

2 1 NOV 1983

IICA-CIDIA

Serie de Publicaciones Misceláneas No. 458
ISSN-0534-5391

✓
YIC
OM
95



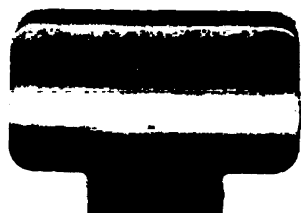
**CONTRIBUCION AL ESTUDIO
DE LA RESISTENCIA PARCIAL
DEL CAFETO A HEMILEIA
VASTATRIX BERK Y BR.**

IICA
PM-458

IICA/PROMECAFE

MRE-CODEV Francia
IRCC/GERDAT

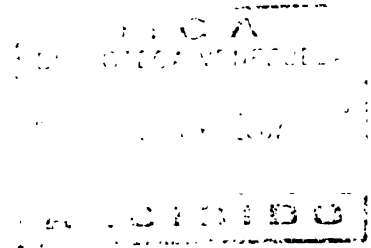
IICA



IICA-CIENCA

21 NOV 1983

Serie de Publicaciones Misceláneas No. 458
ISSN-0534-5391



**CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA RESISTENCIA
PARCIAL DEL CAFETO A *Hemileia vastatrix* BERK & BR.**

**J. Leguizamón C.
R. Lotode
D. Biaysse
R. A. Müller**

[Faint, illegible text]

~~002537~~

00000539

PRESENTACION

Con el afán de dar a conocer los avances científicos y tecnológicos del cultivo del cafeto, de la Asociación Científica para la Investigación del Café (ASIC) a los técnicos cafetaleros de los países de PROMECAFE, se solicitó al Sr. R. Coste, Secretario General, la autorización para traducir y publicar este trabajo, el cual se presenta con agrado.

La roya de la hoja del cafeto era hasta hace unos pocos años una amenaza un tanto remota. Actualmente es ya una dolorosa realidad y se hace todo tipo de esfuerzos por combatirla o controlarla por medios químicos y biológicos. La resistencia de las plantas a la enfermedad ocupa un lugar muy especial entre las preocupaciones y empeños por lograrla. Lo hecho hasta el momento ha permitido acumular en el área de PROMECAFE el material genético mas sobresaliente del mundo en cuanto a resistencia a la roya.

Aunque esta realidad brinda muchas esperanzas y constituye una promesa muy real, existe siempre la inquietud por conocer mejor el material con el que se trabaja. Se sabe que se tiene un gran acervo de genes de resistencia, pero aun falta bastante, por conocer en relación con el tipo de resistencia horizontal o de campo. Este trabajo precisamente incide en esa área.

Los autores presentaron este trabajo durante el Xº Coloquio Científico Internacional del Café (ASIC), que se celebró en Salvador (Bahía, Brasil), entre el 11 y el 14 de octubre de 1982.



Esta versión en castellano dará mayor facilidad a nuestros lectores, por lo cual se renueva el agradecimiento al Sr. R. Coste, Secretario General de la Asociación Científica para la Investigación del Café (ASIC), por permitir el publicarlo en esta forma. Es una contribución muy valiosa a la literatura del mejoramiento genético del café y esperamos que este trabajo se continúe en el futuro.

Carlos Enrique Fernández
Director del Area Central y de la
Oficina del IICA en Costa Rica

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA RESISTENCIA PARCIAL
DEL CAFETO A *Hemileia vastatrix* Berk & Br

J. Leguizamón C. *

R. Lotode **

D. Bieysse ***

R. A. Muller ****

1. INTRODUCCION

Este estudio fue realizado en el Laboratorio de Fitopatología del Instituto de Investigaciones sobre Café y Cacao (IRCC, Francia), en el marco de actividades de la cooperación franco-colombiana entre este Instituto y la Federación de Cafeteros Colombianos.

La roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk & Br) es una de las enfermedades más importantes del cafeto, está extendida en la mayoría de los países productores de arabica, a excepción y sin duda por muy poco tiempo de la zona sudamericana y centroamericana, desde Colombia hasta Costa Rica.

* Fitopatólogo, asistente de investigación en la Sección de Fitopatología del Centro Nacional de Investigaciones sobre el Café (CENICAFE), en Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Jefe de Servicio de Biometría del Instituto de Investigaciones sobre Café y Cacao (IRCC, Francia).

*** Asistente de investigaciones en el Laboratorio de Fitopatología del Instituto de Investigaciones sobre Café y Cacao (IRCC, Francia).

**** Jefe del Servicio de Fitopatología del Instituto de Investigaciones sobre Café y Cacao (IRCC, Francia).

Aunque la lucha química contra este patógeno es técnicamente posible, a menudo es difícil y siempre es apremiante y costosa. Así, la solución genética parece ser la mejor, la cual es activamente investigada con base en un sistema huésped-parásito de tipo vertical. Sin embargo, ante la posible aparición de nuevas razas del patógeno no se logra aún obtener una resistencia estable, lo que es muy difícil de aceptar por tratarse de una planta perenne.

La búsqueda de una resistencia de tipo horizontal no-específica o de resistencia parcial es por principio más estable porque no ejerce una presión selectiva intensa y, aparentemente es la alternativa más acertada.

El Laboratorio de Fitopatología (IRCC, Montpellier, Francia) inició en octubre de 1980, en el marco de actividades franco-colombianas, el estudio de este tipo de resistencia. Hasta el momento se ha desarrollado una metodología para evaluar cuantitativamente a los diferentes componentes de esta resistencia. La investigación ha conllevado además al conocimiento de un cierto número de cultivares de arabica, ampliamente utilizados en cultivos comerciales (Caturra, entre otros), que han sido seleccionados en Camerún; y de un cierto número de tipos de arabica, espontáneos y provenientes de investigaciones realizadas en Etiopía y Kenia durante una serie de operaciones conjuntas de la Oficina de Investigación Científica y Técnica de Ultramar y el Instituto de Investigaciones sobre Café y Cacao (IRCC).

2. TECNICAS EN EJECUCION

2.1. Generalidades

Las condiciones de ubicación del Laboratorio de Fitopatología han determinado las limitaciones en la ejecución de técnicas experimentales particulares a dos niveles: la producción del inóculo y la definición de la dosis de inoculación.

