

IDENTIFICACIÓN DE CEPAS FISIOLÓGICAS DE *Hemileia vastatrix* EN EL ESTADO TÁCHIRA, VENEZUELA

Emma E. Ramírez Poletto¹, Dorian A. Rodríguez G.¹,
Laercio Zambolim² y Eduardo Granados³

RESUMEN

La roya del café, causada por el hongo biotrofo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., es considerada la principal enfermedad del cultivo. El hongo está ampliamente distribuido causando graves daños económicos en todas partes del mundo. Se realizó un estudio de las razas fisiológicas de *H. vastatrix* en 6 aislamientos de roya del café colectados de varios cultivares en el estado Táchira de Venezuela. Se obtuvieron aislamientos monopostulares sobre Catuai amarillo, los cuales fueron, posteriormente inoculados sobre Catuai rojo. Las esporas obtenidas de esta última fueron luego utilizadas para inocular discos de hojas de 32 clones diferenciadores. Luego de incubación, por hasta 60 días, se evaluaron los síntomas visuales aplicando la escala de Tamayo para severidad, los resultados fueron comparados con las razas determinadas hasta ahora. Se caracterizaron tres cepas: raza XXXIX (v2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ?) y dos patotipos Hv01ve (v1, 2, 4, 5, 7, 9, ?) y Hv02ve (v1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, ?). Este es el primer reporte de estas cepas en el país sobre *Coffea arabica*, lo que muestra el potencial evolutivo de *H. vastatrix*.

Palabras clave adicionales: Café, compatibilidad, patotipos, raza, roya

ABSTRACT

Identification of physiological strains of *Hemileia vastatrix* in Táchira State, Venezuela

Coffee rust, caused by the biotrophic fungus *Hemileia vastatrix* Berk & Br., is considered the main disease of the crop. This fungus is widely distributed in coffee-producing localities, causing serious economic damage in all parts of the world. A study of physiological races of *H. vastatrix* was conducted on 6 isolates collected in the state of Táchira, in Venezuela. Rust monopustules were obtained on 'Catuai amarillo' which were later inoculated on 'Catuai rojo'. Spores obtained from the latter cultivar were then used to inoculate leaf discs of 32 differential clones. After incubation for up to 60 days, visual symptoms were rated using Tamayo scale for disease severity. Results were compared with reported races. Three strains were characterized: race XXXIX (v2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ?) and two pathotypes Hv01ve (v1, 2, 4, 5, 7, 9, ?) and Hv02ve (v1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, ?). This is the first report of new races in the country on *Coffea Arabica*, which shows the evolutive potential of the coffee rust pathogen.

Additional keywords: Coffee, compatibility, pathotypes, race, rust

Editora asociada: Prof. María Elena Sanabria

INTRODUCCIÓN

La roya del café, causada por el hongo biotrofo *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome, es considerada la principal enfermedad del cultivo y está ampliamente distribuida, causando graves daños económicos en todas partes del mundo (Parada et al., 2020). El hongo es un parásito obligado que afecta las hojas de las especies del género *Coffea*, de las cuales *C. arabica* es el más atacado. *H. vastatrix* tiene las características de una especie con gran potencial evolutivo: una alta capacidad de mutación, capaz de dispersarse a largas distancias, con multiplicación asexual, pero

también, un posible tipo de reproducción sexual oculto en las esporas asexuales (Avelino y Rivas, 2013; Carvalho et al., 2011). Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen en la cara inferior de las hojas, por donde penetra el hongo, ocasionando pequeñas lesiones amarillentas que con el tiempo se vuelven coalescentes y producen las uredosporas con su color anaranjado característico (Avelino et al., 2023).

