

Roya del Cafeto

I. Ficha Técnica

La enfermedad de los cafetos conocida como “roya”, es ocasionada por el patógeno identificado como *Hemileia vastatrix* por el micólogo Británico Miles Joseph Berkeley en 1869. Se presume que el origen de este patógeno ocurrió en las montañas de Etiopía y Uganda, en el noroeste de África, desde donde se diseminó a otras áreas del continente africano y asiático.

La roya del cafeto tomó un especial interés en la caficultura mundial cuando en Ceilán, una isla asiática conocida actualmente como Sri Lanka y principal productor de café de la época, esta enfermedad devastó extensas aéreas cultivadas de café a partir del año de 1869; ampliando su devastación a cafetales en Indonesia y Filipinas pocos años después.

Esta enfermedad de las hojas de los cafetos, invadió las regiones cafetaleras del continente Americano a partir de 1970. Al final todos los países caficultores de Centro y Sur América implementaban programas para su control. En Costa Rica, la roya del cafeto se detectó en diciembre del año de 1983, en Venecia de San Carlos. Un año después se había diseminado por gran parte de la caficultura nacional. Para ese momento el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) estaban preparados para hacer frente a la enfermedad. Años antes, el ICAFE implementó un programa de capacitación al sector cafetalero, para alertar en la detección y recomendar la implementación de un paquete tecnológico de alto rendimiento, junto a una estrategia de “manejo integrado de la roya”, basado en la utilización de densidades y distancias de siembra adecuadas para las variedades de porte bajo, manejo adecuado de la sombra en los cafetales, adecuada fertilización y la utilización de fungicidas de contacto y sistémicos asperjados al follaje para prevenir y curar la enfermedad; evitando de este modo el daño económico.

Durante los 29 años que se ha convivido con la roya del cafeto en nuestro país, los niveles de infección de esta enfermedad se mantuvieron en rangos no perjudiciales para los caficultores que implementan el paquete técnico recomendado por el ICAFE. A pesar de ello, durante este tiempo fue posible encontrar regiones cafetaleras de nuestro país, donde surgían problemas causados por esta enfermedad, principalmente por la costumbre de observar a la roya del cafeto como una enfermedad más, restándole en muchos casos importancia y atención.

Recientemente en el año 2012, se sufrió un aumento inusual de la incidencia de la roya del cafeto en todas las zonas cafetaleras de Costa Rica, considerando por ello el desarrollo de la roya del cafeto con carácter de epifitias. Una situación similar ocurrió igualmente en otras zonas cafetaleras de la región Centroamericana, el Caribe, México y Perú, denotando la influencia de una variación climática favorables para el hongo de cobertura regional.

Los cambios en el comportamiento habitual de las enfermedades de los cultivos, son influenciados en muchos casos por las variaciones de tipo económica, social y ambiental que causan cambios en la vulnerabilidad de las plantaciones o bien en la agresividad de la población del patógeno. Para el caso de la roya del cafeto, cambios paulatinos en la atención de los cafetales pueden aumentar la vulnerabilidad de estos al ataque de las enfermedades que afectan al cultivo. Las variaciones climáticas por su parte, pueden causar alteraciones en la población de los patógenos que propician una mayor capacidad infectiva. En este último caso, la mayor prevalencia de un rango de temperaturas que oscilen entre los 17° y 27 °C y una mayor cantidad de horas donde persista una lamina de agua en la hoja del cafeto, son factores fundamentales que permiten que el patógeno *Hemileia vastatrix* pueda completar sus ciclo biológicos de germinación, colonización y formación de sus estructuras de reproducción y diseminación en un menor tiempo, propiciando con ello el desarrollo de epifitias no esperadas.

Para el caso de Costa Rica, los cambios en el patrón habitual de las lluvias, principalmente las condiciones que favorecen mayor tiempo de permanencia de una lámina de agua sobre las hojas, y las pequeñas variaciones en los rangos de temperaturas máximas y mínimas dadas durante al año 2012, favorecieron la permanencia de mayor cantidad de horas con condiciones favorables para el desarrollo de las infecciones por *Hemileia vastatrix*.

Por otra parte, la percepción del caficultor de que un clima menos lluvioso no favorece el desarrollo de enfermedades foliares, propició que el caficultor bajará la atención fitosanitaria en general de las plantaciones.