2.2. Técnicas para la producción 'in vitro' del inóculo

Las investigaciones han conllevado a la búsqueda de técnicas de producción del inóculo necesario para el experimento en un espacio lo más restringido posible, en vista de que en Montpellier sólo se puede cultivar el cafeto en invernadero, lo que no permite el disponer de una cantidad de materia vegetal capaz de ser portadora del inóculo en forma natural y abundante, como podría lograrse en un país tropical.

Después de haber estudiado diversas fórmulas se adoptó el método de producción de uredosporas 'in vitro' sobre hojas o fragmentos de hojas en supervivencia. Estas fueron seleccionadas de arbustos en invernadero e inoculadas según el siguiente método: se procede a su inoculación y se las coloca en un ambiente húmedo durante catorce o quince días; después de ese tiempo son lavadas en agua destilada adicionada con Tween 80, desinfectadas superficialmente por inmersión durante treinta minutos, en una solución de hipoclorito de calcio al 10 % y luego son enjuagadas sucesivamente en tres baños de agua destilada estéril por cinco minutos cada uno; inmediatamente son colocadas asépticamente en un medio de Muraschige y Skoog modificado, agar-agar y estéril a 25°C (véase Fig. 1).

Aunque este método es relativamente forzado, es conveniente resaltar que la esporulación obtenida en estas condiciones es totalmente 'virgen' de todo extraño microorganismo, en particular de los hiperparásitos tradicionales de la *Hemileia*, tales como el *Verticillium hemileia* que acompaña siempre al inóculo recogido en el campo o en el invernadero. Además el método permite trabajar con un inóculo puro, logrado siempre en las mismas condiciones y estandarizado en cuanto a su origen y edad. Asimismo se descarta cualquier peligro respecto a la mezcla de razas.

2.3. Técnicas de inoculación

El método usado se basa en el descrito por Costa, Eskes y Ribeiro en el que se utiliza discos de limbos pero difiere en el empleo de hojas enteras y no sólo fragmentos, pues se ha comprobado que ciertos cultivares no soportan bien el corte del limbo, pudiendo provocar necrosis marginales muy importantes.

Se coloca las hojas sobre su haz, encima de un paño esponjoso embebido en agua destilada estéril, dentro de una caja de plástico cerrada con una tapa transparente. La inoculación se deposita sobre el envés de las hojas mediante una micropipeta colocando una gota de la suspensión de uredosporas en una concentración y volumen de $7 - 8 \times 10^4$ esporas/ml y de 10 ul, aportando cada una de 7 a 800 uredosporas. Se deposita 20 gotas por limbo.

Es conveniente disponer aproximadamente de 10 hojas por cultivar para poder lograr una adecuada interpretación estadística. A lo largo de una serie de inoculaciones es recomendable controlar periódicamente la concentración de uredosporas en la suspensión; el objeto es lograr un inóculo constante; el control se efectúa por conteo de las uredosporas contenidas en una gota de volumen conocido.

Para alcanzar una buena dispersión de las uredosporas se agrega a la suspensión un 0.003 % de Tween 80, el que no afecta el poder germinativo o infeccioso de las mismas.

El poder germinativo es controlado antes de la inoculación mediante una prueba de germinación en 'caja de Petri' sobre agar al 0.7 %, a una temperatura de 22°C, en la obscuridad durante 20 horas; posteriormente sólo se emplea aquellas muestras que presenten una tasa de germinación superior al 20 %.



Después de la inoculación se las coloca en la cámara húmeda a 22°C y en la obscuridad durante 48 horas, condición necesaria para asegurar la germinación luego de la penetración del parásito en la hoja. Posteriormente la cámara es mantenida a 25°C, bajo una exposición fotoperiódica de 12 horas de luz y 12 horas de obscuridad durante el estudio. Se ha comprobado que a esa temperatura, los síntomas aparecen más rápido y más claramente que a 22°C.

Mientras se efectúa el paso de temperatura de 22°C a 25°C, se quita las cubiertas momentáneamente para favorecer la evaporación de agua del inóculo. La perfecta estandarización del método conduce al logro de experiencias confiables y susceptibles de reproducir, permitiendo un análisis estadístico preciso.

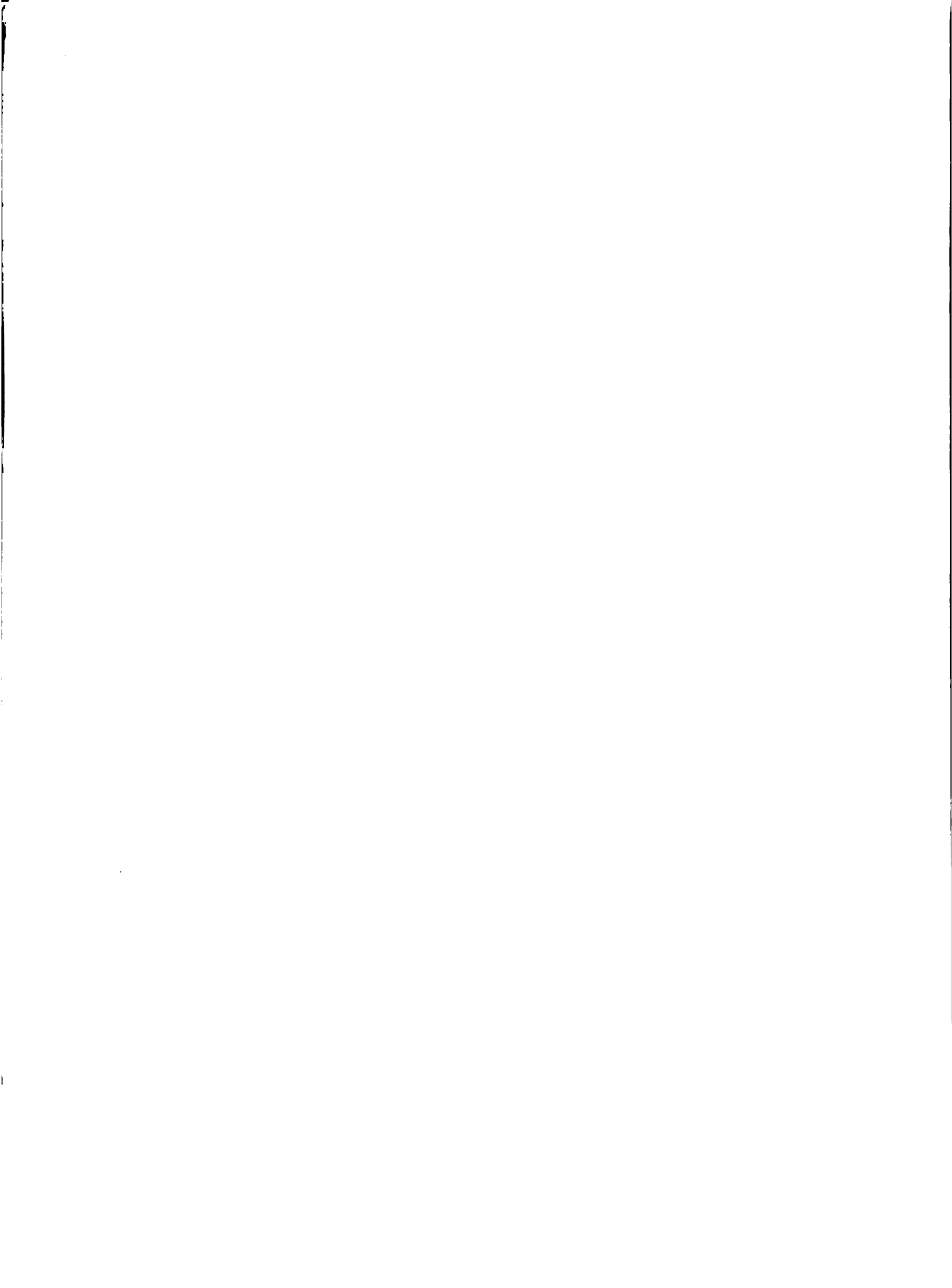
3. METODO DE APRECIACION DE LA SENSIBILIDAD

