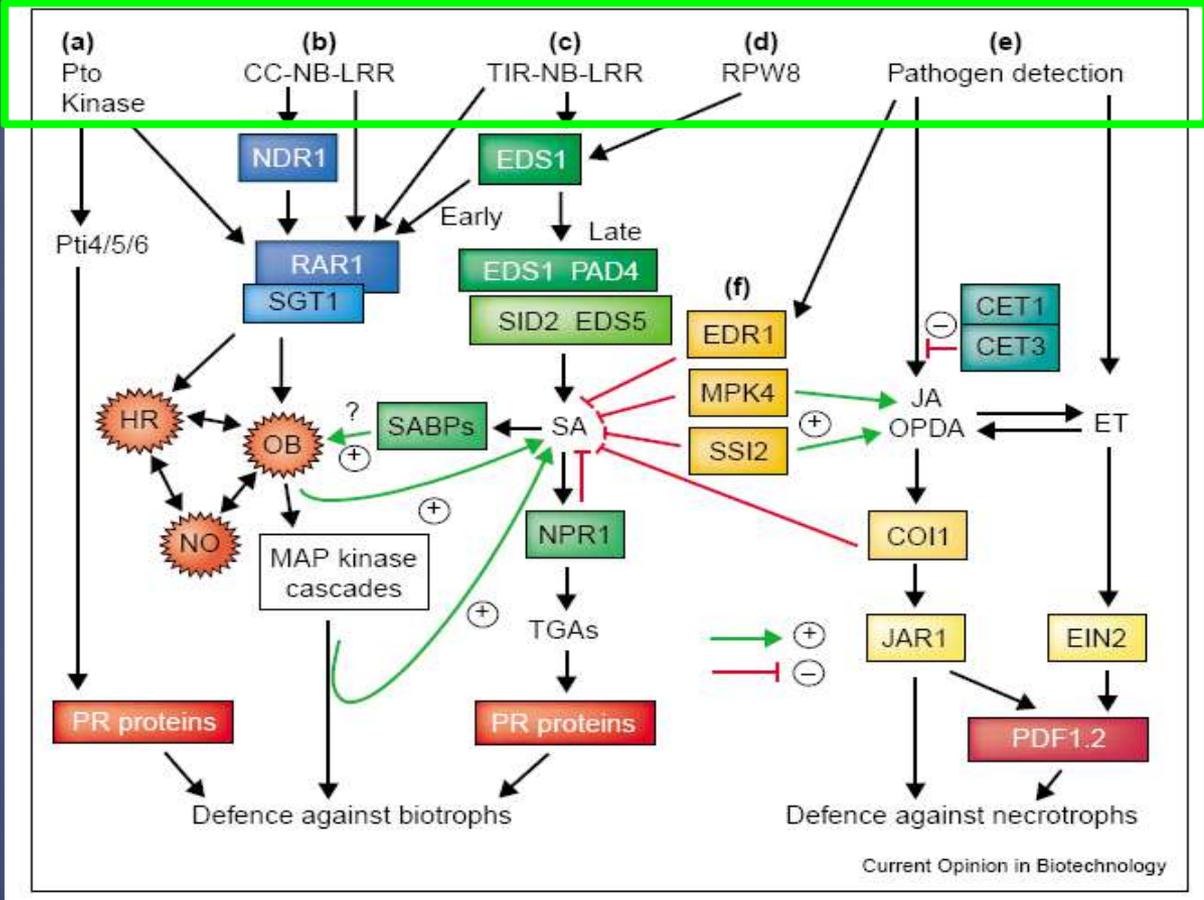
A REVOLUÇÃO GENÔMICA

- ❑ Estudia el genoma completo de un organismo
- ❑ Se busca entender cómo los genes están organizados en el genoma, su función, regulación e interacción con otros genes (entender procesos biológicos complejos)



Genômica

SH



Genómica

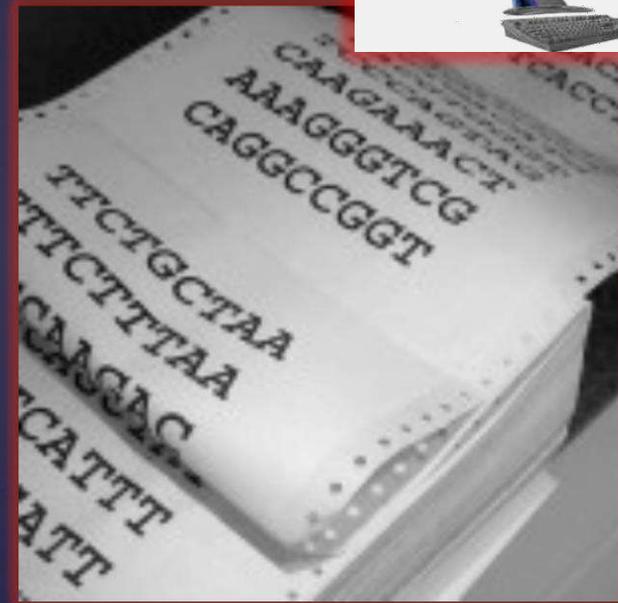
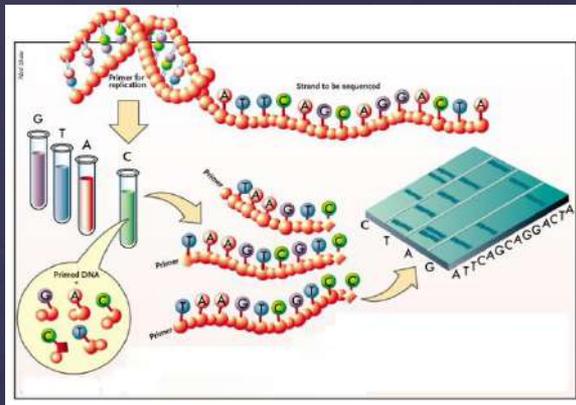
Secuenciación

