

# Evaluación del Nivel de Resistencia Horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk et Br. en Germoplasma de *Coffea arabica* L. y Catimor<sup>1</sup>

R Santacreo\*

## ABSTRACT

In order to determine the occurrence of horizontal resistance in progenies of *Coffea arabica* and the Catimor hybrid, two experiments were carried out at La Fe Experiment Station of the Instituto Hondureño del Café, Honduras. Nursery plants were inoculated, using a RCB design. In both trials, it was determined that a high disease intensity index and the start of the sporulation process were significantly correlated with the latent period ( $-0.70^*$ ,  $0.87^{**}$ ) and ( $-0.82^*$ ,  $0.92^{**}$ ); spores produced by leaves ( $0.84^*$ ,  $-0.91^{**}$ ) and ( $0.93^{**}$ ,  $-0.95^{**}$ ) and spores produced by pustule ( $0.70^*$ ,  $-0.82^{**}$ ) and ( $0.88^*$ ,  $-0.94^{**}$ ) respectively, by trial. These parameters are the best indicators of horizontal resistance. The methodology here presented was efficient to determine the occurrence of non-specific resistance in some cultivars like Dilla S. Alghe (Ethiopia), KP-532 (Tanzania), and some plants of Catimor T-8666 (33), which will permit the selection of parents in a hybridization program.

## INTRODUCCION

La roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) es la enfermedad más importante del cultivo del café y está diseminada en la mayoría de los países productores del grano.

El uso de fungicidas a base de cobre se ha generalizado en la mayoría de los países productores de café y constituye en la actualidad una medida de control aceptable, la cual, aplicada en forma adecuada, permite mantener los índices de infección de la enfermedad en niveles económicamente aceptables.

No obstante, si se acepta que la lucha química contra la roya es técnicamente posible, sin embargo, la topografía irregular y de difícil acceso en donde está ubicada la mayoría de las fincas de café, la escasez de fuentes de agua en las mismas, el alza cada vez mayor de los precios de los productos químicos, equipo de aspersión y la mano de obra, hacen que esta práctica sea generalmente difícil y costosa.

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 31 de octubre 1989.

\* Ingeniero Agrónomo, Programa de Resistencia a la Roya, IHCAFE, 1989 Apartado Postal 329, San Pedro Sula, Honduras.

## COMPENDIO

Con la finalidad de identificar manifestaciones de resistencia horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk et Br., en plantas de vivero de progenies de *Coffea arabica* y de Catimor, se llevaron a cabo dos experimentos (1 y 2) en el Centro Experimental La Fe, del Instituto Hondureño del Café. Se usó un diseño de bloques al azar, con dos repeticiones, estando representado cada tratamiento por una planta a la cual se le inoculan dos hojas terminales, actuando cada hoja como una repetición. Cada hoja fue inoculada en el envés, colocando 10 gotas de 10 microlitros de una suspensión de esporas ( $70 \times 10^6$  y  $42 \times 10^6$  esporas por litro, respectivamente, por ensayo) de roya entre las nervaduras con el auxilio de una micropipeta. En los experimentos 1 y 2 se constató que el índice de intensidad de la enfermedad y el inicio de la esporulación están significativa y altamente correlacionados con: el período de latencia ( $-0.70^*$ ,  $0.87^{**}$ ) y ( $-0.82^*$ ,  $0.92^{**}$ ), esporas producidas por hoja ( $0.84^*$ ,  $-0.91^{**}$ ) y ( $0.93^{**}$ ,  $-0.95^{**}$ ) y esporas producidas por pustula ( $0.70^*$ ,  $-0.83^{**}$ ) y ( $0.88^*$ ,  $-0.94^{**}$ ), respectivamente, por ensayo. Estos se consideran como los parámetros que mejor identifican la resistencia horizontal. La metodología utilizada permitió evidenciar la existencia de una resistencia no específica en ciertos cultivares: Dilla S. Alghe (Etiopía), KP-532 (Tanzania) y en algunas plantas Catimor T-8666 (3-3); este hallazgo permitirá la selección de progenitores sobresalientes en un programa de hibridación y de selección.

En *Coffea arabica*, la búsqueda de resistencia contra la roya es limitada, dada la uniformidad genética del germoplasma disponible. En el caso de *Coffea canephora*, la variabilidad genética de su población ha permitido encontrar diferentes genotipos que varían en cuanto a su grado de resistencia a la roya (1).

Con la aparición del Híbrido de Timor, el cual tiene resistencia al patógeno determinada por los factores SH6, SH7, SH8, SH9 y otros aún no identificados posiblemente asociados con genes de naturaleza poligénica provenientes de *C. canephora* las posibilidades de obtener material de buena calidad y características agronómicas con resistencia a la roya, a través de cruzamientos entre este híbrido y las variedades comerciales de *C. arabica*, fueron grandemente aumentadas (2).

Las perspectivas de la existencia de fuentes de resistencia horizontal (RH) en las poblaciones de Catimor (Caturra x Híbrido de Timor), hacen que este material sea valioso en los programas de mejoramiento.

to que buscan resistencia a *H. vastatrix*. Por tal razón, es de gran interés identificar segregantes por susceptibilidad a la raza II del patógeno, con manifestaciones de resistencia horizontal (1).

Las fuentes de resistencia utilizadas como material básico en los programas de mejoramiento de arábigos, han sido seleccionadas solamente hacia la resistencia vertical (RH). Con la finalidad de obtener una resistencia más estable, en los últimos años, los trabajos de mejoramiento se han orientado hacia la utilización de cruzamientos interespecíficos, el empleo de multilineas o cultivares compuestos y la identificación de fuentes de resistencia horizontal (6).

Para los cultivos perennes, las posibilidades de que la RV sea durable son muy escasas, por lo que la RV sólo deberá ser utilizada cuando ésta se presente asociada a la RH (Eskes, 1983, citado por Betten-court (3)).