3.1. Criterios de evaluación

La apreciación de las relaciones huésped-parásito se apoya principalmente sobre los siguientes criterios:

3.1.1. Medición del período de incubación, conformado por el número de días entre la inoculación y la aparición del primer síntoma de la enfermedad.

3.1.2. Medición del período latente, conformado por el número de días necesarios para obtener la esporulación del 50 % de las lesiones observadas.



3.1.3. Evolución de los síntomas, es decir, el crecimiento en la superficie de manchas conjuntamente a la decoloración del limbo a nivel de las manchas.

3.1.4. Número de las manchas con esporas y de la superficie portadora de las mismas.

Se ha adoptado una escala de 0 al 7 con el objeto de cuantificar las lesiones (véase Fig. 2):

- 0: ausencia de lesión visible;
- 1: aparición de pequeñas manchas descoloridas;
- 2: aumento de la superficie de pequeñas manchas y decoloración más pronunciada;
- 3: conjunto de pequeñas manchas con tendencia a la coalescencia e intensificación de la decoloración;
- 4: aparición de las primeras esporas;
- 5: esporulación inferior al 25 % de superficie de la mancha;
- 6: esporulación entre el 25 % y el 50 % de superficie de la mancha; y
- 7: esporulación superior al 50 % de superficie de la mancha.



Fig. 1 Producción 'in vitro' de uredosporas de *Hemileia vastatrix* Berk & Br raza II, sobre hojas de *Coffea arabica* L.