ATT CGA TGT CCC CAG ATT AGC TAA CGG GGG GGG
ACT AGT TGT TTT TTT TGC CAC ACC AGC TAG CAA
TTG GCA ACA CCC CAT ATG GGA CTC TAA AAG GGG
GTC CAT ...

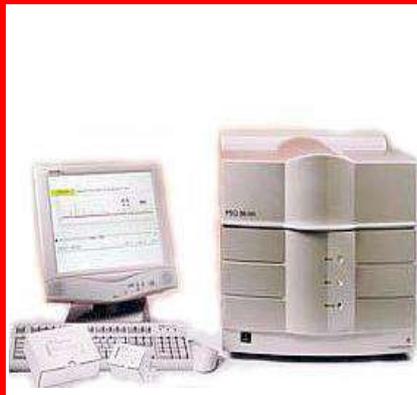
Estructural o Completo

Funcional

Genómica



SOLID System



Pirosequenciamento

Genómica

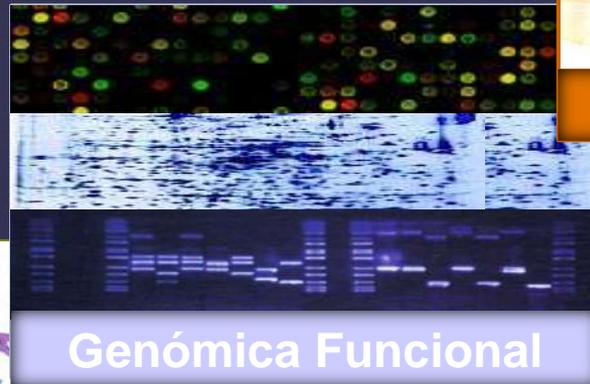
```
CTCCGGACAAATCGATGDCITTTGG  
AATCCGTCGTTTTTTATGDCCTTTA  
AGGAGAAGCTATGCGTGATGCGGT  
ATTCGGGTCCATGATCCGGGCGCCG  
ATCGCTCCACATCAACAAAACTAT  
GDTAAGAAATGAGGCAATTTATAG  
GCAQATGTGCGGAGATCGGGTGG  
CTATATAACGATCTAACCGTTGGG  
GAACAGATGTACCTGACCATAAGCT  
CGTGGAGAGCTAGCAAAACCTG  
AAAGAGTCTACCATCGCCCG  
GCGTAGTCAAAAGGGG  
GTGTGAGTCAATTAAGAC  
TAAAGCTTGAATCAATAGTTA  
CGCTGACCGCCATAAAGCCGAG  
ACGCCCTGAGCCGAAATGTAATGG  
ATTGCTAGGBCCTGGGATTAC  
ATCGTTTTATCCACACCCAAAGC
```