Cuando se trata de una planta perenne, cultivada en extensas áreas que ofrecen condiciones permanentes para la ocurrencia de epifitias (10), la utilización de resistencia no específica podría considerarse como una forma de control genético más segura, porque reduce la posibilidad de que el hongo exprese su variabilidad con la aparición de nuevas razas fisiológicas del hongo (8).

La RH puede ocurrir sola o mezclada con la RV; en este último caso, la RH sólo puede ser cuantificada cuando se usan razas del patógeno a las que el hospedero sea susceptible. La RH se manifiesta en las plantas que la poseen por un menor número de lesiones o pústulas formadas, pústulas más pequeñas, mayor período de latencia y esporulación menos abundante (13).

Todos los tipos de resistencia caracterizados en el material estudiado, con aceptables características agronómicas a través del análisis de las interacciones hospedero-patógeno, tendrían en principio interés. No obstante, la preferencia deberá ser dada a las plantas que presentan resistencia incompleta de herencia poligénica, no específica, para las razas del patógeno (RH) (5).

Después de la difusión de la roya a Angola y a Brasil, las investigaciones se han dirigido a encontrar un método de evaluación de la resistencia cuantitativa en el número y tamaño de pústulas y en la formación de esporas, posiblemente de RH (4). En Brasil, se encontró que existe diferencia en cuanto al número de pústulas y área foliar con roya entre plantas del mismo grupo fisiológico (7).

El objetivo del presente estudio fue determinar una metodología que permita identificar manifestaciones de RH en plantas de progenies de *Coffea arabica* y de híbrido de *C. arabica* x H de Timor.

## MATERIALES Y METODOS

### Inóculo de Roya

Como inóculo se utilizó una mezcla, de esporas, probablemente de la raza II prevaleciente en Honduras (12), colectada en plantas susceptibles de la variedad Caturra en el Centro Experimental La Fe. A las hojas que presentaban pústulas esporuladas se les retiraron las uredosporas las cuales fueron pasadas por un tamiz de 100 mesh para librarlas de impurezas.

Las uredosporas se colectaron el mismo día de la inoculación y presentaban un poder germinativo no menor de 20%.

### Progenies por evaluar

Se evaluaron plantas de vivero descendientes de progenies de *C. arabica* portadoras de factores simples de resistencia, las cuales forman parte de la colección varietal del Centro Experimental Las Lagunas, Marcala; y de la progenie Catimor T-8666 (3-3), del Centro Experimental La Fe, del Instituto Hondureño del Café, que han mostrado segregación para susceptibilidad en el campo; como testigo, se utilizaron plantas de la variedad Catuai (Cuadro 1). Las mismas se evaluaron en dos experimentos separados, en donde se varió la concentración de la suspensión de esporas utilizada en la inoculación.

Las plántulas fueron mantenidas en bolsas de polietileno (8 x 9 pulgadas) y se les dieron los cuidados fitosanitarios necesarios, pero sin aplicación de fungicidas.

### Técnica de inoculación

Se utilizó una de las dos técnicas empleadas por Pinto Varzea, en 1985 (13) para evaluación de la RH, la cual consiste en utilizar hojas ligadas a la planta, con la variante de que la inoculación se hizo con una micropipeta en lugar de un atomizador de presión.

Las hojas se inoculan en el envés, colocando 10 gotas de 10 microlitros de una suspensión de esporas de roya entre las nervaduras, con el auxilio de una micropipeta.

Para uniformar la cantidad de inóculo por gota, la concentración de inóculo fue medida en número de esporas por unidad de volumen y no en término de peso.

Se evaluaron concentraciones de inóculo en experimentos separados:  $70 \times 10^6$  esporas por litro (aproximadamente, 700 esporas/gota de  $10 \mu\text{l}$  en el experimento 1) y  $42 \times 10^6$  esporas por litro (aproximadamente, 420 esporas/gota de  $10 \mu\text{l}$  en el experimento 2). Para facilitar la dispersión de las esporas, la suspensión se mantuvo en agitación constante en el momento de la inoculación.

Dada la disponibilidad de plantas de vivero de 4-5 meses de edad, que permitieran utilizar un mayor número de hojas aptas para inocular, en esta primera experiencia se inocularon dos hojas nuevas de textura suave al tacto del primer par terminal por planta. Se consideró a cada hoja como una repetición; las hojas se identificaron con una etiqueta con el número de hoja y la fecha de inoculación para efecto de las lecturas de los diferentes parámetros por evaluar.

Después de la inoculación, las hojas fueron pulverizadas con agua destilada y las plantas colocadas dentro de cámaras de incubación (cámaras húmedas), con una temperatura entre  $21-22^\circ\text{C}$ , en ausencia de luz, donde permanecieron por 48 horas. Luego, fueron retiradas de la cámara y se esperó hasta que el agua de las gotas de inóculo se evaporara; en seguida, fueron trasladadas a una caseta de paredes de tela metálica y techo de zinc donde permanecieron bajo la influencia de la temperatura ambiental, en un ambiente húmedo, protegidas de la acción directa de los rayos solares y de la lluvia.

**Parámetros utilizados para la cuantificación de la resistencia horizontal.** Período de incubación: el número de días entre la inoculación y la aparición de los primeros síntomas de la enfermedad (pequeñas clorosis).

Frecuencia de infección (%)

$$= \frac{\text{No. de infecciones} \times 100}{\text{No. gotas de inóculo}}$$

Inicio de la esporulación: el número de días comprendido entre la inoculación y el apareamiento de las primeras esporas.

Período de latencia: el número de días desde la inoculación, hasta que la esporulación ocurra en el 50% de las lesiones observadas. En los casos en que no se verifique la esporulación de todas las lesiones, el período de latencia será calculado en relación al número de lesiones esporulantes y no en relación al número total de lesiones visibles.

$$\text{Clorosis esporulantes (\%)} = \frac{\text{No. de pústulas} \times 100}{\text{No. de clorosis}}$$

Dimensión de la lesión: evaluada al final de cada ensayo, según una escala arbitraria de 1 a 3, propuesta por Pinto Varzea (13), conforme a la dimensión de la lesión si ésta se presenta menor; igual o mayor que la gota de inóculo, de aproximadamente 4 mm de diámetro.