ESCALA DE CALIFICACION

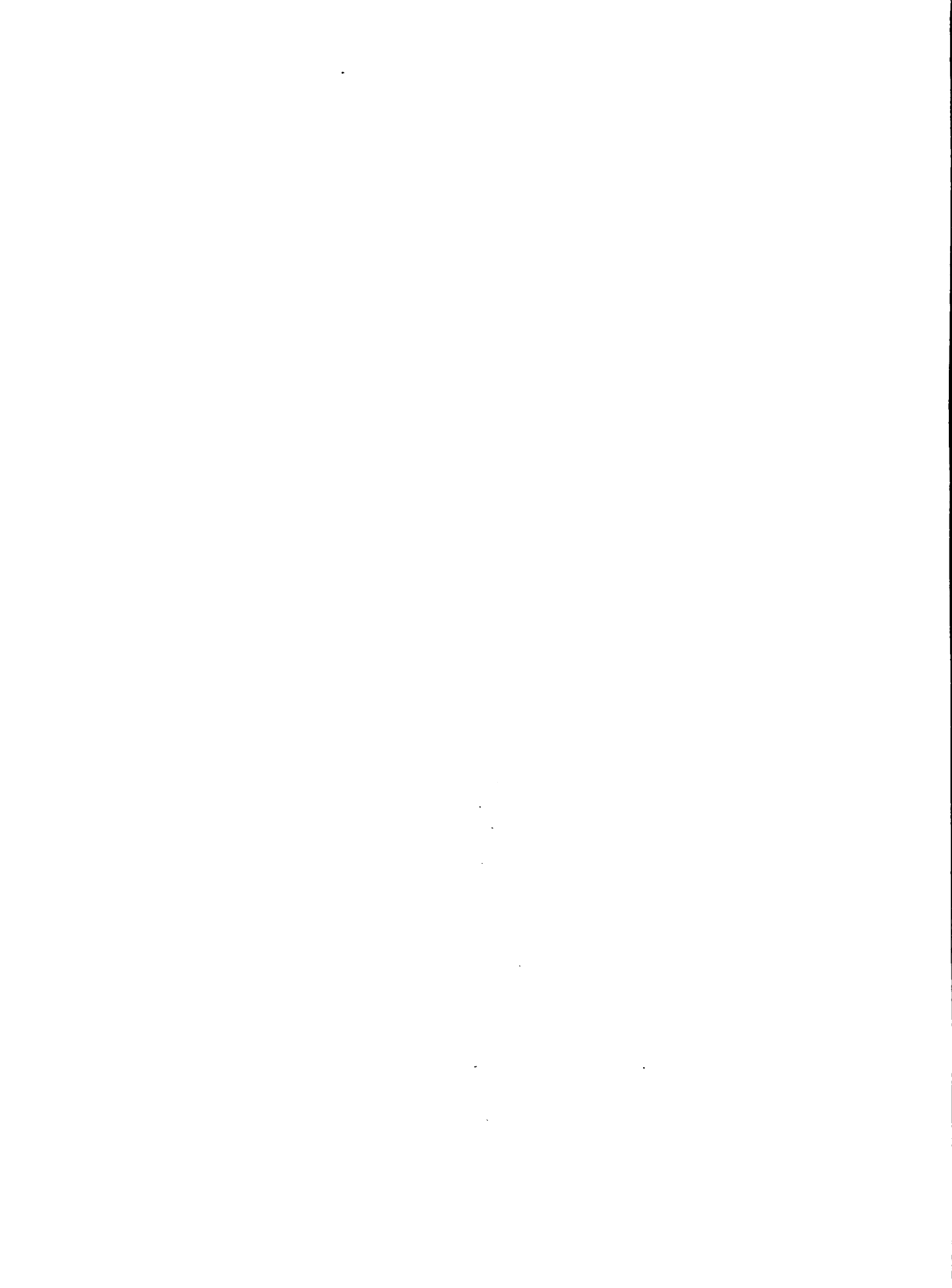


GRADOS: 0 1 2 3



4 5 6 7

Fig. 2 Escala de apreciación de los tipos de reacciones producidas por *Hemileia vastatrix* Berk & Br, sobre hojas de cultivares de *Coffea arabica* L.



Cada mancha debe ser observada individualmente y diariamente, determinando al mismo tiempo las anotaciones de 1 al 7, midiendo el período de incubación y el de latencia, como también apreciando la dinámica en el progreso de la enfermedad al interior de la hoja. Las anotaciones de 4 al 7 tienen en cuenta la facultad del cultivar para permitir una fructificación más o menos abundante del patógeno, lo que se traduce en un aspecto particular de sensibilidad en el cultivar y tiene considerables implicaciones a nivel epidemiológico.

Además, a partir de estos registros se puede medir los períodos de incubación y de latencia e interpretar las observaciones con base en tres variables particulares:

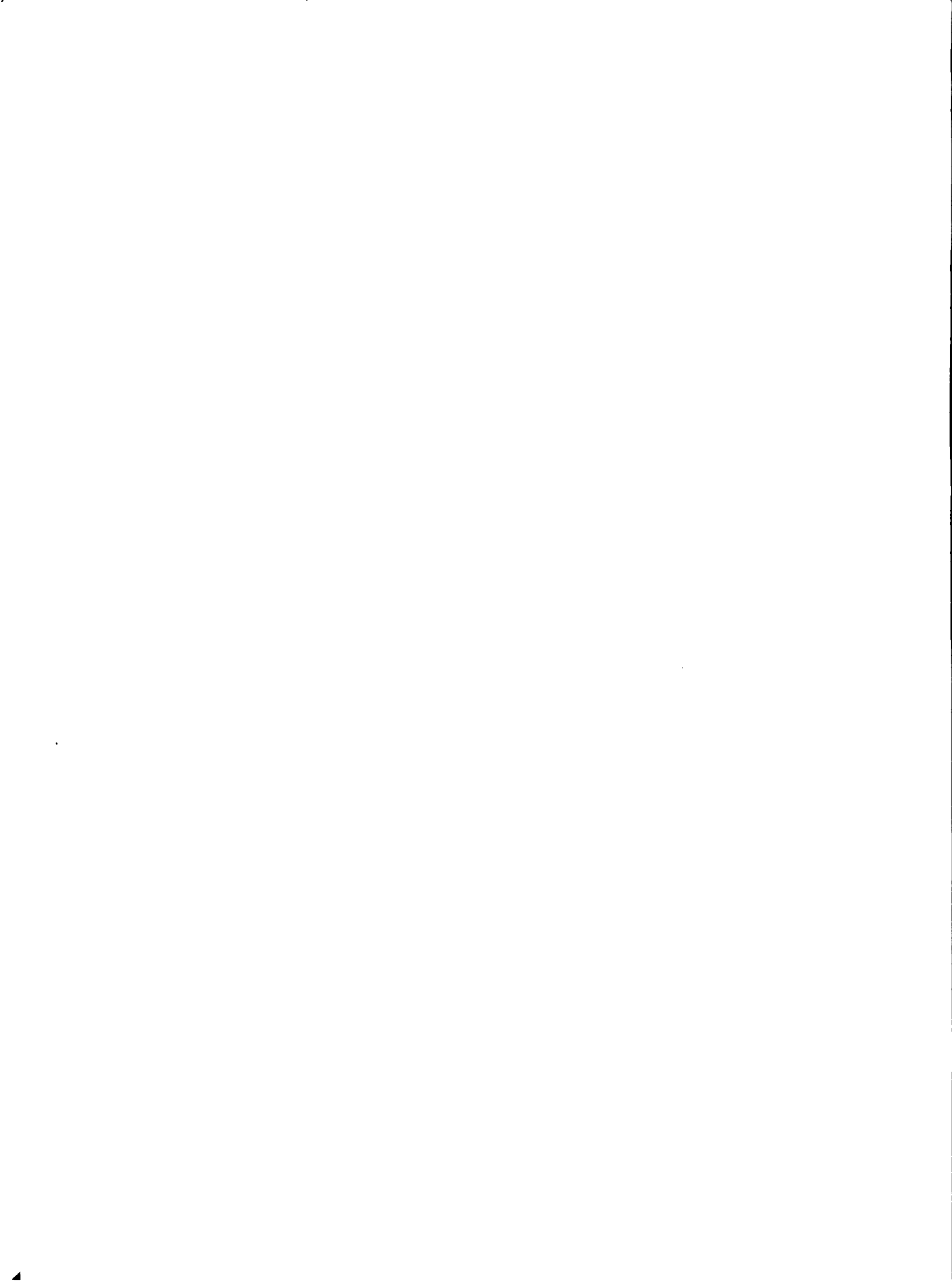
3.1.5. Porcentaje de manchas fructíferas según la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{número de manchas fructíferas}}{\text{número total de inoculaciones}} \times 100$$

3.1.6. Índice de esporulación, determinado por la anotación de 1 al 4 correspondiente a los puntos entre 4 y 7 en la escala de evolución de lesiones.

El método para calcular este índice de esporulación es: si 'ni' representa el número de manchas correspondiente a la anotación 'i', se tiene:

$$I. sp: \frac{\sum i \cdot i \cdot n_i}{(4 \times n)}$$



3.1.7. Índice de intensidad de la enfermedad, el que integra todos los elementos observados en la escala de 0 al 7, definida anteriormente.