La interacción de los factores abióticos (variación climática) junto a los de índole biótica (vulnerabilidad de cafetos y capacidad infectiva del patógeno), favorecieron un ataque inusual de la roya del café en Costa Rica con el siguiente grado de afectación para la caficultura durante el periodo productivo 2012-2013.

Cuadro 1. Daño estimado causado por la roya del café en Costa Rica, actualizado febrero del 2013

Regional	Área afectada (Has)				Pérdida cosecha (fanegas)	Necesidades poda 2013 (hectáreas)	Área estimada por renovar (has)
	Severa	Moderada	Leve	Total			
Coto Brus	3.937	3.221	1.790	8.948	68.000	3.937	2.000
Turrialba	393	490	1.568	2.450	2.683	275	118
Valle Central	910	2.475	3.860	7.245	7.916	600	10
Valle Occidental	1.360	16.660	5.049	23.069	--	1.360	136
Zona Norte	120	190	980	1.290	--	120	12
Los Santos	2.497	735	386	3.618	2.677	500	100
Pérez Zeledón	6.686	5.263	1.870	13.821	15.263	7.000	2.764,20
Totales	15.903	29.034	15.503	60.441	96.539	13.792	5.140,20

II.- ASPECTOS SOBRE LA ROYA

A. La Roya

Uno de los patógenos más temidos para los productores de café es *Hemileia vastatrix* Berk. y fr. (Uredinales) o el hongo roya. La primera documentación de este agente apareció en 1861. En 1869 el hongo apareció en Ceilán (hoy Sri Lanka) y en diez años devastó la industria del café. En los años posteriores la *H. vastatrix* ha aparecido en todas las regiones productoras de café, excepto Hawaii. Este hongo es en gran parte responsable de la modernización de las plantaciones de café en América del Sur.¹

La roya del cafeto apareció en Costa Rica en diciembre de 1983 en la zona de San Carlos. La enfermedad era esperada por la caficultura nacional desde 1976, fecha en que apareció en el Departamento de Carazo en Nicaragua. Paradójicamente, a pesar de que la enfermedad se encontraba a 80 km de nuestra frontera, el hongo se diseminó al norte de Nicaragua, en los otros países de Centroamérica y México. Problemas políticos de la región facilitaron la diseminación del patógeno durante la década de 1980.²

En la década de los años ochenta, en la región, ante el avance de la enfermedad, se realizó una capacitación masiva en todos los niveles. Se capacitaron los investigadores, extensionistas del cultivo y principalmente los agricultores.

En la década de los noventa, el programa de Mejoramiento Genético del Instituto del Café de Costa Rica (Icafé) liberó la variedad de cafeto CR-95 resistente a *Hemileia vastatrix*. También se investigaron los fungicidas para el combate del hongo en sus grupos químicos, sus modos de acción, sus dosis y sus épocas de aplicación, pero la caficultura regional entró en la zona del conformismo.

La roya del café se caracteriza por lesiones de color amarillo-naranja en polvo en la superficie abaxial de las hojas donde se ataca a través de los estomas, que rara vez ocurre en los tallos o frutos. Todos los genotipos de café son susceptibles a un cierto grado, aunque cultivares tales como el híbrido de Timor exhiben una alta resistencia. Deterioro de la fotosíntesis, la defoliación prematura y la iniciación floral reducida constituyen la mayor parte del daño. Esta capacidad fotosintética reducida y el disipador de hidratos de carbono pesado creado por frutas limitan el crecimiento del tejido leñoso que da lugar a la cosecha de la temporada que viene. Por lo tanto, la cosecha de la temporada siguiente se reduce. De hecho, las pérdidas debidas a la roya pueden llegar a 70%.

Al hongo de la roya no le gustan los excesos de agua; precisa de una tenue capa de agua para germinar, penetrar a través de los estomas y en condiciones ambientales favorables en un mes se obtiene una nueva generación de uredosporas, ciclo que se repite durante varias veces al año.