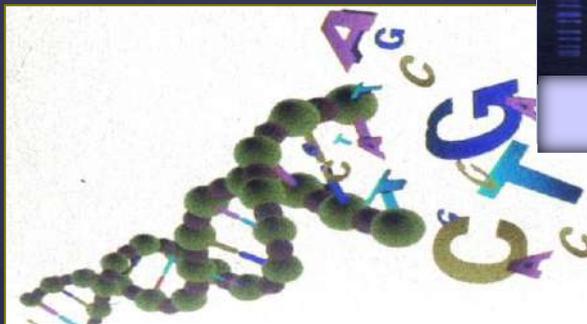
Genómica



Aplicación de la genómica



Genómica Funcional



Secuenciación

Genômica

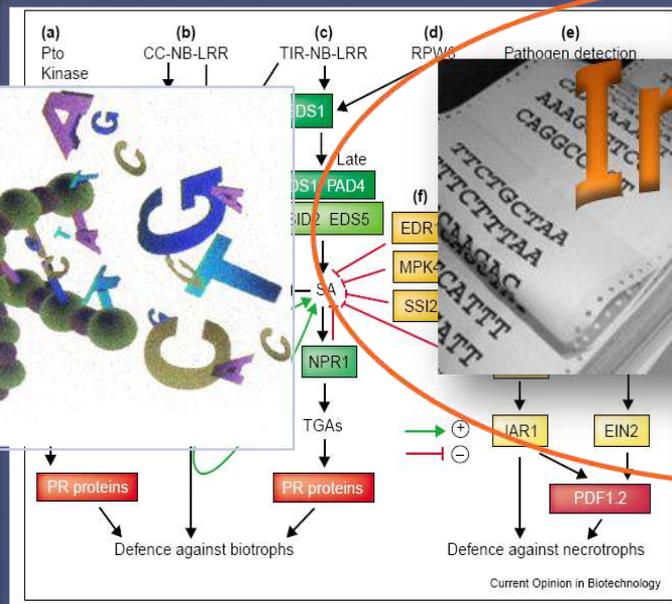


Função

Interações

Regulação

Organização
no genoma



Inovação

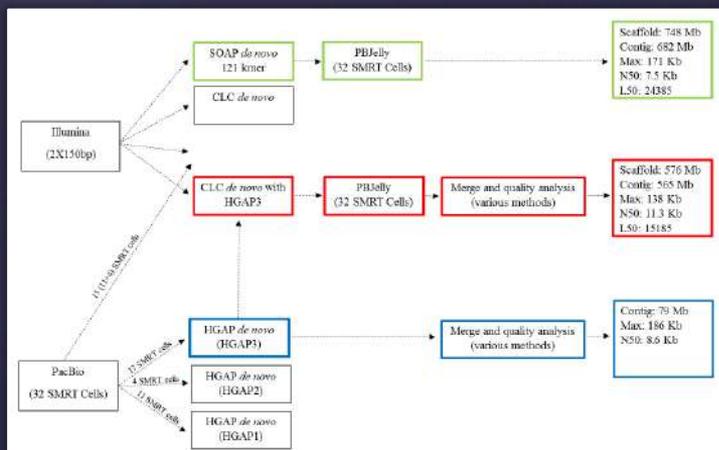


Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

- Secuenciación del genoma *Hemileia vastatrix*
 - Gran desafío: el genoma de 733,5 Mb
 - Genoma referencia no disponible
 - Muchas regiones repetitivas
 - Raza XXXIII

Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

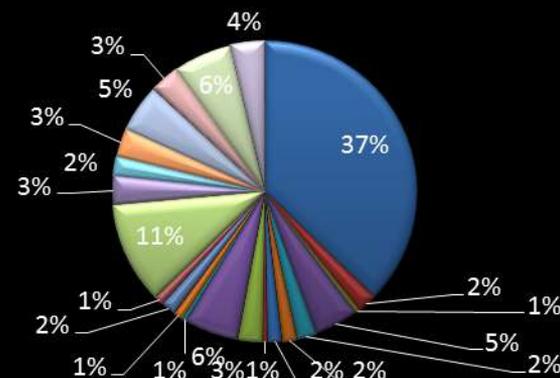
➤ Genoma *Hemileia vastatrix*



- UFV/UFLA/Embrapa/Delaware
- Raza XXXIII, 576Mb
- 13.364 genes; 13.034 proteínas
- Secretoma = 615 proteínas

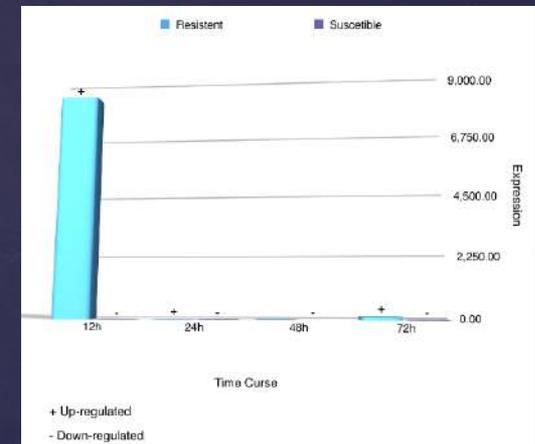
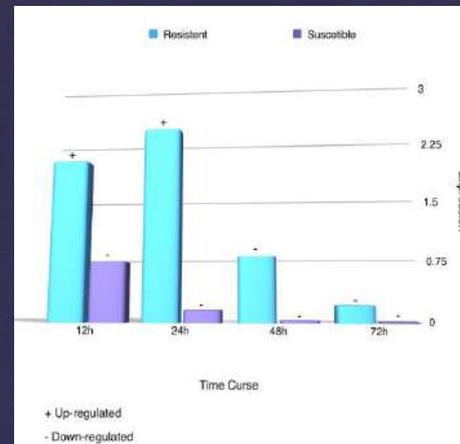
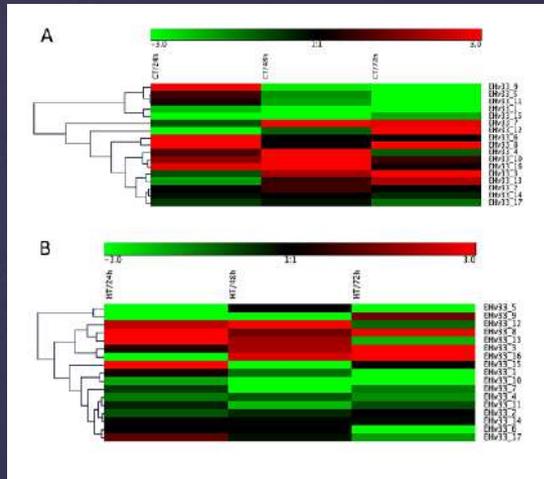
Proteins

- Putative Secreted Protein
- Endoglucanase 4
- Copper amine oxidase
- Expansin
- Macrophage Activating Glycoprotein
- Aspartyl Protease
- Riboflavin Aldehyde-Forming
- Fasciclin
- Disulfide Isomerase
- Cytochrome C Peroxidase
- Rust Transferred



Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

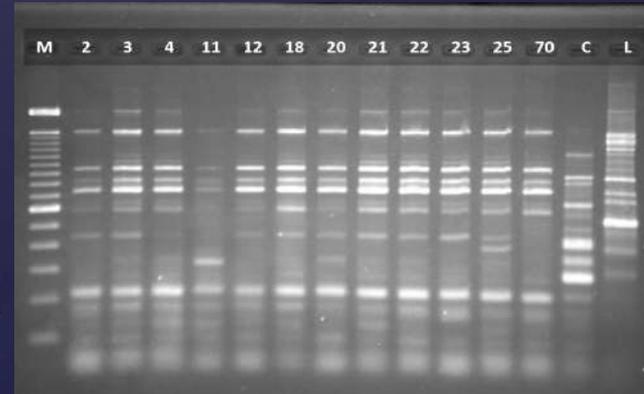
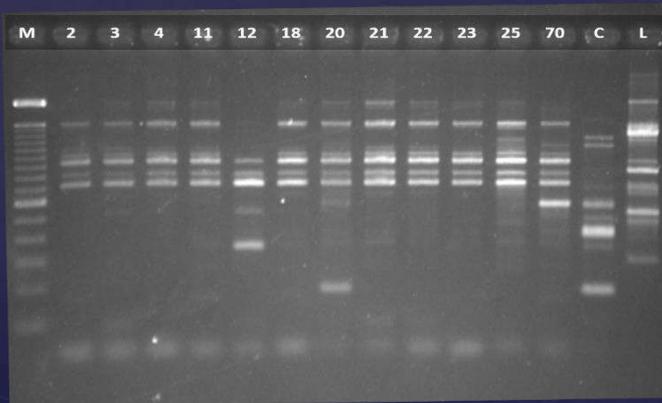
➤ Genoma *Hemileia vastatrix*



- Análisis de la expresión de los genes durante la infección
- Compatible / incompatible - tiempos
- Expresión génica - RT-qPCR

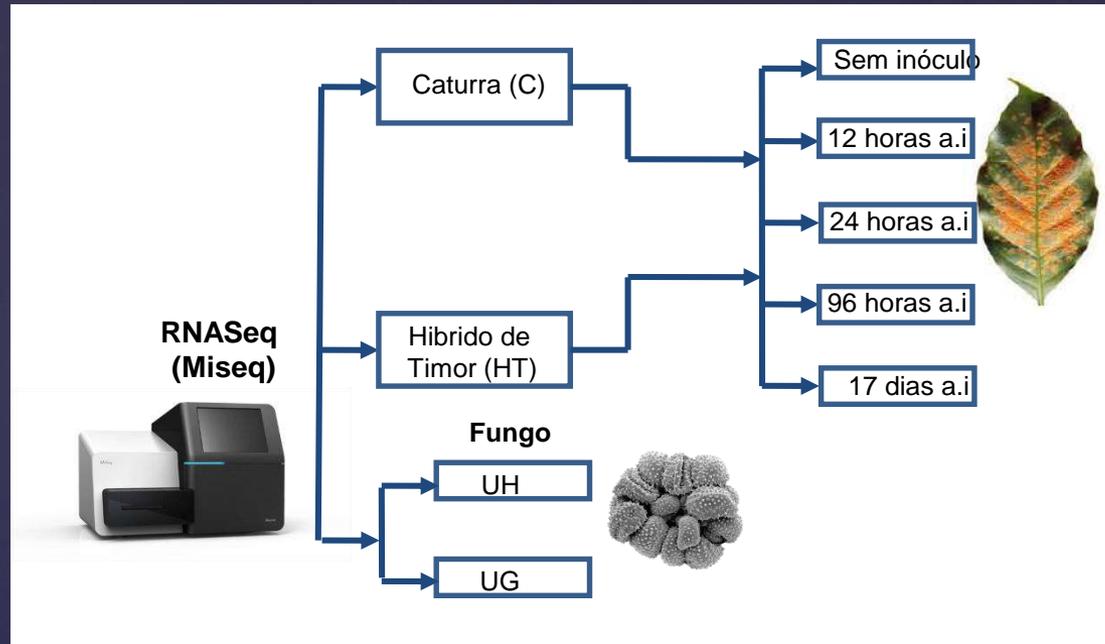
Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

- Genoma *Hemileia vastatrix*
 - Identificación de marcadores para genotipos del hongo
 - Desarrollo de nuevos marcadores moleculares:
 - REMAP (*Retrotransposon-Microsatellite Amplified Polymorphism*);
 - Marcadores de efectores
 - Microsatélites
 - Estudio de diversidad genética y estructura de poblaciones: 56 aislados de la microoteca



Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

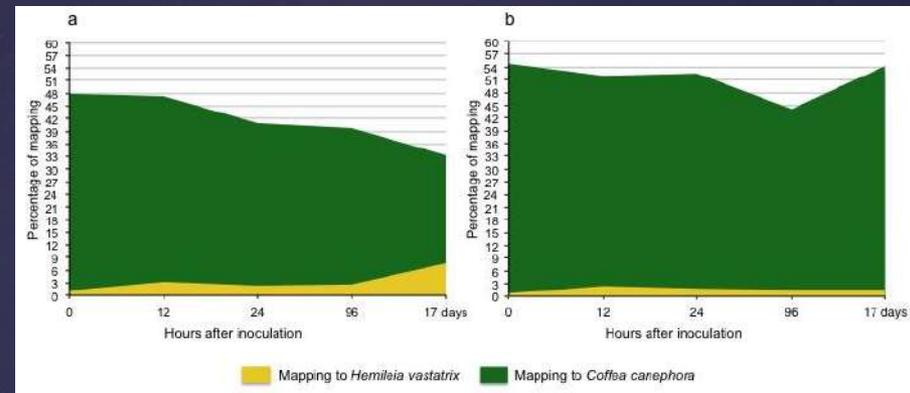
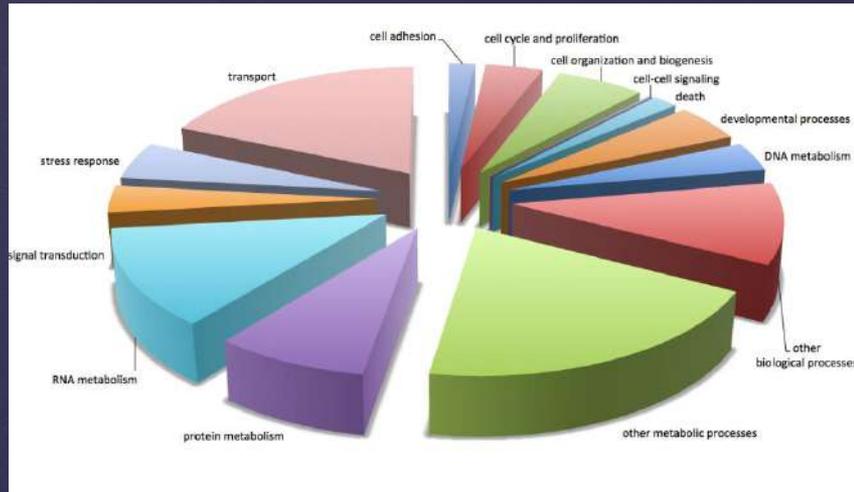
➤ Transcriptoma Café - *Hemileia vastatrix*



- Separación transcriptoma café y *H. vastatrix* (asociación Unicamp)
- Café – 43.159 transcritos
- *H. vastatrix* – 29.812 transcritos

Metodologia molecular: Interação café-*H. vastatrix*

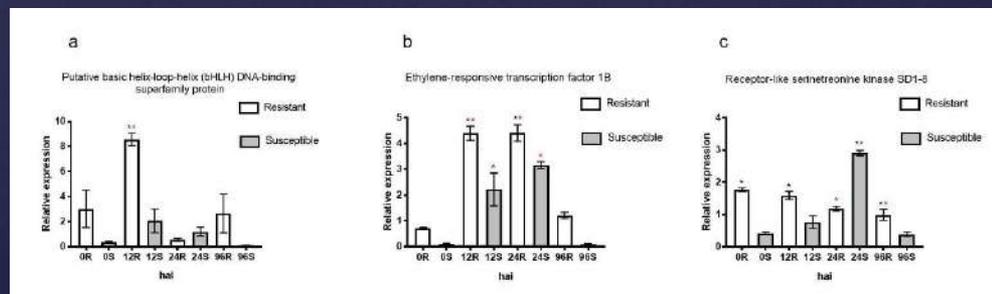
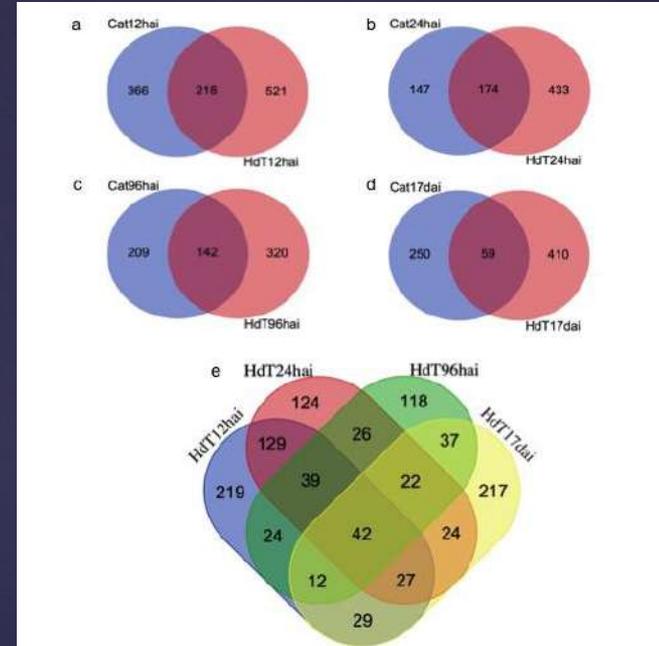
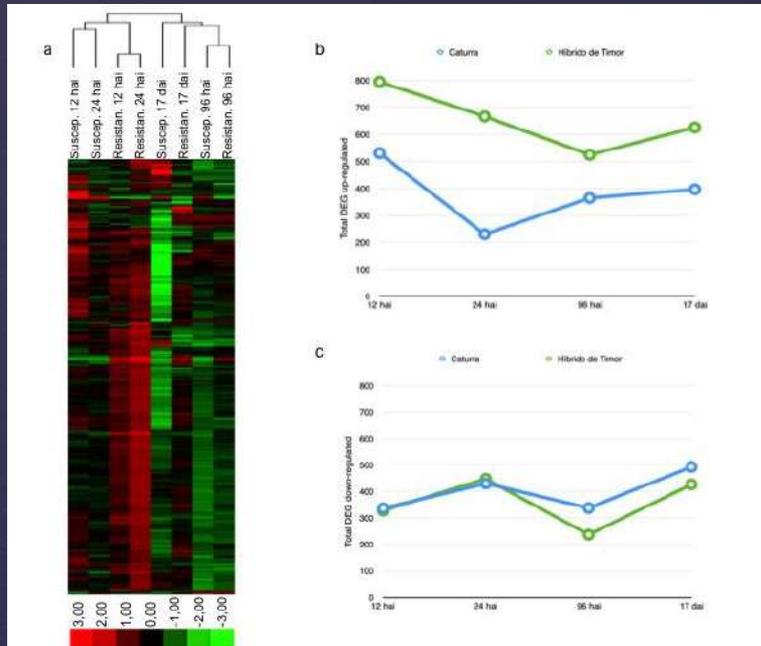
➤ Transcriptoma Café - *Hemileia vastatrix*