Este índice se calcula diariamente y para cada hoja de la siguiente manera: sea 'n' el número total de inoculaciones por hoja y 'ni', el número de manchas correspondiente a la anotación 'i'; el valor 'i' corresponde a la anotación de 0 al 7 en cuanto a la evolución de lesiones y representa la intensidad de la enfermedad en el momento de la observación; entonces se tiene:

$$\text{índice de intensidad de la enfermedad} = \frac{\sum i \cdot i \cdot n_i}{(7 \times n)}$$

3.2. Estudio sobre la evolución de criterios de sensibilidad

Estos tres criterios tienen valores periódicos que evolucionan en el tiempo. Cualquiera sea el criterio considerado (porcentaje de manchas fructíferas, índice de esporulación, índice de intensidad de la enfermedad) está representado por una variable $Y(t)$, donde la función de tiempo 't' está limitada a nivel inferior por $Y(t)=0$ y a nivel superior por un valor P_1 , hacia el cual tiende asintóticamente cuando 't' crece. El valor P_1 depende del cultivar y de las condiciones del ambiente que lo rodean.

Si se considera la curva que representa la evolución, en el tiempo, de la media de esta variable calculada sobre un cierto número de hojas, se constata que su crecimiento dY/dt , débil en un principio tiene una función creciente, llega a un máximo y luego decrece.

Estas observaciones conducen al ajuste de estas evoluciones, mediante curvas logísticas de la forma (véase Fig. 3):

$$Y = \frac{P1}{1 + e^{\frac{P2 - P3t}{P1}}}$$

donde:

P1 representa la asíntota superior;

P2 fija la curva en forma paralela al eje del tiempo y puede ser representado en un índice de precocidad de la enfermedad, la cual es más débil en tanto P2 es más elevado;

P3 está ligado a la pendiente máxima dY/dt en el punto de inflexión por la relación $(dY/dt)_{max} = (P3 \times P1)/4$; él fija por lo tanto la pendiente máxima y por ende la forma de la logística siendo P1 conocido; P3 puede ser incorporado en un índice de velocidad de evolución de la enfermedad, cuyo grado depende de la elevación de P3.

El problema que se plantea es ajustar la nube de puntos, correspondiente a los datos individuales (valor del criterio por hoja) en una curva logística en la que se estima tres parámetros: P1, P2 y P3.

Con este objeto se ha utilizado un programa de regresión no-lineal (P3R) de la Biblioteca BMPD (Universidad de California, Los Angeles), en el que se integra: la función que se quiere ajustar, las derivadas parciales de la misma en relación a los parámetros estimados y los valores iniciales para estos últimos. El mismo proporciona las estimaciones de los tres parámetros según

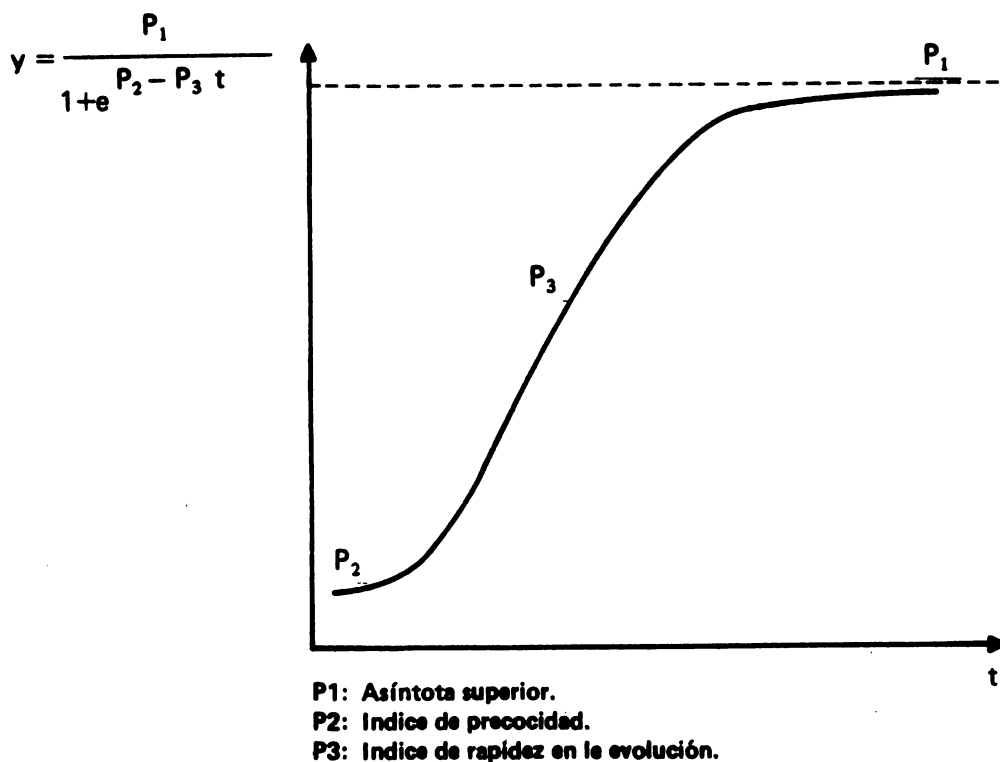


Fig. 3. Curva logística

el mínimo valor posible de la suma residual de los cuadrados, alrededor de la logística. Brinda igualmente las diferencias-tipos de estos parámetros, lo que permite efectuar las comparaciones deseadas.

Se supone que las condiciones ambientales han sido comprobadas mediante diversos experimentos y no tienen influencia significativa sobre el valor de los parámetros, de cuya comparación se podrá obtener la clasificación de los cultivares estudiados.

Las observaciones serán consideradas a partir del primer día de aparición del fenómeno estudiado, en un lote de hojas correspondiente a un cultivar, hasta después de los días 35 a 46 posteriores a la infección (según el cultivar) correspondiente a una manifestación clara del criterio.



4. PRIMEROS RESULTADOS

4.1. Material estudiado

Se ha investigado una serie de ocho cultivares aplicando las técnicas antes descritas:

Caturra 4	(Ca 4)
Mulungu 5	(Mu 5)
Local bronze 1	(Lb 1)
Local bronze 2	(LB 2)
Porto Rico 3	(PR 3)
Kaffa 3	(Kf 3)
Ethiope 7	(Et 7)
Ethiope 12	(Et 12)
Abyssinie 1	(Ab 1)

En esta experiencia sólo la raza II del patógeno ha sido confrontada a estos diversos cultivares; se trata de una muestra que proviene del CIFC (muestra No. 1 427), mutiplicada 'in vitro', como se ha mencionado anteriormente.