Otro aspecto a considerar es que mucha de nuestra caficultura se hizo vieja, y las plantaciones no muestran el suficiente vigor fisiológico para contrarrestar los ataques masivos del patógeno

Se ha descubierto que las hojas más viejas son relativamente resistentes al patógeno. En concreto, se observaron menos apresorios y una menor densidad de uredosorus en las hojas viejas. La temperatura también influye en el *H. vastatrix* en la medida en que la germinación de uredosporas normal de infección y otros procesos sólo se producen entre 15-30 C^o.³ También se demostró que la temperatura media mínima está directamente relacionado con la gravedad de la infección. Además, como el número de días por debajo de los 15 C^o aumenta, la gravedad de la infección va hacia abajo.

¹ Brown, J; Kenny, M; Whan, J and Merriman P. The effect of temperature on the development of epidemics of coffee leaf rust in Papua New Guinea. *Crop Protection*. 14(8): 671-676.

² Bernardo Mora Brenes. Fitopatólogo-Epidemiólogo, exdirector del INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria), MAG

³ Brown, J; Whan, J; Kenny, M and Merriman P. 1995. The effect of coffee leaf rust on foliation and yield of coffee in Papua New Guinea. *Crop Protection*. 14(7): 589-592.

El ciclo de vida de *H. vastatrix* asemeja a la de otras royas, a pesar de que pasa a través de menos etapas que el familiar *Puccinia graminis*. La germinación se produce dentro de 5 horas de inoculación entre 21-29 C° en la presencia de agua libre. Contrariamente a las expectativas basadas en su hábitat tropical, *H. vastatrix* produce teliosporas. Las condiciones secas y frías parecen ser necesarios para la formación de teliosporas y pico de producción urediosorus⁴

El control de *H. vastatrix* es una tarea de enormes proporciones, los productos químicos, tales como propiconazol, tridimenol, tridemfon y oxiclورو de cobre son sólo parcialmente eficaces. Entre ellos, el cobre que contiene fungicidas como oxiclورو de cobre son los más eficaces y ampliamente utilizados. Alta solubilidad, variabilidad, en el destino, la incapacidad de las plagas a desarrollar resistencia, adherencia mayor a las hojas (lo que permite un menor número de aplicaciones) y la capacidad de servir como suplementos nutritivos de los cuenta otras propiedades de la utilidad excepcional de este complejo metálico.

B. Cambio climático y Roya

Según datos de la FAO, las plagas, los patógenos y las malezas causan la pérdida de más del 40% del suministro mundial de alimentos. Además, los cambios en la lluvia, la temperatura y la humedad relativa que tenderán a acrecentarse con el cambio climático, pueden contaminar fácilmente alimentos como el maíz, el arroz y el café.⁵

Precisamente, la producción cafetalera de Centroamérica se encuentra actualmente amenazada por el hongo de la roya, que debilita las plantas y provoca que el fruto del café se caiga antes de su maduración. Este hongo no es nuevo; sin embargo, periodos más secos y con temperaturas más altas crean el ambiente perfecto para la proliferación del mismo.⁶

Tal afirmación se sustenta con datos del Icafe que ilustran los datos de temperatura (figura 1), y cantidad de agua llovida (figura 2) en las diferentes zonas cafeteras del país.

4 Hillocks, R; Phiri, N and Overfield D. 1999. Coffee pest and disease management options for smallholders in Malawi. *Crop Protection*. 18: 199-206. Ferreira, S and Boley, R. "Hemileia vastatrix".

5 Periódico el Financiero <http://www.elfinancierocr.com/blogs/sostenible/roya-cafe-cambio-climatico-7-230446954.html>

6 Idem.

Figura Nº. 1 Registros de temperatura.

Registros de Temperatura

Comparativo de registro varios periodos

Región	Ubicación	Temperatura Promedio (°C) (varios años)	Temperatura 2012 (°C)	Diferencia (°C)
Coto Brus	Sabalito	20,4	20,5	0,1
Coto Brus	San Vito	21,2	21,4	0,2
Pérez Zeledón	San Isidro	21,9	22,0	0,1
Pérez Zeledón	Pejibaye	22,6	23,1	0,5
Los Santos	Carrizal	17,8	17,7	-0,1
Los Santos	San Carlos, Tarrazú	18,3	18,4	0,1
Los Santos	Frailles	17,5	17,4	-0,1
Valle Central	Poas	18,6	19,0	0,4
Valle Central	Barva	20,5	20,7	0,2
Valle Occidental	Naranjo	20,5	20,6	0,1
Valle Occidental	San Ramón	21,0	21,4	0,4
Valle Occidental	Atenas	20,8	21,8	1,0
Turrialba	Turrialba	22,1	21,9	-0,2
Turrialba	Orosi	20,5	21,1	0,6
		20,3	20,5	0,2