Los estudios sobre las razas fisiológicas de la roya del café datan desde 1932 cuando Mayne diferenció las razas 1 y 2, en 1939 identificó las razas 3 y 4; posteriormente, las razas 1, 2, 3 y 4 fueron reclasificadas como sinónimos de las razas

Recibido: Abril 26, 2024

Aceptado: Agosto 12, 2024

¹Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Postgrado de Agronomía. Barquisimeto, Venezuela. e-mail: emmaramirez@ucla.edu.ve (autor de correspondencia); dorianalcides@gmail.com

²Universidad Federal de Viçosa (UFV). Viçosa, Minas Gerais, Brasil. e-mail: laerciozambolim@gmail.com

³Universidad de Costa Rica. San José, C.R. e-mail: eduardogranados30@gmail.com

II(V_{1,5}), I(V_{2,5}), IX y VIII(V_{2,3,5}), respectivamente, (Solano, 2017). Más de 55 razas diferentes de roya provenientes del cultivo del café se han identificado en diversos países; los estudios de evolución e identificación de las nuevas razas tienen gran importancia debido a la aparición de razas hipervirulentas y aislamientos más agresivos en patógenos vegetales los cuales podrían amenazar la agricultura en todo el mundo (Zambolim y Teixeira, 2021; Silva et al., 2022).

Debido a la variabilidad fisiológica de *H. vastatrix*, las nuevas razas o las existentes son testadas por el patrón de infección en clones de cafetos diferenciadores. Gouveia et al (2005), indicaron que el número de series diferenciadoras existentes no es suficiente para la caracterización de algunos patotipos con un amplio espectro de virulencia, pudiendo evidenciar que en al menos 10 aislados no pudieron ser diferenciados por las plantas diferenciadoras proveniente del Centro Internacional del Ferrugen del Café (CICF) así como también detectaron razas desconocidas en varios países productores de café concordando esto con trabajo realizado por Zambolim y Teixeira (2021).

En Venezuela, se han descrito sólo las razas I y II (Silva et al., 1997), siendo esta última la más ampliamente distribuida. Considerando que no se han realizado otros estudios en el país desde 1997 y la pérdida de resistencia en cultivares comerciales de café, este estudio tuvo como objetivo identificar las razas fisiológicas actuales de *H. vastatrix* presentes en el estado Táchira

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de aislamientos monostulares

Se colectaron 13 muestras de esporas del hongo en Bramón (estado Táchira). La colecta de uredosporas fue realizada directamente en campo mediante raspado de las lesiones ubicadas en las hojas de la parte media de las plantas, utilizando un tubito plástico (pitillo o sorbete) de 3 cm de longitud el cual fue sellado una vez culminada la colecta (Figura 1a). Se colocaron en una bolsa con cierre hermético, se preservaron en refrigeración a 4 °C, y luego en un desecador que contenía una solución de ácido sulfúrico (densidad de 1,8 y concentración de 32,6 %), para mantener la humedad relativa alrededor del 50 %, siguiendo la metodología descrita por Deras et al. (2021). Se

mantuvieron bajo esas condiciones hasta su uso para la inoculación.

Para la obtención de cultivos monostulares cada muestra fue inoculada en plantas susceptibles Catuai amarillo IAC 64 (accesión UFV 2148-57), para lo cual se seleccionaron dos hojas jóvenes flexibles y suaves, denominadas “terciopelo” (Avelino y Rivas, 2013) de dos plantas por cada muestra. Se procedió a inocular con un pincel en toda la lámina foliar y posteriormente se asperjó la planta con agua destilada, se identificaron y cubrieron con bolsas plásticas para conservar la humedad por 72 h, en condiciones de oscuridad a 4 °C. Pasado el tiempo de incubación, se retiraron las bolsas y las hojas inoculadas fueron limpiadas con algodón humedecido para retirar las esporas que no hubiesen germinado y penetrado, evitando así cualquier contaminación posterior, manteniendo iguales las condiciones de luz y temperatura y realizando observaciones diarias. Para evitar la infección cruzada, las plántulas inoculadas se mantuvieron en compartimientos individuales dentro de las cámaras de incubación (Figura 1b).

Una vez esporulado el material, se realizó re-inoculación en plantas de cultivar Caturra rojo (CIFC 19/1 – código en el Centro Internacional del Ferrugen del Cafeeiro) (grupo fisiológico E, genotipo SH5), con las esporas colectadas de lesiones aisladas; las plantas fueron colocadas en condiciones de oscuridad por 72 horas con bolsa negra a 22 °C. Pasadas este tiempo, las bolsas fueron retiradas, las hojas inoculadas fueron limpiadas con algodón humedecido y se mantuvieron dentro de la cabina a 22 °C y fotoperiodo de 12/12 (luz fluorescente) para realizar las observaciones pertinentes.