Esporas producidas por hoja (E/H): se determinó raspando y retirando con un escalpelo las esporas de todas las pústulas de cada hoja y luego suspendidas en una solución acuosa que contenía 43.1% de glicerol y Tween 5 a 20% (V/V), según el método utilizado por Pinto Varzea (13); esta solución tiene un peso específico aproximadamente igual al peso de las esporas de roya.

La suspensión se agitó durante algunos minutos y el número medio de esporas por pústula fue determinado a partir de recuentos realizados al microscopio, en varias muestras de esa suspensión en gotas de  $3\mu\text{l}$ . La cantidad media de esporas existente en esas gotas fue relacionada al volumen inicial de la suspensión.

Esporas producidas por pústula (E/P): conocido el total de esporas producidas en cada hoja y el número de pústulas por hoja se estimó el número de esporas por pústula mediante la siguiente relación:

$$E/P = \frac{\text{No. esporas por hoja}}{\text{No. lesiones esporulantes por hoja}}$$

Índice de intensidad de la enfermedad (IIE):

Este índice permite, según Leguizamón (9), una representación dinámica de la enfermedad a lo largo del tiempo y es calculado a través de la fórmula:

$$\sum i \frac{ini}{7 \times n} \text{ en la cual:}$$

$n$  = Número total de inoculaciones por hoja.  
 $ni$  = Número de lesiones correspondientes al grado  $i$ .  
 $i$  = Valor de 0 a 7 correspondiente a la siguiente escala cuantitativa de los tipos de lesión:

- 0 = ausencia de lesiones visibles
- 1 = apareamiento de pequeñas clorosis.
- 2 = aumento de la superficie de las pequeñas clorosis con decoloración más pronunciada
- 3 = conjunto de pequeñas clorosis con tendencia a la coalescencia e intensificación de la decoloración
- 4 = aparición de las primeras esporas.
- 5 = esporulación inferior al 25% de la superficie de la mancha clorótica.

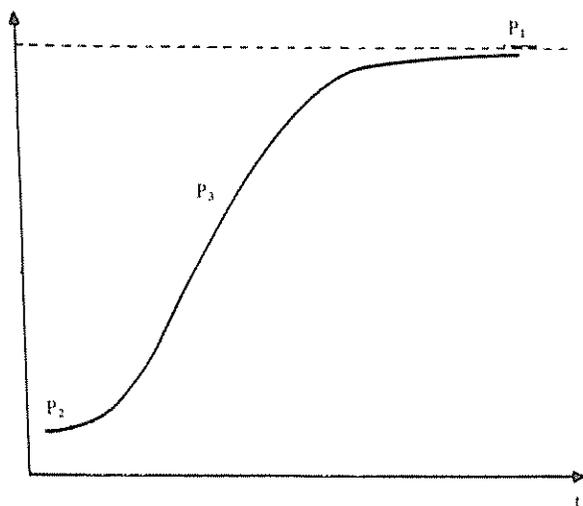
- 6 = esporulación entre el 25 y 50% de la superficie de la mancha clorótica.  
7 = esporulación superior al 50% de la superficie de la mancha clorótica

Este índice presenta tres componentes: P1, P2, P3, representados en la Fig 1

Según Leguizamón (9), la asíntota superior (P1) fue estimada con una sensibilidad doble que la de los otros dos componentes (P2 y P3). Asimismo, los coeficientes de correlación comparando varios índices de intensidad de la enfermedad, han mostrado diferencias significativas solamente al nivel de los valores de P1 (9, 13); por lo anterior, se trabajó únicamente con el componente P1.

Todos los parámetros mencionados fueron determinados individualmente para cada hoja, mediante observaciones regulares en cada lesión

**Diseño Experimental:** se utilizó de bloques al azar con dos repeticiones dada la disponibilidad de hojas aptas para inocular por planta, con la finalidad de uniformizar la edad de las hojas por inocular. Cada tratamiento estuvo representado por una planta, a la cual se inocularon dos hojas terminales considerando cada hoja como una repetición; los experimentos tuvieron una duración de 62 días.



- P1: Asíntota superior.  
P2: Índice de precocidad.  
P3: Índice de rapidez en la evolución.

Fig 1. Índice de intensidad de la enfermedad (IIE)

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Experimento 1

En el Cuadro 2 se presentan los promedios transformados para el análisis estadístico y su correspondiente clasificación, según la prueba de Duncan al 5%, de los diferentes parámetros cuantificadores de la resistencia horizontal. En la Fig 2 se presenta el índice de intensidad de la enfermedad.

**Periodo de incubación:** la prueba de F para este parámetro no se efectuó ya que sólo puede ser determinada en relación al número de horas y no al número de días, tal como se registró. No obstante, comparativamente, se pudo establecer que el período de incubación más corto correspondió al testigo Catuaí (15 días) seguido de las plantas BA-10-CRRC y LCP-381 (19 días); las plantas Dilla S. Alghe y los Catimores CT-358, CT-272 y CT-423 registraron los períodos de incubación más largos, con 21 días

**Frecuencia de infección:** el análisis de varianza señaló diferencias significativas entre las plantas evaluadas. El testigo Catuaí registró el mayor número de infecciones, no difiriendo estadísticamente de las plantas LCP-381 y BA-10-CRRC, pero sí, de las plantas Dilla S. Alghe y de los Catimores CT-358, CT-272 y CT-423 que observaron valores significativamente menores, según la prueba de Duncan.