- Anotaciones y análisis de genes / proteínas
- Comparación bibliotecas - identificación de genes candidatos

Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

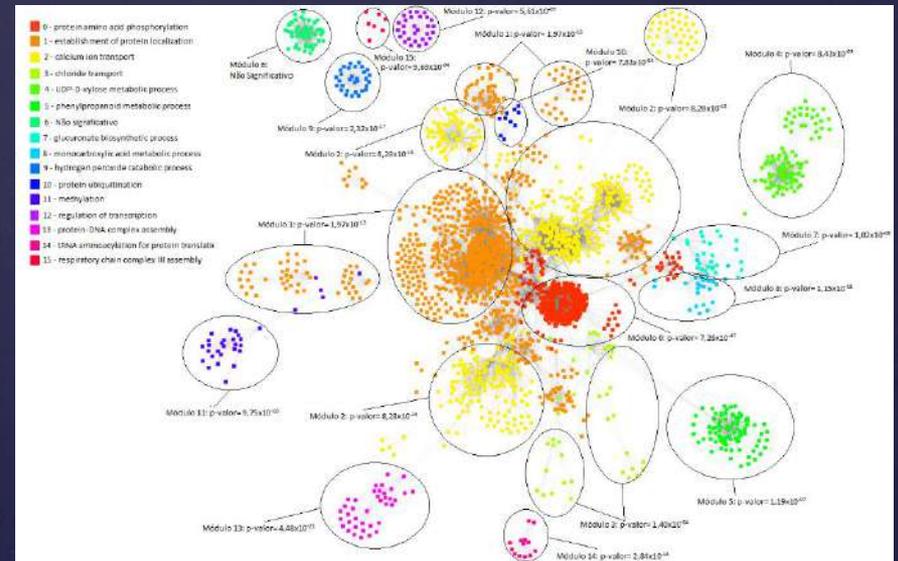
➤ Transcriptoma Café - *Hemileia vastatrix*



Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

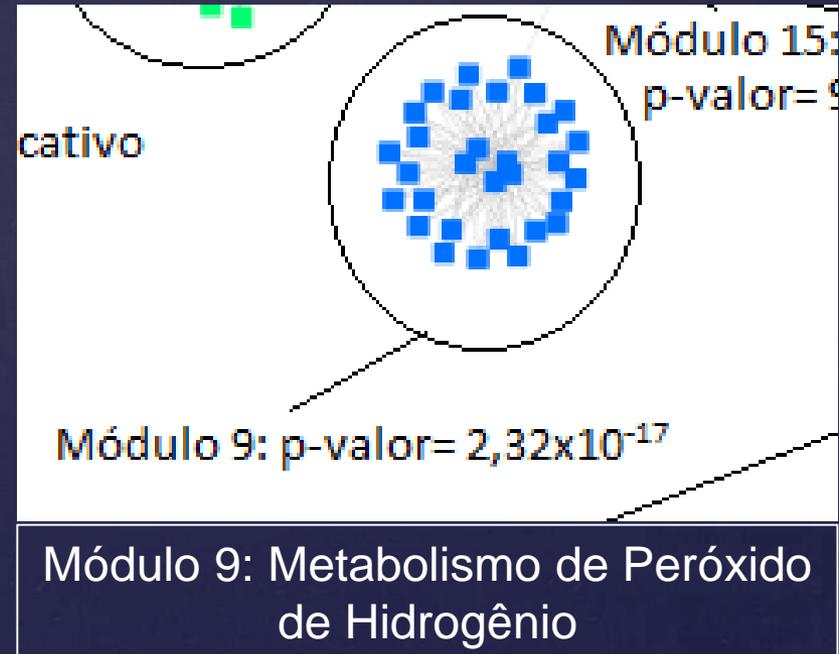
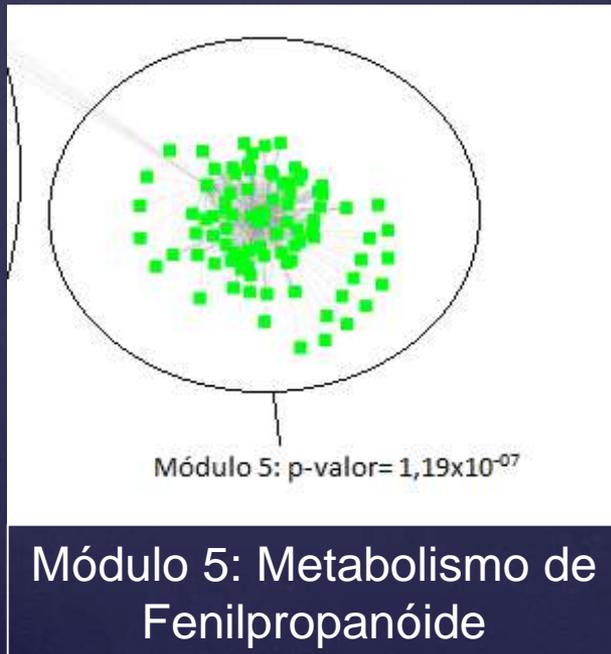
➤ Identificación de interactoma