4.2. Estudio del porcentaje de manchas con esporas

La aparición de la esporulación es observada en los lotes de hojas durante el período comprendido entre los días 17 y 21 después de la infección, a excepción del cultivar Et 7, donde la misma no aparece, y del cultivar Et 12, donde se manifiesta solamente después del 39.º día; ya que para el cual no se puede ajustar con validez una logística durante el período comprendido entre los días 39 al 46 y en el último día de observación. Los índices P1, P2 y P3 son calculados con diversos grados de libertad (109 al 159) según los cultivares.

4.2.1. Comparación de los asintotas (P1)

La prueba de Duncan conduce a la siguiente clasificación (umbral 0.05):

	Kf 3	LB 2	PR 3	Mu 5	LB 1	Ca 4	Ab 1
P1	56.7	64.8	72.9	75.5	81.3	82.1	90.6
S	9.29	6.81	5.84	3.01	4.09	3.70	3.28

Ningún cálculo estadístico puede efectuarse para Et 7, P1=0 y para Et 12, P1=2.3. Es evidente que ambos son muy diferentes a los otros cultivares.

4.2.2. Comparación de los índices de precocidad (P2)

No existe ninguna diferencia significativa por el hecho de que las diferencias-tipos son relativamente elevadas.

	Kf 3	LB 2	LB 1	Ca 4	PR 3	Ab 1	Mu 5
P2	7.70	8.36	8.59	8.93	9.46	9.81	11.39
S	2.13	1.58	0.94	0.97	1.56	0.88	1.66

4.2.3. Comparación de los índices de velocidad en la evolución.

Solamente Mu 5 posee un índice significativamente superior a los calculados para Kf 3 y LB 2.

	Kf 3	LB 2	LB 1	PR 3	Ca 4	Ab 1	Mu 5
P3	0.300	0.313	0.350	0.361	0.368	0.376	0.544
S	0.089	0.063	0.040	0.062	0.041	0.035	0.080

4.3. Evolución del índice de esporulación

4.3.1. Comparación de los asíntotas (P1)

La prueba de Duncan conduce a la siguiente clasificación (umbral 0.05):

	Kf 3	LB 2	PR 3	LB 1	Ab 1	Ca 4	Mu 5
P1	0.368	0.408	0.506	0.534	0.643	0.651	0.660
S	0.069	0.044	0.055	0.037	0.031	0.037	0.048

Se denota que los seis cultivares en observación se reparten en dos grupos bastante diferentes; asimismo los cultivares Et 7 y Et 12 no pueden ser considerados por las razones antes explicadas.

4.3.2. Comparación de los índices de precocidad (P2):

No existe ninguna diferencia significativa.

	Mu 5	Kf 3	LB 1	PR 3	Ca 4	Ab 1	LB 2
P2	7.78	8.47	8.59	8.99	9.10	9.46	9.81
S	0.91	2.06	1	1.23	0.87	0.84	1.94

4.3.3. Comparación de los índices de velocidad en la evolución (P3):

No existe ninguna diferencia significativa.

	Kf 3	PR 3	Mu 5	LB 1	Ab 1	Ca 4	LB 2
P3	0.310	0.315	0.316	0.327	0.337	0.339	0.359
S	0.082	0.047	0.040	0.041	0.032	0.034	0.074

4.4. Estudio del índice de intensidad de la enfermedad

La aparición de las lesiones es observada en los lotes de hojas entre el décimo y el duodécimo día después de la infección, según los cultivares. Los índices P1, P2 y P3 son calculados con diversos grados de libertad, de 179 a 357 de acuerdo a los cultivares .

4.4.1. Comparación de los asíntotas (P1):

La prueba de comparación múltiple de Duncan conduce a la siguiente clasificación según el umbral 0.05 (véase Fig. 4):

	Et 7	Et 12	Kf 3	LB 2	PR 3	LB 1	Ca 4	Mu 5	Ab 1
P1	0.22	0.25	0.61	0.62	0.66	0.70	0.74	0.75	0.79
S	0.016	0.010	0.024	0.022	0.031	0.018	0.024	0.025	0.13

(diferencia-tipo)

Los asíntotas permiten clasificar a los cultivares en cinco grupos diferentes.

4.4.2. Comparación de los índices de precocidad de la enfermedad (P2):

Solamente Kf 3 se distingue de Ca 4 y de Et 12, por su mayor precocidad.

	Kf 3	Et 7	PR 3	Ab 1	LB 1	Mu 5	LB 2	Ca 4	Et 12
P2	4.07	4.27	4.58	4.69	4.77	4.81	4.94	5.08	5.63
S	0.26	0.35	0.32	0.14	0.25	0.30	0.33	0.28	0.66

4.4.3. Comparación de los índices de velocidad en la evolución de la enfermedad (P3):

Solamente Et 7 se distingue del conjunto homogéneo, conformado por los demás cultivares. La Fig. 4 representa las curvas en la evolución de los índices de intensidad de enfermedad para los cultivares Ca 4, Et 7 y Et 12, e ilustra bien sobre las diferencias de sensibilidad entre los cultivares, evidenciadas por las técnicas de estudio empleadas.