Identificación de razas en plantas diferenciales. Para la verificación de la existencia de razas de Hv se realizaron inoculaciones de 32 clones diferenciales de café existentes en la Universidad Federal de Viçosa (UFV), utilizando el método del disco foliar con 72 horas en cámara oscura. Se colocaron 10 discos provenientes de hojas terciopelo en cajas plásticas de 11×11×3 cm, a las cuales se le colocó goma espuma para mantener la humedad, las mismas fueron identificadas con el código correspondiente a cada diferencial et alocaadas por, aproximadamente, 12 horas en oscuridad, previo a la inoculación para crear las condiciones en los discos de hoja

(Capucho et al., 2009). Se procedió a preparar una suspensión de 110 mg de esporas de *Hemileia vastatrix* en 100 mL de agua destilada estéril para una concentración de 5×10^5 uredosporas \cdot mL⁻¹, la concentración fue medida con cámara de

Neubauer; se dispensó sobre cada disco 20 μ l de la suspensión, para cada una de las muestras que esporularon (Figura 1c). Los discos dispuestos en las cajas plásticas se mantuvieron a 22 °C y fotoperiodo de 12/12 (luz fluorescente).



Figura 1. a) Secciones de pitillo o sorbete utilizado para la colecta de uredosporas. b) Cámara de incubación de plantas inoculadas. c) Inoculación de discos de hoja

Se realizó inspección visual y se estimó la severidad con la escala de Tamayo, utilizada por Coelho et al., 2020 (Cuadro 1). Se realizaron tres evaluaciones, en las que se midió la expresión fenotípica (ausencia o presencia de uredosporas) para la determinación de los genes de virulencia y genes de resistencia; toda expresión que refería el grado 4 de la escala se consideraba positiva para la determinación. La evaluación se inició tan pronto como aparecieron las primeras uredosporas en la superficie abaxial de los discos de hojas del control (Caturra Vermelho (CIFC 19/1). Las observaciones se realizaron semanalmente durante 4 semanas y el período total de evaluación fue aproximadamente de 50 a 60 días, tiempo suficiente para permitir el desarrollo de respuestas

totalmente compatibles en el complejo café-*H.vastatrix*. Los resultados se compararon con los datos reportados en la literatura para la identificación de las razas por Bettencourt (1981), Varzea y Marqués (2005) y Zambolim y Texeira (2021) (Cuadro 2).

Los genes de virulencia en el patógeno se infirieron de acuerdo con la teoría gen por gen de Flor modificada por el CIFC (Keith et al., 2023), luego, comparados con los resultados de Bethencourt (1981) y Zambolim y Texeira (2021) para determinar a qué raza pertenecían los aislamientos; en los casos en que no hubo posibilidad de designar la raza, se decidió designarla como un patotipo.

Cuadro 1.- Escala de evaluación de *Hemileia vastatrix* de Tamayo (Coelho et al., 2020)

Grado de infección	Descripción
1	Reacción Invisible
2	Manchas cloróticas pequeñas (1mm diámetro). Reacción de Hipersensibilidad sin uredosporas
3	Manchas cloróticas medianas (1-3 mm diámetro) Sin uredosporas
4	Manchas cloróticas medianas (1-3 mm diámetro) Pocas uredosporas < 25% de esporulación
5	Manchas cloróticas grandes (>3 mm diámetro) Presencia nítida de uredosporas. 25 -50% de esporulación
6	Manchas cloróticas grandes (>3 mm diámetro) Uredosporas abundantes >50% de esporulación