**Inicio de la esporulación:** en análisis de varianza dio diferencias altamente significativas entre plantas evaluadas; no obstante, para este parámetro, al igual que para las otras variables relacionadas con la presencia de esporas en las lesiones: período de latencia, clorosis esporulada, esporas/hoja y esporas/pústula, las plantas de Catimor incluidas en el estudio CT-358, CT-272 y CT-423, no se registraron valores dada la ausencia de esporulación. Se observaron únicamente reacciones de hipersensibilidad (lesiones sin esporular) y fue evidente que estos materiales son muy diferentes a las otras plantas que, en menor o mayor grado, llegaron a esporular. Se les considera materiales portadores de resistencia vertical, sin descartar la posibilidad de estar asociada con resistencia horizontal. Entre los tratamientos que sí registraron el inicio de la esporulación, las plantas LCP-381 y Dilla S. Alghe mostraron los valores más altos; esta última necesitó 40 y 5 días para iniciar la esporulación difiriendo significativamente del BA-10-CRRC y del testigo Catuaí, cuyo inicio de la esporulación tuvo lugar a los 34 y 31 días, respectivamente, después de la inoculación

**Periodo de latencia:** las plantas de Catimor no permitieron al patógeno expresar el período de latencia. No obstante, el análisis de varianza mostró diferencias

Cuadro 1. Ensayos comparativos realizados para el estudio de la resistencia horizontal en plantas de *C. arabica* a *H vastatrix*, utilizando la técnica de hoja ligada a la planta.

| Ensayo | Fecha    | Plantas a cultivar   | Temperaturas medias °C |       |       |
|--------|----------|--|------------------------|-------|-------|
|        |          |  | Max.                   | Med.  | Min.  |
| 1      | 21-12-88 | Catimor I-8666(3-3)-358<br>Catimor I-8666(3-3)-272<br>Catimor I-8666(3-)-423<br>LCP-381-1<br>Dilla S. Alge-I<br>BA-10-CRRC-1<br>Catuai | 25.64                  | 20.86 | 16.09 |
| 2      | 21-12-88 | Catimor I-8666(3-3)-417<br>Catimor I-8666(3-3)-364<br>Catimor I-8666(3-3)-270<br>Catimor I-8666(3-3)-210<br>KP-532-1<br>Catuai         | 25.64                  | 20.86 | 16.09 |

altamente significativas entre tratamientos; la prueba de Duncan no registró diferencias entre las plantas que sí expresaron su periodo de latencia. Sin embargo, comparativamente se observó que el periodo de latencia fue 11 y 13 días mayor, respectivamente, para las plantas LCP-381 y Dilla S. Alge en comparación con el testigo Catuai. La planta BA-10-CRRC registró un periodo de latencia ligeramente mayor al testigo.

**Clorosis esporuladas:** la ausencia de esporulación en las plantas de Catimor no permitió registrarles valores para este parámetro. El resto de las plantas sí mostró diferentes porcentajes de lesiones esporulando (pústulas), con diferencias altamente significativas según el análisis de varianza. El Dilla S. Alge mostró el menor valor difiriendo estadísticamente de las plantas LCP-381, BA-10-CRRC y el testigo Catuai.

**Dimensión de la lesión:** el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para el tamaño de lesión entre tratamientos. Las plantas de Catimor CT-358, CT-272, CT-423 y Dilla S. Alge observaron las lesiones más pequeñas y difirieron estadísticamente del LCP-381 y del Catuai, según la prueba de Duncan.

**Esporas producidas por hoja:** el análisis de varianza registró diferencias altamente significativas entre tratamientos. Las plantas de Catimor no registraron esporas por hoja. Entre las plantas que llegaron a esporular, Dilla S. Alge y LCP-381 registraron los menores valores de esporas producidas por hoja, lo cual es un indicativo de mayores niveles de resistencia hori-

zontal, en comparación con BA-10-CRRC y el testigo Catuai, que se pueden considerar como bastantes susceptibles.

**Esporas producidas por pústula:** las plantas de Catimor tampoco registraron valores de esporas por pústula. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas. Entre las que presentaron esporulación, se observó que Dilla S. Alge y LCP-381 tuvieron el menor número de esporas producidas por pústula y mostraron poca susceptibilidad, en comparación con BA-10-CRRC y Catuai, que son bastante susceptibles.

**Índice de intensidad de la enfermedad (IIE):** el análisis de varianza dio diferencias altamente significa-

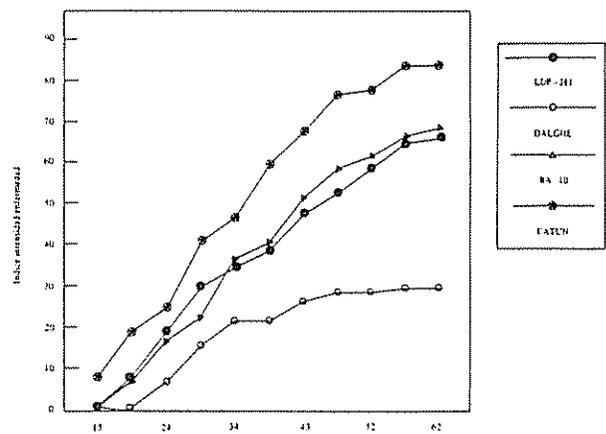


Fig. 2. Índice de intensidad de la enfermedad.

tivas entre las plantas analizadas. Las plantas Catimor CT-358, CT-272 y CT-423 (que no llegaron a esporular) y la planta Dilla S. Alge registraron los menores valores de IIE (0.29, 0.25, 0.29 y 0.30) y difirieron estadísticamente de las plantas LCP-381, BA-10-CRRC y Catuai, con 0.66, 0.68 y 0.84, respectivamente, según Duncan al 5% de probabilidad.

## Experimento 2

En el Cuadro 3 se presentan los promedios transformados para análisis estadístico y su correspondiente clasificación, según la prueba de Duncan al 5% de los diferentes parámetros cuantificadores de la resistencia horizontal. En la Fig. 3 se presenta el índice de intensidad de la enfermedad.

**Período de incubación:** al igual que en el Experimento 1, la prueba de F para este parámetro sólo puede ser determinada en relación con el número de horas y no al número de días, lo cual coincide con lo informado por Pinto Varzea (13).

Sin embargo, al comparar las medias, se pudo establecer que el período de incubación más corto correspondió al testigo Catuai (15 días) seguido por la planta CT-364 (19 días); las plantas CT-417, CT-270, CT-210 y KP-532 registraron los períodos de incubación más largos, con 21 días.