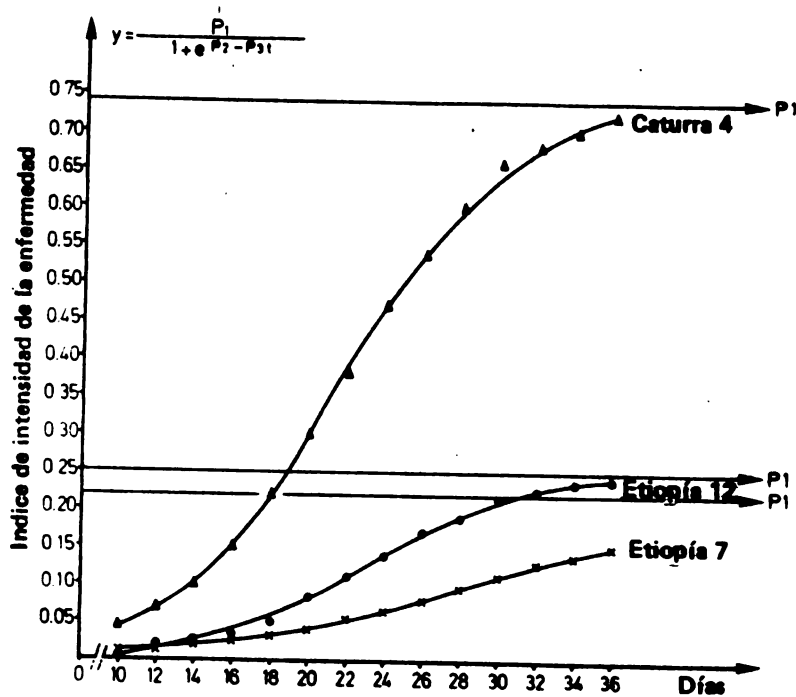
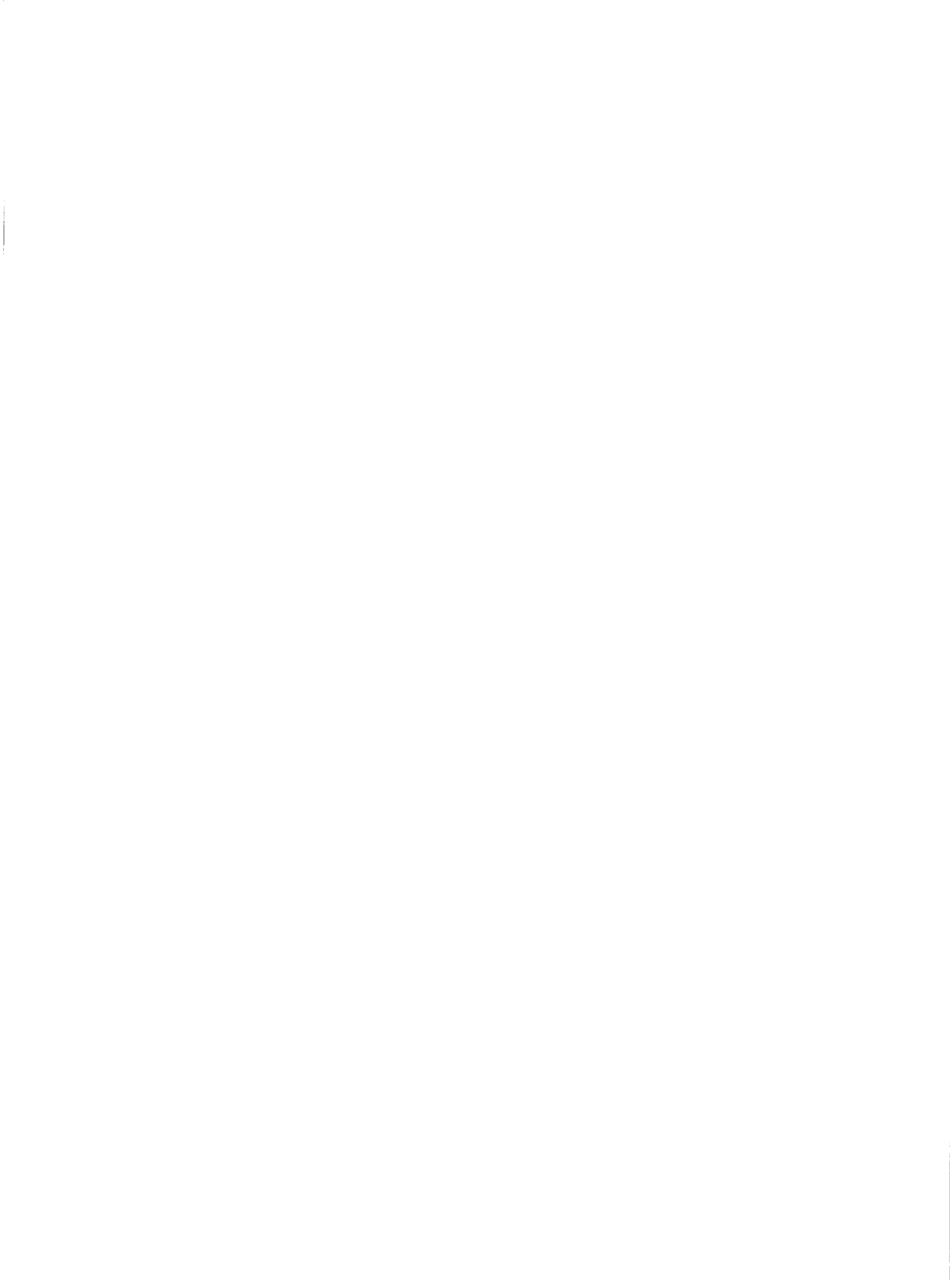


Fig. 4. Comparación de la evolución de los diferentes índices de intensidad de la enfermedad; *Hemileia vastatrix* raza II.



	Et 7	Kf 3	PR 3	Ab 1	LB 2	Ca 4	LB 1	Mu 5	Et 12
P3	0.144	0.207	0.208	0.216	0.232	0.234	0.238	0.244	0.245
S	0.014	0.015	0.016	0.007	0.017	0.014	0.013	0.017	0.030

4.5. Valores de los diferentes índices

Se ha establecido un cuadro de relaciones de las medias $100 \times (Si/Pi)$ para los diferentes criterios e índices.

	P1	P2	P3
Índice de intensidad de enfermedad	3.8 %	6.7 %	7.3 %
Porcentaje de manchas con esporas	7.4 %	15.5 %	16.2 %
Índice de esporulación	9.3 %	14.2 %	15.3 %

Se constata que el criterio índice de 'intensidad de la enfermedad' puede ser estimado con una precisión dos veces mayor que los otros, los cuales no son muy diferentes. Además, el asintota para cada criterio es estimado con una precisión igualmente dos veces mayor que los otros dos índices (de precocidad y de velocidad en la evolución).

Se ha calculado los coeficientes de correlación entre los diversos criterios para el conjunto de cultivares, a excepción de Et 7 y Et 12 que no intervienen en ninguna de las clasificaciones (véase Cuadro No. 1).

CUADRO No. 1 Cálculo de coeficientes de correlación para el conjunto de cultivares.