Cuadro 2. Identificación de Clones UFV, CIFIC, GF, SH y razas de *Hemileia*

UFV	CIFIC	GF	SH	Raza
1002	832/1	A	6,7,8,9,?	Ninguna
1003	832/2	A	6,7,8,9,?	Ninguna
1004	644/18	M	?	XIII
1005	635/2	γ	4	X, XIV, XV, XVI, XIX, XX, XXIII, XXIV, XXVI, XXVII, XXVIII, XXXV, XXXVI, XXXVIII, XXXIX
1006	635/3	W	1,4,5	X, XVI, XXIII, XXXVIII
1007	1006/10	L	1,2,5	XII, XVI, XVII, XXIII, XXXVIII, XL
1008	1343/269	R	6	XXII, XXV, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXXI, XXXII, XXXVII, XXXIX, XL
1009	4106	R	6	?
1010	134/4	I	1,4	X, XVI, XIX, XX, XXIII, XXVII, XXXVIII
1011	152/3	Y	2,4,5	XIV, XVI, XXIII, XXIV, XXVII, XXXV, XXXVI, XXXVIII, XXXIX
1012	HW17/12	O	1,2,4,5	XVI, XXIII, XXXVIII
1013	159/1		?	?
1014	110/5	J	4,5	X, XIV, XV, XVI, XXIII, XXIV, XXVI, XXVII
1015	33/1	C	3,5	VII, VIII, XII, XIV, XVI
1016	?		?	?
1017	420/10		5,6,7,9	XXIX, XXXVII, XXXIX
1018	87/1	C	1,5	III, X, XII, XVI, XVII, XXIII, XXXVIII, XL
1019	153/2	Z	1,3,5	XII, XVI
1020	128/2	α	1	III, X, XII, XVI, XVII, XIX, XX, XXIII, XXVII, XXXVIII, XL
1021	H419/20	3	5,6,9	XXIX, XXXI, XXXVII, XXXIX
1022	H147/1	T	2,3,4,5	XIV, XVI
1023	420/2	2	5,8	XXIX, XXX, XXXVI, XXXVIII, XLI, XLII
1024	?		?	?
1025	?		?	?
1026	7963/117		5,7,9	XXXIII
1028	263/1	β	?	VI, XIX, XX, XXI, XXVII, XXXII
1029	681/7	B	?	XX
1030	1621/13	P	?	XXI, XXXII
1031	31829/1	Q	?	?
1032	19/1	E	5	22 razas (II)

UFV: Universidad Federal de Vicosa, CIFIC: Centro Internacional de la Roca del Café, GF: Grupos fisiológicos H. vastatrix, SH: susceptibilidad a *Hemileia* (genes de resistencia) ? : No se conocen datos. Fuente: Bettencourt (1981), Pires et al., (2020), Zambolim y Texeira (2021)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Obtención de aislamientos monopostulares

De los 30 materiales que fueron inoculados para obtener aislamientos monopostulares, 13 fueron re-inoculados en cultivar Caturra (grupo

fisiológico E, genotipo SH5) evidenciándose síntomas, de los cuales solo 6 materiales esporularon. Quiroga (2021), al realizar algunas pruebas preliminares con aislamientos tomados de plantas de la variedad Caturra, reconoció la presencia de razas complejas lo cual indicó la

necesidad de determinar la virulencia de los aislamientos obtenidos sobre las plantas diferenciales afectadas por la roya. Las plantas que recibieron la cepa TcB2-16-20 mostraron los primeros síntomas de clorosis 10 días después de inoculadas (dpi) (período de incubación) y la emisión de esporas a los 18 dpi (período de latencia) (Figura 2). Tanto el período de incubación (tiempo transcurrido entre germinación de la espora y la aparición de los primeros síntomas) como el de latencia (tiempo entre la germinación de la espora y la emisión de nuevas esporas) fueron inferiores a los reportados

normalmente para *H. vastatrix*, los cuales son de 17 a 42 días (incubación) y 22 a 50 días (latencia), con temperaturas de 17 a 26 °C (SENASICA, 2022). El período de latencia representa la variable de mayor importancia en el ciclo de infección ya que cuanto más corto sea, más rápido podrá repetirse el ciclo y más grave será la epidemia (Villareyna, 2016), por lo que, dado el resultado obtenido en esta investigación con el aislamiento TcB2-16-20, podría esperarse la generación de una epidemia temprana, lo cual debe ser considerado

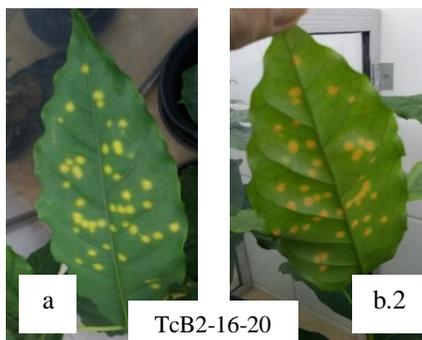


Figura 2. Lesiones en hojas de cultivar Caturra rojo inoculada con uredinosporas de *Hemileia vastatrix* cepa TcB2-16-20. a) lesiones en el haz de la hoja. b) lesiones esporuladas en el envés de la hoja

A los 25 dpi se evidenció síntomas en los siguientes materiales LrM2-1-2, LrM1-2-5, TcB2-8-14, TcB2-9-16, TcB2-6-18, TcB2-15-19, TcB2-11-21, TcB2-15-22, TcB2-13-23, TcB1-1-24, TcB1-5-25, TcB2-9-30, esporulando solo los materiales TcB2-8-14, TcB2-6-18, TcB2-15-19, TcB2-11-21 y TcB1-1-24 dentro de los tiempos reportados para esta etapa.