- Predicción de interacción de proteínas del café y *H. vastatrix*
- Identificación de las interacciones potencialmente relacionadas con el proceso de infección y resistencia
- Validación de la interacción



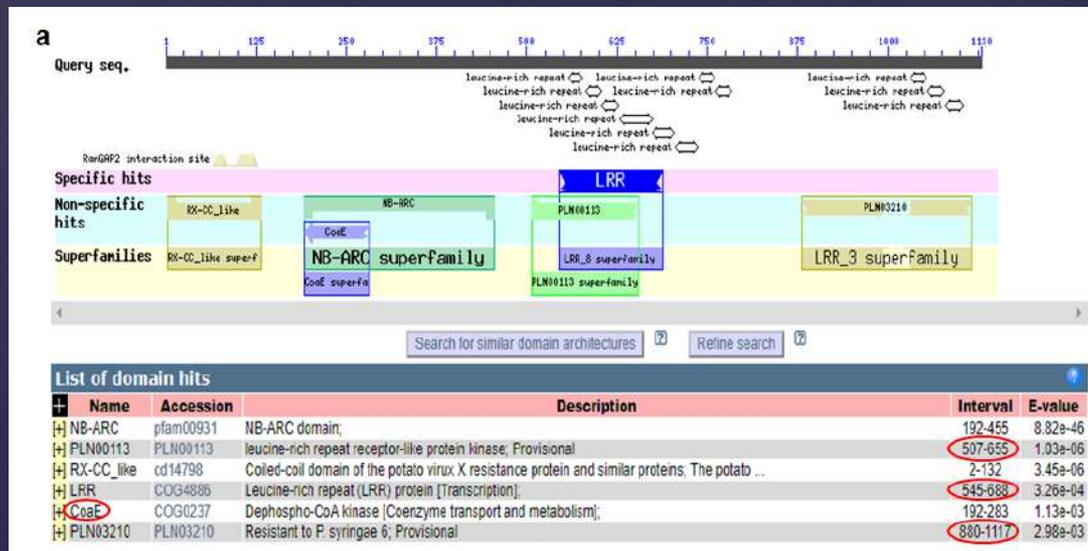
Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

- Identificación de interactoma
 - Identificación de las interacciones de interés
 - Validación de la interacción



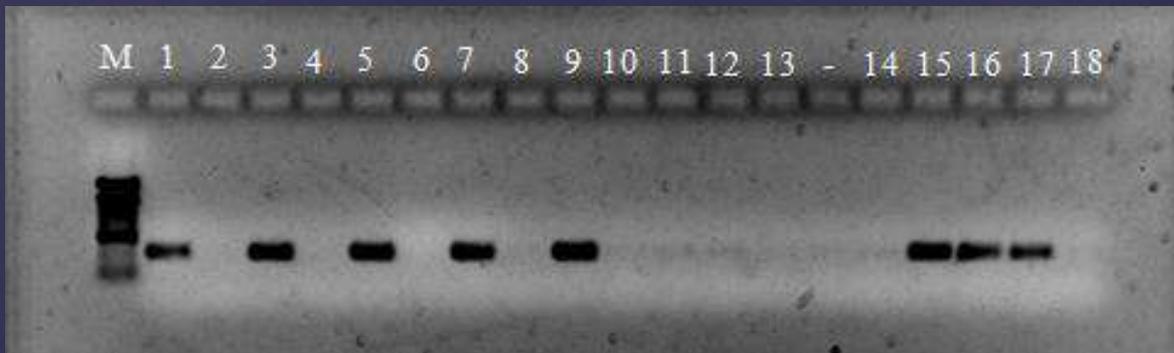
Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

- Identificación / caracterización de marcadores de resistencia del café a *H. vastatrix*
 - Análisis de expresión génica de candidatos
 - Clonación de los genes candidatos (biblioteca de café)