Figura Nº. 2 Registros de precipitación

Registros de Precipitación

Comparativo de registro varios periodos

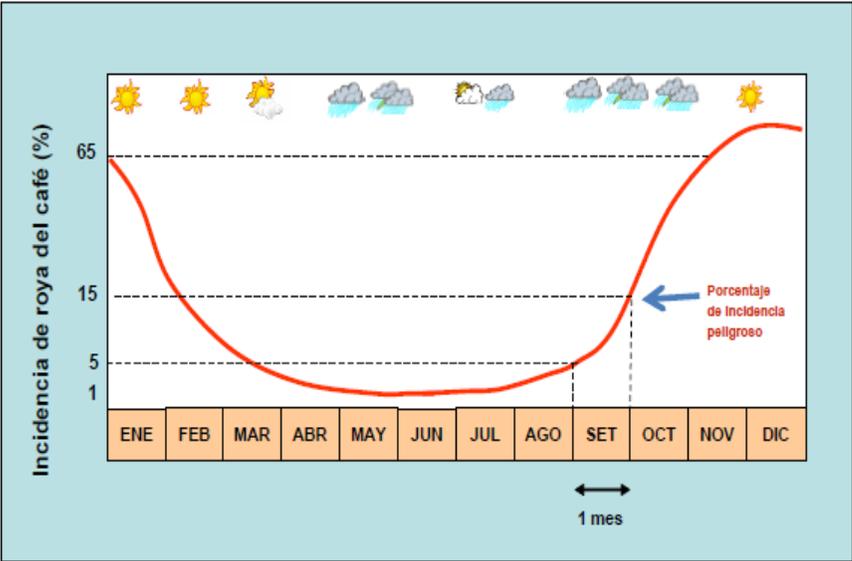
Región	Ubicación	Lluvia Promedio (mm)	Lluvia acumulada 2012 (mm)	Diferencia (mm)
Coto Brus	Sabalito	3184	2853	-331
Coto Brus	San Vito	3410	2033	-1377
Pérez Zeledón	San Isidro	3106	3055	-51
Pérez Zeledón	Pejibaye	2307	1614	-693
Los Santos	Carrizal	3235	1884	-1351
Los Santos	San Carlos, Tarrazú	2185	2171	-14
Los Santos	Frailles	2243	1597	-646
Valle Central	Poas	3410	2498	-912
Valle Central	Barva	2529	2009	-520
Valle Occidental	Naranjo	2247	1730	-517
Valle Occidental	San Ramón	2008	1389	-619
Valle Occidental	Atenas	1861	1339	-522
Turrialba	Turrialba	2253	1914	-339
Turrialba	Orosi	2272	2550	278
		2589	2045	-544

Como se observa, el año 2012 mostró variaciones de temperatura y una disminución en la cantidad de agua llovida, condiciones juntas que favorecen la proliferación del hongo de la roya.

Asimismo, durante ese año también se presentó curva epidemiológica de la roya (figura 3), la cual coincide con el comportamiento de la lluvia y la temperatura durante el 2012.

Figura No. 3 Curva epidemiológica

Curva epidemiológica típica de la Roya en Costa Rica



C. Agroquímicos

La aplicación de fungicidas ha sido una de las herramientas más usadas en el combate de la roya, sin embargo, también produce efectos secundarios para las personas y el ambiente, tal como se aprecia en el cuadro siguiente:

Cuadro Nº 1 Agroquímicos para el combate de la Roya

Producto	Riesgo
Difolatan	Efectos tetarogénicos en seres humanos y animales ⁷
Daconil	DACONIL es extremadamente tóxico para peces. Evitar que el producto entre en contacto con ambientes acuáticos. Dejar una zona o franja de seguridad de no menos de 50 metros entre el área a tratar y el agua libre en superficie cercana. No contaminar el agua de riego, ni tampoco receptáculos como lagos, lagunas o diques. No contaminar fuentes de agua cuando se elimine el líquido de limpieza de los equipos de pulverización y asperjar el caldo remanente sobre campo arado o camino de tierra. DACONIL ® 72 F es prácticamente no tóxico para aves y virtualmente no tóxico para abejas. No contaminar alimentos, forrajes, ni cursos de agua. Evitar la deriva durante las aplicaciones ⁸ .
Bayleton	Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. ⁹
Atemi	Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. ¹⁰
Amistar	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático. ¹¹
Caporal	Tóxico para peces. No contamine ríos, lagos y estanques con este producto o con envases o empaques vacíos. ¹²
Propicon	Tóxico para peces y crustáceos, no contamine ríos, lagos y estanques con este producto o con envases o empaques vacíos. ¹³

D. Mejoramiento genético

La utilización de variedades resistentes a la roya del café (Hemileia vastatrix Berk & Br.) se plantea como una de las mejores alternativas para hacerle frente a dicha enfermedad. El control químico, además de presentar un constante incremento en sus costos (insumos y mano de obra); puede ocasionar un desequilibrio biológico, atribuido a las constantes aplicaciones de cobre.

Se conocen dos líneas básicas en el mejoramiento del café para resistencia a roya: la primera, consiste en la selección directa de las fuentes de resistencia y luego, la posibilidad de transferir la resistencia de esas fuentes para las variedades tradicionales de Arábica.

D.1.- Origen de la Resistencia Genética

La resistencia a la roya (Hemileia vastatrix) está condicionada por una serie de factores genéticos dominantes denominados SH1, SH2, SH3, SH4, SH5, SH6, SH7, SH8, SH9; cada uno de ellos, en forma simple o asociados, originan los grupos fisiológicos de resistencia. Por ejemplo, los factores genéticos

⁷ Ficha técnica http://plagbol.org.bo/prensa/blog/2008/03/11/los_plaguicidas_y_sus_efectos_teratogenicos

⁸ Ficha técnica Syngenta Protecao de Cultivos Ltda., Brasil.

⁹ Ficha técnica <http://www.proteccionambiental.com.ar/pdfseg%5CBAYLETON.pdf>

¹⁰ Ficha técnica <http://www.syngenta.com/country/es/sp/Documents/fds/ATEMI10WG.pdf>

¹¹ Ficha técnica <http://www.syngenta.com/country/es/sp/Documents/fds/AMISTARXTRA.pdf>

¹² Ficha técnica http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=163&id_prod=15

¹³ http://www.bioquimcr.com/ficha_productos.php?id=44

SH1—SH5 originan el grupo fisiológico C — Tipo CIFC 87/1 (Geisha) que es caracterizado por plantas que presentan resistencia a 18 razas y susceptibilidad a 7 de ellas; la combinación: SH2-SH5, formará el grupo fisiológico D — (variedades o selecciones de Kent)' y así; hasta formar más de 30 grupos que se designan por las letras del alfabeto y por números arábigos.¹⁴

El grupo fisiológico de mayor importancia es el grupo "A" y los grupos: 1, 2, 3 ya que éstos presentan una resistencia casi total a las razas del hongo, acompañados de una riqueza de factores de resistencia que pueden en cierto grado, ofrecer una plasticidad de las plantas hacia posibles mutaciones del hongo.

Los factores genéticos de resistencia provienen de tres especies importantes del género: *Coffea*. C. arábica aportó los factores SH1, SH2, SH4, SH5; C. libérica, el factor SH3 y C. canéphora, los factores SH6, SH7, SH8, SH9.

D.2.- Genotipos de Virulencia

Existen 32 razas de roya, las cuales son producto de las combinaciones de factores simples de virulencia en forma recesiva.¹⁵

Los factores simples son: v1, v2, v3, v4, v5, v6, v7, v8, v9. El factor de virulencia "v5" originará la raza II. La combinación de los factores: v2-v5 formará la raza I de igual manera la asociación de factores V2-V5 conforman la raza III.¹⁶

A nivel mundial, los países productores de café que conviven con la roya son afectados por distintas razas del hongo. En América, prevalecen las razas H (v5), I (v2-v5), III (V1_V5) XV (v4 v5), XVII (v1—v2—v5). Para el caso de Guatemala, se determinó la raza II, por medio de evaluaciones realizadas en Brasil (1983) y Portugal (1984).