Identificación de razas en plantas diferenciadoras. Una vez que se obtuvo el patrón de respuesta de los aislamientos en la serie de clones diferenciadores, se infirió los genes de virulencia del patógeno, considerando que las interacciones compatibles eran indicativas de la presencia de factores de virulencia en *Hemileia vastatrix*. De los 31 clones diferenciadores utilizados para la caracterización de las razas, solo 24 mostraron una reacción compatible (Cuadro 3), evidenciándose que los clones que presentaron una mayor reacción a la inoculación de los aislamientos de *H. vastatrix* fueron: CIFIC 19/1 (Caturra rojo) (SH5), CIFIC 152/3 (SH2,4,5), CIFIC 159/1 (SH?), CIFIC

HW17/12 (SH1,2,4,5), CIFIC 110/5 (SH4,5), CIFIC 427/10 (SH5,6,7,9), CIFIC 7693/10 (SH5,7,9) CIFIC 849/1 (SH5), CIFIC 681/7 (SH?) lo que no descarta para la identificación a los clones con menor susceptibilidad CIFIC 644/18 (SH?), CIFIC 635/2 (SH4), CIFIC 1006/10 (SH1,2,5), CIFIC1343/269 (SH6), CIFIC 134/4 (SH1,4), CIFIC 87/1 (SH1,5), CIFIC 128/2 (SH1), CIFIC 419/20 (SH5,6,9), CIFIC 420/2 (SH5,8), UFV 1025 (SH?), UFV 1024 (SH?), CIFIC 263/1 (SH?), CIFIC 4106 (SH6), CIFIC 635/2 (SH4) CIFIC 635/3 (SH 1,4,5). Los resultados muestran que los genes de virulencia con mayor frecuencia en la interacción fueron v,2,4,5,7,9. Cabe destacar que SH se refiere a la susceptibilidad por *Hemileia vastatrix* (Avelino y Rivas, 2013). En resumen, se puede observar que el aislamiento TcB2-8-14 dio reacción compatible con 9 clones, el TcB2-6-18 con 11, TcB2-15-18 con 12, TcB2-8-14, y TcB2-16-20 con 14, TcB2-11-21 con 13 y TcB1-1-24 con 15 (Cuadro 3). La Figura 3 muestra la esporulación en clon diferenciador.

Cuadro 3. Patrón de respuesta de clones diferenciadores de razas de *H. vastatrix* (con sus respectivos genes de resistencia) a inoculación con aislados de *Hemileia vastatrix* colectados en dos localidades productoras de café en Venezuela

Aislamientos <i>H. vastatrix</i>	Genes de resistencia										
	?	4	1,4,5	1,2,5	6	6	1,4	2,4,5	1,2,4,5	?	4,5
	Clones diferenciadores										
	644/18	635/2	635/3	1006/10	1343/269	4106	134/4	152/3	HW17/12	159/1	110/5
TcB2-8-14	S							S	S	S	S
TcB2-6-18			S		S			S		S	S
TcB2-15-19					S			S	S	S	S
TcB2-16-20	S	S					S	S	S	S	S
TcB2-11-21		S	S	S		S		S	S		S
TcB1-1-24	S	S	S	S			S	S	S	S	S

... Cuadro 3. (continuación)

Aislamientos <i>H. vastatrix</i>	Genes de resistencia										
	5,6,7,9	1,5	1	5,6,9	5,8	?	5.7.9	5	?	?	5
	Clones diferenciadores										
	420/10	87/1	128/2	H419/20	420/2	?	7963/117	849/1	263/1	681/7	19/1
TcB2-8-14							S	S		S	S
TcB2-6-18	S						S	S	S	S	S
TcB2-15-19	S			S		S	S	S		S	S
TcB2-16-20	S			S	S	S	S	S	S		S
TcB2-11-21	S	S	S					S	S		S
TcB1-1-24	S		S			S		S		S	S