Metodología molecular: Interacción café-*H. vastatrix*

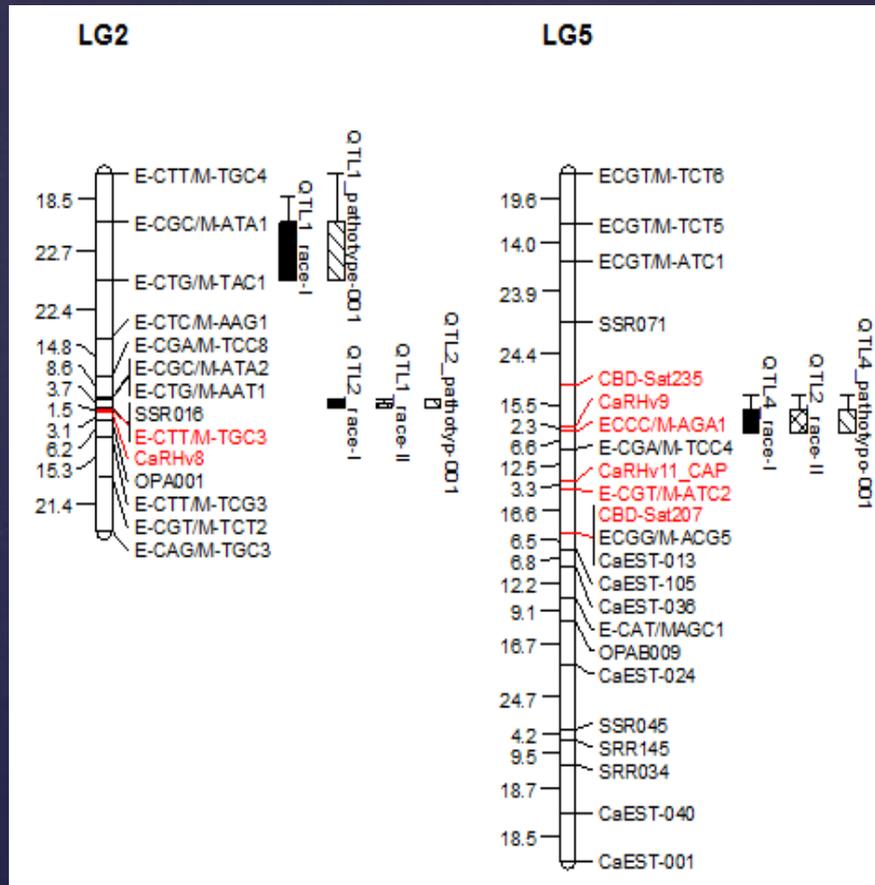
- Identificação/caracterização de marcadores de resistência do cafeeiro a *H. vastatrix*
 - Desenvolvimento e validação de marcadores



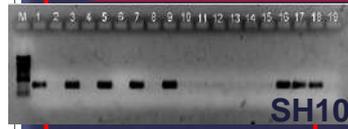
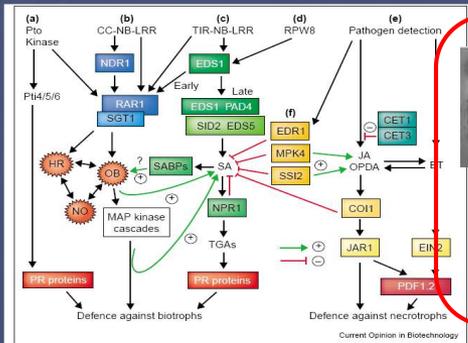
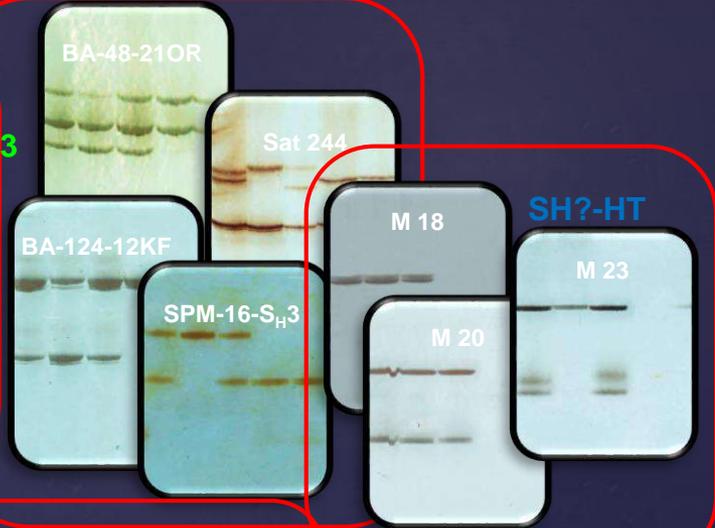
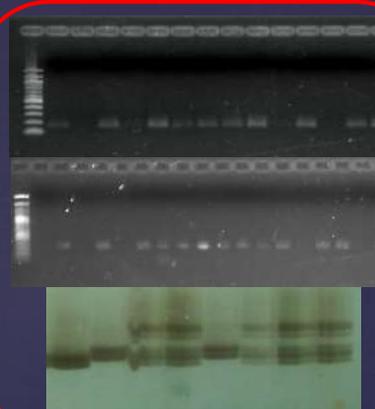
Metodologia molecular: Interação café-*H. vastatrix*

- Identificación y caracterización de marcadores de resistencia del café a *H. vastatrix*

- Clonación de QTL



Resistencia Durable



SH11



Muchas gracias

Eveline Teixeira Caixeta
eveline.caixeta@embrapa.br