En Angola tienen las razas: I, II, III, VII, XY, y XVII, luego en la India, se encuentran las razas: I, II, III, VII, XII, XIV, XVI, XVII, XXIII, XXIV, XXV, XXVIII y XXXI.

La amplia distribución geográfica de las razas es un indicativo de las mutaciones producidas por el patógeno en poblaciones de C. arábica que poseían factores simples de resistencia.

Los genes SH ó factores de resistencia del cafeto, deben considerarse como genes de sensibilidad exclusiva, ya que uno de ellos confiere resistencia a todos los genes del parásito con excepción del gen correspondiente al mismo, de tal manera que SH1 confiere resistencia frente a v2, v3, v4 y v5 y sensibilidad frente a v1. SH8 confiere resistencia frente a v1, v3, v4 y v5, y sensibilidad en relación a V2 y así sucesivamente.¹⁷

La manifestación de la resistencia en C. arábica aplicando la Teoría de Flor, puede resumirse indicando que, la resistencia genética en una planta se produce cuando existe una interacción génica (patógeno-hospedero) de factores hereditarios dominantes y complementarios. La resistencia es anulada cuando uno u otros factores complementarios o ambos se encuentran recesivos.

¹⁴ Variedades de café arábica resistente a la Roya, perspectivas para su utilización en la caficultura del futuro. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura de la O. E. A. Publicación Miscelánea No. 393. 1982. 20 p.

¹⁵ MULLER, R. A., Algunas Reflexiones sobre la selección de variedades de cafetos resistentes a la Roya Anaranjada (*Hemileia vastatrix* B & B). Costa Rica, Mimeografiado. 1984. 57 p.

¹⁶ BETTENCOURT, A. J. Transferencia de factores de resistencia a *Hemileia vastatrix* Berk & Br. para as principais cultivares de *Coffea* arábica L., oeiros, Portugal, Centro de Investigación de la Roya del cafeto. 1981. 93 p

¹⁷ Características Agronómicas de selecciones derivadas entre Híbrido de Timor y las variedades Caturra, Villa Sarchí y Catuai, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura de la O. E. A., Publicación Miscelánea No. 533. 1984.

D.3.- Tipos de Resistencia

- **Resistencia Vertical**

Conocida como no uniforme y genéticamente está condicionada por genes simples o mayores (SH1, SH2, SH3...). Cuando la herencia de una característica está condicionada por genes mayores, ésta puede heredarse completamente en las generaciones filiales F1, F2. El medio ambiente tiene poca influencia en la heredabilidad de este tipo de resistencia, o sea que la misma expresión de resistencia se tendría en diferentes países. En C. arábica, la búsqueda de resistencia vertical pretende obtener plantas y poblaciones con una alta variabilidad genética al hongo.¹⁸

- **Resistencia Horizontal**

Se le conoce como uniforme, y genéticamente está condicionada por numerosos genes, denominados también genes menores, debido a que cada uno de ellos aporta una dosis pequeña de resistencia a la enfermedad.¹⁹

La resistencia horizontal actúa por principio enfrente de todas las razas del patógeno. Puede indicarse que si la resistencia vertical previene la infección, por el contrario, la resistencia horizontal reduce sus efectos.

Si la resistencia vertical se revela por la presencia o ausencia de lesiones (reacciones cualitativas) y por un tipo de lesión, la resistencia horizontal lo hace totalmente por reacciones cuantitativas como tipo de lesión, número de lesiones, abundancia de esporulación, progresión de la epidemia. Estos caracteres de grado no se heredan en forma completa en las generaciones filiales, clasificándose su heredabilidad desde muy baja (menor del 20%) hasta muy alta, cuando es mayor del 50%. Es influenciada grandemente por las condiciones ambientales; de ahí que una planta con resistencia horizontal en África, será diferente a otra planta de Brasil o Guatemala.



¹⁹ CHAVES, G. M. Melhoramento do Cafeiro visando o obtencao de cultivares resistentes a Hemileia- vastatrix Berk & Br. Revista Ceres (Brasil) 23 (128): 321 — 33. 1976.