Celda en blanco = interacción incompatible

S = interacción compatible

Fuente: Bettencourt, (1981)

Designación de razas fisiológicas de *H. vastatrix*

De los resultados obtenidos, al comparar con la tabla de Bettencourt (1981) (Cuadro 4), se pudo observar que el aislamiento TcB2-8-14 cuyos genes de virulencia fueron v1,2,4,5,7,9,? no identifica a una raza conocida por lo que se denomina patotipo I, así mismo, TcB2-6-18, TcB2-15-19, TcB2-11-21 y TcB1-1-24, se clasificaron dentro de la secuencia de genes de virulencia v1,2,4,5,6,7,9,?, tampoco reconocido como raza por lo que se denominó patotipo II; y el aislamiento TcB2-16-20, cuya secuencia de

genes de virulencia fue v2,4,5,6,7,8,9,?, reportados como la raza XXXIX por Varzea y Marqués (2005) y Zambolim y Texeira (2021) de muestras procedente de la India, estos autores indicaron que tiene un amplio espectro por poseer 7 genes de virulencia. Zambolim y Texeira (2021) señalaron que esta raza se asocia a los clones diferenciadores 635/2,63/1, 1343/269, 152/3, 419/20, 420/10,535/10, 537/18, 440/7,635/2,110/5, coincidiendo 7 de esos clones con los resultados obtenidos en el presente ensayo.

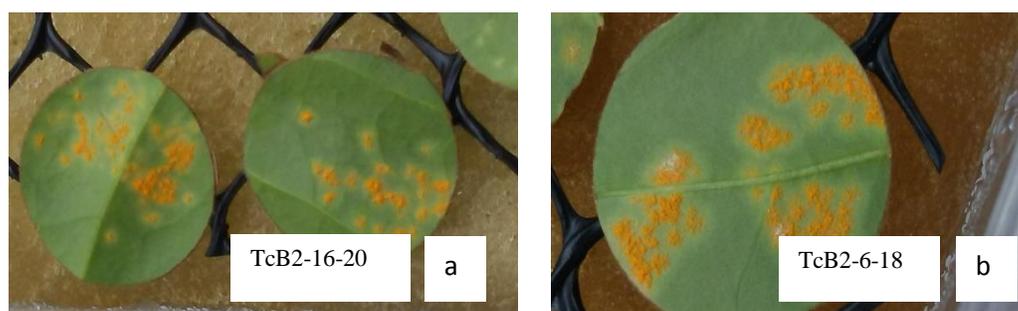


Figura 3. Esporulación en discos de láminas foliares de café inoculados con cepas venezolanas de *Hemileia vastatrix*. a) cepa TcB2-16-20; b) cepa TcB2-6-18

Cuadro 4. Genes de virulencia identificados en cepas de *H. vastratrix* aisladas de cultivares de café en el estado Táchira, Venezuela, y denominación de raza y patotipos encontrados

Cepas de <i>H. vastatrix</i> en estudio	Cultivar de café de donde se colectó el aislamiento	Genes de virulencia (v) presentes e inferidos	Razas o patotipos identificados
TcB2-8-14	Línea 5 INIA 01	1,2,4,5,7,9,? "c"	Hv01ve
TcB2-6-18	Línea 3 INIA 01	1,2,4,5,6,7,9,?, "a"	Hv02ve
TcB2-15-19	Maddang T99214	1,2,4,5,6,7,9,?	Hv02ve
TcB2-16-20	Delecho Ethiope	2,4,5,6,7,8,9,?	XXXIX
TcB2-11-21	Arausi	1,2,4,5,6,7,9,?, "b", "d", "e"	Hv02ve
TcB1-1-24	Catuai amarillo	1,2,4,5,6,7,9,?, "d"	Hv02ve

Letras en color rojo indican los genes inferidos; estos genes deben ser verificados para poder indicar y confirmar nuevos patotipos