**Frecuencia de infección:** el análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre tratamientos. No obstante, se observó que el testigo Catuai y la

planta Catimor CT-364 registraron el mayor número de infecciones, en comparación con el resto de las plantas evaluadas.

**Inicio de la esporulación:** el análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos. Asimismo, para las otras variables relacionadas con la presencia de esporas en las lesiones, tres de las plantas de Catimor (CT-364, CT-270 y CT-210), no registraron valores dada la ausencia de esporulación. Se observaron reacciones de hipersensibilidad (lesiones sin esporas), lo cual indica que estas tres plantas son portadoras de resistencia vertical, sin eliminar la posibilidad de asociación con resistencia horizontal.

Las plantas KP-532 y Catimor CT-417 mostraron los valores más altos; necesitaron, respectivamente, 38.5 y 42 días para iniciar la esporulación difiriendo ambas significativamente del Catuai, el cual inició su esporulación a los 29 días después de la inoculación.

**Período de latencia:** en análisis de varianza dio diferencias altamente significativas entre tratamientos. Los Catimores CT-364, CT-270 y CT-210 no permitieron al patógeno expresar el período de latencia, con excepción de Catimor CT-417 el cual observó el período de latencia más largo con 48 días, seguido de KP-532 con 42 días, difirieron ambos de Catuai, con 34 días, según la prueba de Duncan al 5%.

**Clorosis esporuladas:** la ausencia de lesiones esporuladas (pústulas) en las plantas Catimor CT-364,

Cuadro 2. Análisis comparativo por la prueba de F y la prueba de medias de Duncan al 5% de varios parámetros cuantificadores de la resistencia horizontal en el Experimento 1. Período comprendido del 4-1-89 al 20-2-89. IHCAFE, 1989.

| Plantas                   | Período de incubación (días) | Frecuencia de infección (%) <sup>a</sup> | Inicio de la esporulación (días) | Período de latencia (días) | Clorosis esporuladas (%) <sup>b</sup> | Dimensión de la lesión (mm) <sup>c</sup> | Esporas Prod. por hoja (No.) | Esporas Prod. por pústula (No.) | Índice de intensidad de la enferm. <sup>d</sup> |
|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|---------------------------------|---|
| CT-358                    | 21                           | 57.09 c                                  | 0.0d                             | 0.0b                       | 0.0b                                  | 1.36cd                                   | 0.0 c                        | 0.0 b                           | 0.20 b  |
| CT-272                    | 21                           | 53.77 c                                  | 0.0d                             | 0.0b                       | 0.0b                                  | 1.00d                                    | 0.0 c                        | 0.0 b                           | 0.25 b  |
| CT-423                    | 21                           | 64.17 bc                                 | 0.0d                             | 0.0b                       | 0.0b                                  | 1.00d                                    | 0.0 c                        | 0.0 b                           | 0.29 b  |
| LCP-381                   | 19                           | 80.78 ab                                 | 38.5ab                           | 48.5a                      | 70.38 a                               | 2.33ab                                   | 64.553 b                     | 8.512 b                         | 0.66 a  |
| Dilla S. Alge             | 21                           | 60.10 bc                                 | 40.5a                            | 50.0a                      | 15.00 b                               | 1.34cd                                   | 10.443 c                     | 5.221 b                         | 0.30 b  |
| BA-10-CRRC                | 19                           | 71.56 abc                                | 34.0bc                           | 41.0a                      | 58.29 a                               | 2.10bc                                   | 189.000 a                    | 29.468 a                        | 0.68 a  |
| Catuai                    | 15                           | 90.00 a                                  | 31.0c                            | 37.0a                      | 67.49 a                               | 2.90a                                    | 208.000 a                    | 24.351 a                        | 0.84 a  |
| Prueba de F. <sup>e</sup> |                              | *  | **                               | **                         | **                                    | **                                       | **                           | **                              | **  |
| CV                        |                              | 11.95                                    | 9.92                             | 27.97                      | 48.24                                 | 17.80                                    | 29.20                        | 45.03                           | 6.01  |

a Los promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Duncan al 5%.

b Transformación ARC SEN  $\sqrt{\%}$

c Escala arbitraria del 1-3: 1 < 4 mm, 2-4 mm, 3 > 4 mm

d Valor asíntota superior (P<sub>1</sub>)

e La prueba de F para este parámetro solo puede ser determinado en relación al número de horas y no al número de días

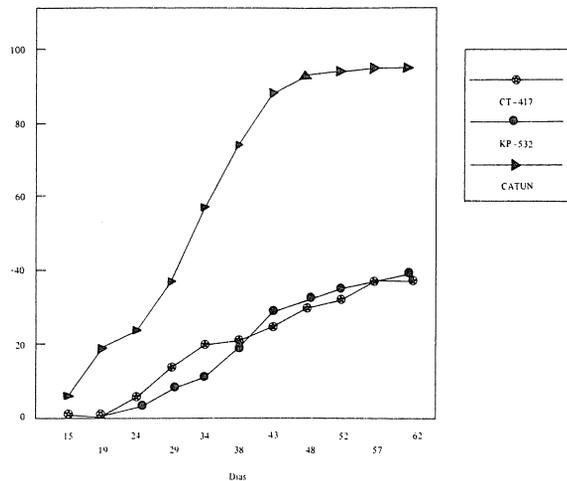


Fig. 3. Índice de intensidad de la enfermedad.

CT-270 y CT-210, no permitió el registro de valores para este parámetro. El resto de las plantas mostró porcentajes diferentes de pústulas con diferencias altamente significativas, según el análisis de varianza. Catimor CT-417 mostró el menor valor y difirió estadísticamente de KP-532 y de Catuaí (testigo), según la prueba de Duncan al 5%.

**Dimensión de la lesión:** el análisis de varianza dio diferencias altamente significativas para el tamaño de lesión entre tratamientos. Los Catimores CT-364, CT-270, y CT-210 presentaron los tamaños de lesión más pequeños y difirieron estadísticamente de Catimor CT-417, de KP-532 y de Catuaí, según la prueba de Duncan.