Cabe destacar que en la revisión realizada a material bibliográfico publicado a la fecha no se encontró información sobre las secuencias de genes de virulencia v1,2,4,5,7,9,? y v1,2,4,5,6,7,9,?, por lo que puede inferirse que son patotipos propios de Venezuela, de ahí que se propone denominarlos Hv01ve (1,2,4,5,7,9,?) y Hv02ve (1,2,4,5,6,7,9,?). Ambas cepas, conjuntamente con la raza XXXIX

(2,4,5,6,7,8,9,?), se ubicaron en el Jardín No. 2 del banco de germoplasma y lotes de producción del INIA Táchira (Cuadro 4), a 1110 msnm y en las coordenadas 07° 39' 7.1" de latitud norte y 72° 23' 58.5" de longitud oeste. Se considera éste el primer reporte de estas cepas en Venezuela. Según L. Zambolim, de la UFV, Brasil (datos no publicados), existen otros aislamientos que tampoco pudieron ser identificados por las series

diferenciadoras del CIFC, por lo que los llaman patotipos de forma aislada, al no ser posible clasificarlos en razas.

Los resultados también sugieren la presencia de posibles nuevos genes de resistencia en clones de la serie de diferenciadores de raza de *H. vastatrix* (Cuadro 4), coincidiendo con los resultados de Deras et al. 2021, quienes también identificaron posibles nuevos genes de resistencia. Dichos genes fueron inferidos cuando los aislados portadores de genes de virulencia que deberían suplantar a los de resistencia correspondientes en los clones diferenciadores, no fueron capaces de inducir síntomas de la enfermedad en los mismos; tal es el caso del aislamiento TcB2-6-18 que fue el único que no dio una reacción de compatibilidad positiva con el clon CIFC HW17/12 (v1,2,4,5) por lo que puede inferirse la presencia de un nuevo gen de resistencia al cual se denominará “a”. Así mismo, la cepa TcB2-11-21 también fue la única que no dio una reacción de compatibilidad positiva con el clon CIFC 159/1 (v?) por lo que puede, a su vez, inferirse la presencia de un nuevo gen de resistencia al cual se denominó “b”.

La cepa TcB2-8-14 no indujo reacción en el clon 420/10, infiriéndose el gen “c”. Por otro lado, las cepas TcB-11-21 y TcB1-1-24 frente al clon CIFC7963/117 (v5,7,9) no mostraron reacción compatible, por lo que pudo inferirse que éstos poseen un gen de resistencia que no ha sido identificado y el cual denominamos “d”. Así mismo, se inferiría el gen “e” al no observarse reacción de la cepa TcB2-11-21 frente al clon 681/7 (v?), lo que indicó que esta última cepa inferiría tres nuevos genes en los clones diferenciadores. En total se infirieron cinco nuevos genes de resistencia que necesitarían ser verificados para poder confirmar los nuevos patotipos

Silva et al. (1997) identificaron las razas I y II presentes en Venezuela, pero a partir de esa fecha no se realizaron más trabajos sobre identificación de razas por lo que los tres nuevos materiales genéticos de *Hemileia vastatrix* pueden ser de vital importancia para el programa de mejoramiento genético del café del INIA Táchira y los productores.

CONCLUSIONES

Se caracterizaron tres cepas: raza XXXIX (v2,4,5,6,7,8,9,?) y dos patotipos: Hv01ve (v1,2,4,5,7,9,?) y Hv02ve (v1,2,4,5,6,7,9,?). Este es el primer reporte de estas cepas en Venezuela (estado Táchira) sobre *Coffea arabica*, lo que muestra el potencial evolutivo de *H. vastatrix*.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo del INIA Táchira: Ing. Yenny Acevedo, Ing. Nubia Sandoval, Ing. Leonardo León, Ing. Gladys Villamizar e Ing. Rumairin Vega, por su valiosa colaboración en la consecución del objetivo planteado.

Al personal de BIOCAFE por el apoyo prestado en la realización del ensayo en la Universidad Federal de Viçosa, Brasil.

Al Ing. Dennys Gómez por el apoyo técnico brindado en la primera etapa de la investigación.

Al Ing. MSc. Heberth Niño por el financiamiento parcial y el apoyo técnico brindado para la consecución de esta investigación.

LITERATURA CITADA

1. Avelino J. y G. Rivas. 2013. La roya anaranjada del cafeto. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036>.
2. Avelino J., S. Gagliardi, † I. Perfecto, M.E. Isaac, Th. Liebig, J. Vandermeer et al. 2023. Tree Effects on Coffee Leaf Rust at Field and Landscape Scales. *Plant Disease* 107: 247-261.
3. Bettencourt, A. 1981. Transferência de fatores de resistência a *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. para as principais cultivares de *Coffea arabica* L. Oeiras. Junta de Investigações Científicas do Ultramar. Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro. Lisboa. <https://catalogue.nla.gov.au/catalog/884470>
4. Capucho, A., E. Teixeira, E. Zambolim y L. Zambolim. 2009. Herança da resistência do Híbrido de Timor UFV 443-03 à ferrugem do-cafeeiro. *Pesq. Agropec. Bras. (Brasília)* 44(3): 276-282.

5. Carvalho, C., R. Fernandes, G. Almeida, R. Barreto y H. Evans. 2011. Cryptosexuality and the Genetic Diversity Paradox in Coffee Rust, *Hemileia vastatrix*. Plos One. www.plosone.org. 6(11): 1-7
6. Coelho de Sousa, I., M. Nascimento, G. Nunes, A. Campana, C. Damião, F. Fonseca et al. 2020. Genomic prediction of leaf rust resistance to Arabica coffee using machine learning algorithms. Sci. Agric. 78(4): e20200021.
7. Deras, M., L. Zambolim y D. Ferreira. 2021. Nuevos patotipos de *Hemileia vastatrix* identificados en el cultivo del café en Honduras. URL: <https://wikicafe.promecafe.net/>
8. Gouveia, M., A. Ribeiro, V. Varzea, y C. Rodrigues. 2005. Genetic diversity in *Hemileia vastatrix* based on RAPD markers. Mycologia 97(2): 396–404.
9. Keith, L., T. Matsumoto, L.S. Sugiyama, M. Fukada, Ch. Nagai, A. Paula Pereira et al. 2023. First Report of the Physiological Race XXIV of *Hemileia vastatrix* (Coffee Leaf Rust) in Hawaii. Plant Disease 107(2528).
10. Parada-Molina, P.C, C.R. Cerdán, G. Ortiz-Ceballos, V.L. Barradas-Miranda y J. Cervantes-Pérez. 2020. *Hemileia vastatrix*: una prospección ante el cambio climático. Ecosist. Recur. Agropec. 7(3): e2507
11. Pires de Almeida, D., I. Lima Castro, T. de Oliveira Mendes, D. Rodrigues Alves, G. Dugassa, P. R. Marques Barreiros et al. 2020. Receptor-Like Kinase (RLK) as a candidate gene conferring resistance to *Hemileia vastatrix* in coffee. Scientia Agricola 78(6): e20200023.
12. Quiroga-Cardona, J. 2021. La resistencia incompleta del café a la roya: una revisión. Revista Cenicafé, 72(2).
13. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). 2022. Sistema de monitoreo de la roya del cafeto. <https://n9.cl/c2hiq>
14. Silva, M., L. Guerra-Guimarães, I. Diniz, A. Loureiro, H. Azinheira, A.P. Pereira et al. 2022. An Overview of the Mechanisms Involved in Coffee-*Hemileia vastatrix* Interactions: Plant and Pathogen Perspectives. Agronomy 12(12020326).
15. Silva-Acuña, R, L. Zambolim y E. Pérez Nieto. 1997. Identificación de razas fisiológicas de la roya del cafeto en el estado Táchira, Venezuela. Bioagro 9(3): 95-98.
16. Solano, R. 2017. Situación actual de las razas fisiológicas de la roya (*Hemileia vastatrix*) del cafeto y un nuevo sistema de nomenclatura. Suplemento de la Revista Mexicana de Fitopatología. 35: 28-31
17. Varzea, V. y D. Marqués. 2005. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. In: Zambolim, L.; E. Zambolim, V. Várzea. Durable resistance to coffee leaf rust. UFV, Viçosa, MG, Brazil. pp. 53-74.
18. Villareyna, A. 2016. Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del cafeto. Reporte Técnico. Researchgate pp: 36.
19. Zambolim, L. y E. Texeira. 2021. An overview of physiological specialization of coffee leaf rust – new designation of pathotypes. International Journal of Current Research 13(1): 15479-15490.