**Esporas producidas por hoja:** el análisis de varianza registró diferencias altamente significativas entre tratamientos. Las plantas de Catimor CT-364, CT-270 y CT-210, al presentar únicamente reacciones de hipersensibilidad (flecks), no registraron esporas por hoja. Entre las plantas que mostraron esporulación, Catimor CT-417 y KP-532 mostraron los menores valores de esporas producidas por hoja y presentaron poca susceptibilidad en comparación a Catuaí (testigo); existen diferencias estadísticas entre ellas, según la prueba de Duncan al 5%.

**Esporas producidas por pústula:** los Catimores CT-364, CT-270 y CT-210 tampoco registraron valores de esporas por pústula, por lo anteriormente explicado. Diferencias altamente significativas entre las plantas fueron dadas por el análisis de varianza. Entre las plantas que mostraron esporulación, nuevamente Catimor CT-417 y KP-532 registraron el menor número de esporas por pústula y se consideran resistentes, en comparación a Catuaí, que es altamente susceptible.

**Índice de intensidad de la enfermedad:** el análisis de varianza dio diferencias altamente significativas para el IIE entre las plantas analizadas. Las plantas Catimor CT-364, CT-270 y CT-210 (que no esporularon), conjuntamente con la planta Catimor CT-417 y KP-532, registraron los valores más bajos de IIE (0.35, 0.18, 0.09, 0.36 y 0.39, respectivamente) y difirieron estadísticamente de Catuaí, según la prueba de Duncan (Fig. 3).

**Análisis de correlación:** los coeficientes de correlación determinados para los diversos criterios de

Cuadro 3. Análisis comparativo por la prueba de F y la prueba de medias de Duncan al 5% de varios parámetros cuantificadores de la resistencia horizontal en el Experimento 2. Período comprendido del 4-1-89 al 20-2-89. IHCAFE, 1989.

| Plantas                   | Período de incubación (días) | Frecuencia de infección (%) <sup>a</sup> | Inicio de la esporulación (días) | Período de latencia (días) | Clorosis esporuladas (%) <sup>b</sup> | Dimensión de la lesión (mm) <sup>c</sup> | Esporas Prod. por hoja (No.) | Esporas Prod. por pústula (No.) | Índice de intensidad de la enferm. <sup>d</sup> |
|---------------------------|------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|---------------------------------|---|
| CT-417                    | 21                           | 48.32                                    | 42.0 a                           | 48.0 a                     | 57.36 b                               | 2.14 ab                                  | 26.220 c                     | 7.887 c                         | 0.36 b  |
| CT-364                    | 19                           | 73.39                                    | 0.0 c                            | 0.0 d                      | 0.0 c                                 | 1.55 bc                                  | 0.0 c                        | 0.0 d                           | 0.35 b  |
| CT-270                    | 21                           | 45.00                                    | 0.0 c                            | 0.0 d                      | 0.0 c                                 | 1.00 c                                   | 0.0 c                        | 0.0 d                           | 0.18 b  |
| CT-210                    | 21                           | 36.22                                    | 0.0 c                            | 0.0 d                      | 0.0 c                                 | 1.00 c                                   | 0.0 c                        | 0.0 d                           | 0.09 b  |
| KP-532                    | 21                           | 41.98                                    | 38.5 a                           | 42.0 b                     | 77.95 a                               | 2.50 a                                   | 72.666 b                     | 18.667 b                        | 0.39 b  |
| Catuaí                    | 15                           | 90.00                                    | 29.0 b                           | 34.0 c                     | 80.78 a                               | 2.85 a                                   | 635.666 a                    | 67.007 a                        | 0.94 a  |
| Prueba de F. <sup>e</sup> |                              | NS                                       | **                               | **                         | **                                    | **                                       | **                           | **                              | **  |
| CV                        |                              | 27.32                                    | 9.09                             | 2.79                       | 20.92                                 | 17.05                                    | 10.17                        | 14.82                           | 33.85   |

a Los promedios seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Duncan al 5%.

b Transformación  $ARC.SEN \sqrt{\%}$ .

c Escala arbitraria del 1-3: 1 < 4 mm, 2= 4 mm, 3 > 4 mm.

d Valor de la asíntota superior ( $P_s$ ).

e La prueba de F. para este parámetro solo puede ser determinada en relación al número de días.

apreciación de la resistencia horizontal se presentan en los Cuadros 4 y 5, respectivamente, para los Experimentos 1 y 2. En los parámetros relacionados con la presencia de esporas en las lesiones, únicamente se incluyeron las medias de las plantas que esporularon para realizar las correlaciones entre sí y con los otros parámetros.

En el Cuadro 4 se puede observar que en el Experimento 1, únicamente el "índice de intensidad de la enfermedad" se correlacionó con todos los parámetros seguido del "inicio de la esporulación" que no mostró correlación con el parámetro "frecuencia de infección"

Asimismo, se constató que ambos parámetros están significativa y altamente correlacionados con los parámetros "periodo de latencia", ( $-0.70^*$  y  $0.87^{**}$ ), esporas producidas por hoja ( $0.84^{**}$  y  $-0.91^{**}$ ) y "esporas producidas por pústula" ( $0.70^*$  y  $-0.83^{**}$ ).

En el Experimento 2 se observa que también el "índice de intensidad de la enfermedad" fue el único que se correlacionó con todos los parámetros, excepto con el parámetro "clorosis esporulada" seguido por "inicio de la esporulación", "esporas producidas por hoja" y "esporas producidas por pústula" los cuales únicamente no mostraron correlación con los parámetros "clorosis esporulada" y "dimensión de la lesión". Nuevamente se constató la alta y significativa correlación entre el "índice de intensidad de la enfermedad" y el "inicio de la esporulación" con los parámetros "periodo de latencia" ( $-0.82^*$  y  $0.92^*$ ), "es-

poras producidas por hoja" ( $0.93^{**}$  y  $-0.95^{**}$ ) y "esporas producidas por pústula" ( $0.88^*$  y  $-0.94^{**}$ ).

#### DISCUSION

Con base en los resultados obtenidos, se puede afirmar que la metodología utilizada permitió identificar varios niveles de resistencia horizontal en plantas de *C. arabica* y de Catimor Asimismo, se pudo evidenciar que la metodología permite identificar materiales que muestran largos periodos de latencia. En cuanto a las concentraciones de inóculo utilizadas en los ensayos, éstas permitieron lograr suficiente infección para evaluar los distintos parámetros; no se pudo establecer diferencias visuales entre concentraciones, lo cual debe ser objeto de estudios posteriores dirigidos a uniformizar la concentración de inóculo por utilizar en estos trabajos, así como otras técnicas complementarias.

En cuanto a los niveles de resistencia horizontal observados en el Experimento 1, las plantas LCP-381 y especialmente Dilla S. Alghe (Etiopía), mostraron los indicativos de mayores niveles de resistencia horizontal, evidenciada particularmente por los parámetros: inicio de esporulación, esporas producidas por hoja y esporas producidas por pústula; en comparación a BA-10-CRRC y al testigo Catuai que se consideran bastantes susceptibles. Es de interés señalar que la planta Dilla S. Alghe mostró pocas pústulas, con escasa esporulación combinada con reacciones de hipersensibilidad, lo cual indica que la resistencia horizontal puede estar asociada con reacciones de resistencia vertical

Cuadro 4. Coeficientes de correlación entre varios parámetros utilizados en la determinación de la resistencia horizontal de las plantas CI-358, CI-272, CI-423, LCP-381, Dilla S. Alghe, BA-10-CRRC y Catuai en el Experimento 1. IHCAFE, 1989<sup>a</sup>.

|                                       | Periodo de incubación (días) | Frecuencia infección (%) | Inicio de la esporulación (días) | Periodo de latencia (días) | Clorosis esporuladas (%) | Dimensión de la lesión (mm) | Esporas Prod. por hoja (No.) | Esporas Prod. por pústula (No.) |
|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Frecuencia de infección               | -0.84**                      |                          |                                  |                            |                          |                             |                              |                                 |
| Inicio de la esporulación             | 0.81*                        | -0.53 NS                 |                                  |                            |                          |                             |                              |                                 |
| Periodo de latencia                   | 0.56 NS                      | -0.42 NS                 | 0.87**                           |                            |                          |                             |                              |                                 |
| Clorosis esporuladas                  | -0.60 NS                     | 0.59 NS                  | -0.70*                           | -0.62 NS                   |                          |                             |                              |                                 |
| Dimensión de la lesión                | -0.89**                      | 0.85**                   | -0.84**                          | -0.71*                     | 0.89**                   |                             |                              |                                 |
| Esporas Prod. por roya                | -0.77*                       | 0.55 NS                  | -0.91**                          | -0.69 NS                   | 0.61 NS                  | 0.74*                       |                              |                                 |
| Esporas Prod. por pústula             | -0.56 NS                     | 0.39 NS                  | -0.83**                          | -0.73*                     | 0.49 NS                  | 0.57 NS                     | 0.93**                       |                                 |
| Índice de intensidad de la enfermedad | -0.89**                      | 0.86**                   | -0.86**                          | -0.70*                     | 0.90**                   | 0.96**                      | 0.84**                       | 0.70*                           |

\* Significativo al 5% de probabilidad

\*\* Significativo al 1% de probabilidad

NS No significativo.

a En los parámetros relacionados con la presencia de esporas en las lesiones, únicamente se incluyeron las medias de las plantas que esporularon, para realizar las correlaciones entre sí y con los otros parámetros

Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre varios parámetros utilizados en la determinación de la resistencia horizontal de las plantas CT-417, CT-364, CT-270, CT-210, KP-532 y Catuaí en el Experimento 2. IHCAFE, 1989<sup>a</sup>.

|   | Período de incubación (días) | Frecuencia infección (%) | Inicio de la esporulación (días) | Período de latencia (días) | Clorosis esporuladas (%) | Dimensión de la lesión (mm) | Esporas Prod. por hoja (No.) | Esporas Prod. por pústula (No.) |
|---|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Frecuencia de infección                     | -0.84**                      |                          |                                  |                            |                          |                             |                              |                                 |
| Inicio de la esporulación                   | 0.93**                       | -0.90*                   |                                  |                            |                          |                             |                              |                                 |
| Período de latencia                         | 0.90*                        | -0.74 NS                 | 0.92**                           |                            |                          |                             |                              |                                 |
| Clorosis esporuladas                        | -0.45 NS                     | 0.27 NS                  | -0.46 NS                         | -0.72 NS                   |                          |                             |                              |                                 |
| Dimensión de la lesión                      | -0.55 NS                     | 0.45 NS                  | -0.49 NS                         | -0.76 NS                   | 0.88**                   |                             |                              |                                 |
| Esporas producidas por hojas                | -0.98**                      | 0.89*                    | -0.95**                          | -0.92**                    | 0.49 NS                  | 0.61 NS                     |                              |                                 |
| Esporas producidas por pústulas             | -0.98**                      | 0.83*                    | -0.94**                          | -0.96**                    | 0.55 NS                  | 0.66 NS                     | 0.99**                       |                                 |
| Índice de intensidad de la Enfermedad (IIE) | -0.87**                      | 0.84**                   | -0.95**                          | -0.82*                     | 0.38 NS                  | 0.77*                       | 0.93**                       | 0.88**                          |

\* Significativo al 5% de probabilidad.

\*\* Significativo al 1% de probabilidad

NS No significativo

a En los parámetros relacionados con la presencia de esporas en las lesiones únicamente se incluyeron las medias de las plantas que esporularon, para realizar las correlaciones entre sí y con los otros parámetros.

En el Experimento 2, fueron las plantas Catimor CT-417 y KP-532 las que mostraron los mayores indicativos de niveles de resistencia horizontal, evidenciada especialmente por los parámetros: período de latencia, inicio de esporulación, esporas producidas por hoja, esporas producidas por pústula e índice de intensidad de la enfermedad.

Como Catimor es uno de los materiales más avanzados, con varios años de estudio y con posibilidades de poder seleccionar dentro del material promisorio, la identificación de una planta de Catimor (segregante) la cual muestra indicativos de resistencia horizontal, es de gran interés. Este hecho podría indicar una eventual pérdida de la resistencia vertical en Catimor, con cierta seguridad una vez que se utilicen plantas con elevado grado de resistencia horizontal, tal como la manifiesta Pinto Varzea en su estudio en 1985 (13).

El resto de las plantas Catimor T-8666 (3-3) evaluadas no llegó a esporular y esas plantas presentaron reacciones de hipersensibilidad (flecks), por lo que se deduce que poseen resistencia vertical, sin descartar la posibilidad de que pueda estar asociada con resistencia horizontal.

El estudio de correlación mostró que los parámetros: índice de intensidad de la enfermedad e inicio de la esporulación, se correlacionaron alta y significativamente con la mayoría de los parámetros, especifi-

camente con el período de latencia, esporas producidas por hoja y esporas producidas por pústula, por lo que se les considera como los parámetros que mejor identifican la resistencia horizontal.

El estudio del material genético existente en Honduras para encontrar resistencia horizontal recién se ha iniciado; sin embargo, ha permitido evidenciar la existencia de una resistencia no específica muy marcada en ciertos cultivares provenientes de Etiopía (Dilla S. Alghe), Tanzania (KP-532) y en algunas plantas Catimor (T-8666(3-3)); estos materiales constituyen una valiosa fuente de resistencia que podría utilizarse, a través de hibridación con las variedades comerciales.

#### CONCLUSIONES

1. La metodología utilizada en este estudio permitió identificar varios niveles de resistencia horizontal en plantas de *C. arabica* y de Catimor.
2. El índice de intensidad de la enfermedad y el inicio de la esporulación se correlacionaron alta y significativamente con la mayoría de los parámetros, especialmente con el período de latencia, esporas producidas por hoja y esporas producidas por pústula; se considera que estos parámetros son los que mejor identifican la resistencia horizontal en plantas de *Coffea* sp.

3. Se pudo evidenciar la existencia de una resistencia no específica muy marcada, en ciertos cultivares provenientes de Etiopía (Dilla S. Alghe), Tanzania (KP-532) y en algunas plantas Catimor (T-8666)

(3-3); estos materiales representan una valiosa fuente de resistencia que podrían utilizarse por hibridación con las variedades comerciales.

#### LITERATURA CITADA

- 1 ALMEIDA, C.L. 1980. Resistencia vertical e horizontal a *Hemileia vastatrix* Berk et Br em gerações F4 e F5 de progenies de cafeeiro Catimor. Tese de Mestrado em Fitopatologia. Universidad Federal de Viçosa. 38 p.
- 2 BETTENCOURI, A.J. 1981. Melhoramento genético do cafeeiro. Transferencia de factores de resistencia a *Hemileia vastatrix* Berk et Br., para as principais cultivares de *Coffea arabica* L. Lisboa. 93 p.
3. BETTENCOURI, A.M. 1983. La resistencia de los agentes patogénicos en el mejoramiento genético de las plantas. Trad. del portugués por J.H. Echeverri. Turrialba, C.R., IICA. 24 p.
- 4 BETTENCOURI, A.J. 1976. Avaliação de resistencia a *Hemileia vastatrix* no melhoramento genético de *Coffea arabica*. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (4., Rio de Janeiro, Bra.) Resumos Rio de Janeiro, Bra. p. 274-276.
5. BETTENCOURI, A.J. 1983. Características agronómicas de selecciones derivadas de cruzamientos entre híbrido de trimor e las variedades Caturra, Villa Sarchi e Catuai. Simposio sobre ferrugens do cafeeiro, Oeiras, 17-20 octubre. 20 p.
6. CADENA, G.G.; BURITICA, P.C. 1980. Expresión de resistencia horizontal a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.) en *Coffea canephora* variedad Conilon. Centro Nacional de Investigaciones en Café 31(1): 27.
7. COSTA, W.M.; RIBEIRO, I.J.A. 1975. Resistencia a *Hemileia vastatrix* observada en el café Icatú. In Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras (3., Rio de Janeiro, Bra.). Resumos Rio de Janeiro, Bra. 113 p.
8. FONSECA, S.E.A. 1979. Resistencia não específica em cultivares de *Coffea arabica* L. e progenies de Catimor a razas de *Hemileia vastatrix* Berk et Br. Teses de Mestrado em Fitopatologia. Universidad Federal de Viçosa. 38 p.
9. LEGUIZAMON, J.C.; LOTODE, R.; BIEYSEE, D.; MULLER, R.A. 1983. Contribución al estudio de la resistencia parcial del café a *Hemileia vastatrix* Berk y Br. IICA-PROMECAFE, MRE/CODEV/IRCC. Serie Publicaciones Misceláneas no. 458. 24 p.
10. MONACO, L.C.; CARVALHO, A. 1975. Resistencia a *Hemileia vastatrix* no melhoramento do cafeeiro. Ciencia e Cultura 27(10):1 070-1 081.
11. RODRIGUEZ, C.J.; BETTENCOURI, A.J.; RIJO, L. 1975. Razas del patógeno y resistencia a la roya del café. Trad. del inglés. Turrialba, C.R., IICA. 32 p.
12. SANTACREO, R. 1987. Determinación de la raza II de *Hemileia vastatrix* Berk et Br. procedente de Honduras. Informe Técnico mecanografiado de parte del entrenamiento en el CIFC. 10 p.
13. VARZEA, V.M.P. 1985. Avaliação do nível de resistencia horizontal em *Hemileia vastatrix* en plantas de *Coffea arabica*. Relatório de actividade do aluno estagiario do curso de Engenheiro Agronomo. Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. 79 p.