Asíntotas	Indice de intensidad de enfermedad	Porcentaje de manchas con esporas	Indice de esporulación
Indice de intensidad de enfermedad		0.91 ^{XX}	0.96 ^{XX}
Porcentaje de manchas con esporas			0.86 ^{XX}
Indice de esporulación			
Indice de precocidad			
Indice de intensidad de la enfermedad		0.34 NS	0.31 NS
Porcentaje de manchas con esporas			0.43 NS
Indice de esporulación			
Indice de velocidad de propagación			
Indice de intensidad de la enfermedad		0.55 NS	0.35 NS
Porcentaje de manchas con esporas			0.29 NS
Indice de esporulación			

Se comprueba que la significación aparece solamente para los asíntotas, lo que era previsible por la débil discriminación para los otros dos índices.

5. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Frente al interrogante de que si los resultados obtenidos en laboratorio reflejan con precisión las verdaderas reacciones de la planta en condiciones naturales, se logra una respuesta al comparar estos resultados con las observaciones realizadas en el campo, en Camerún.

Así, las observaciones en este último país han sido traducidas en términos de porcentajes medios ponderados anuales de ataque (PMA), según la siguiente fórmula:

$$PMA = \frac{(P4 \times N4) + (P5 \times N5) + \dots + (P11 \times N11)}{N4 + N5 + \dots + N11}$$

en la cual:

P4: representa el porcentaje de hojas afectadas desde el momento de la observación en el mes de abril.

P5: representa el porcentaje de hojas afectadas desde el momento de la observación en el mes de mayo.

P11: representa el porcentaje de hojas afectadas desde el momento de la observación en el mes de noviembre.

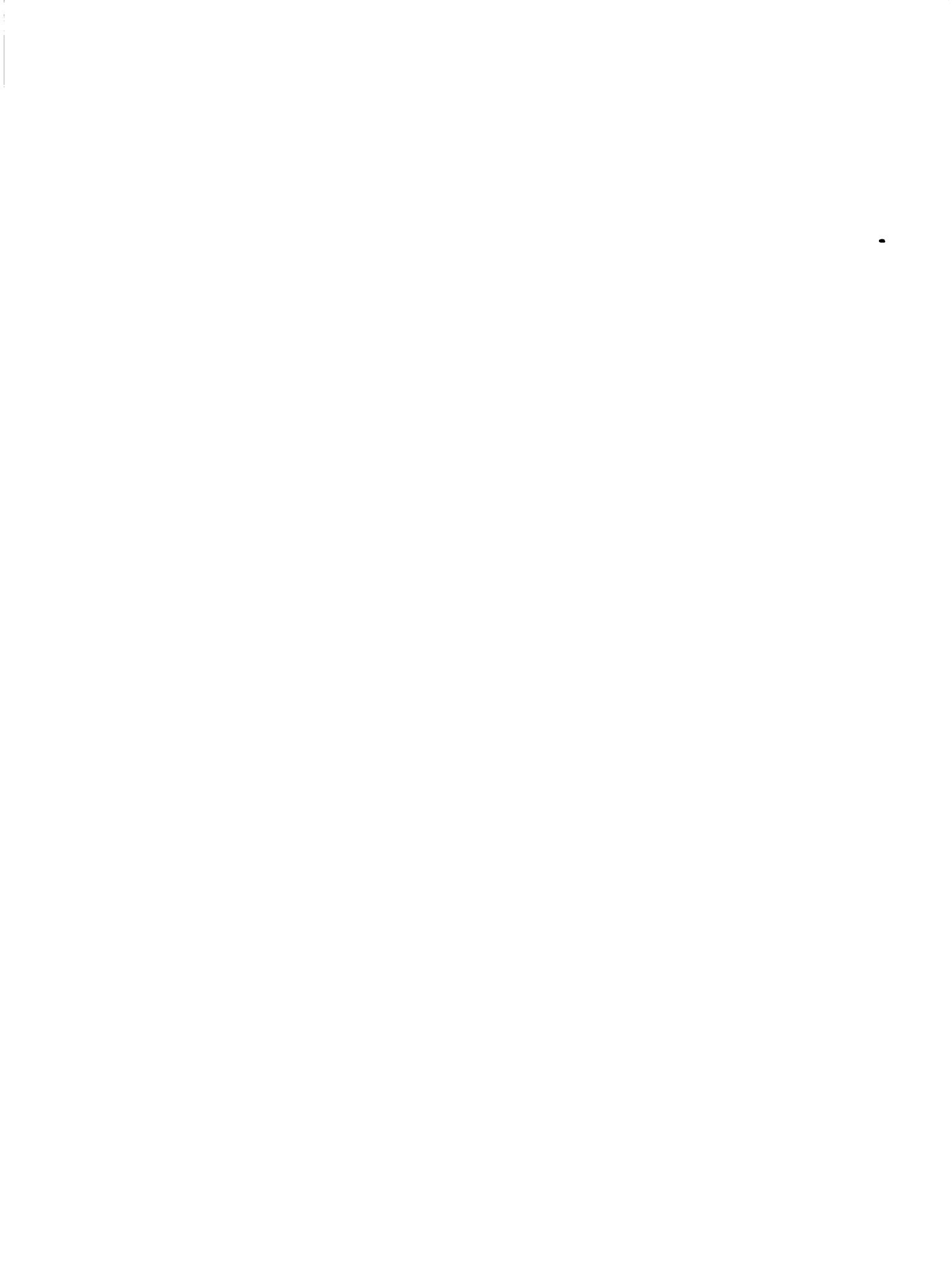
N4: representa el número de hojas observadas en abril.

N5: representa el número de hojas observadas en mayo.

. .
. .
. .
. .

N11: representa el número de hojas observadas en noviembre.

Si se compara paralelamente los datos asintóticos del índice de intensidad de la enfermedad, obtenidos en Montpellier y los PMA logrados en Camerún, se tiene:



CUADRO No. 2 Comparación de los datos de Montpellier y de Camerún

Cultivares	Camerún		Montpellier	
	PMA	Rango por orden de sensibilidad decreciente	Índice de intensidad de la enfermedad (asíntota)	Rango por orden de sensibilidad decreciente
KF 3	25.60	1	0.61	9
LB 1	22.91	2	0.70	5
Mu 10	22.44	3	0.87	1
LB 2	21.45	4	0.62	8
Ca 4	18.34	5	0.74	3
PR 3	17.24	6	0.66	6
Mu 5	11.44	7	0.75	2
Kf 7	7.80	8	0.74	3
MoT	7.68	9	0.58	10
Mu 3	4.06	10	0.63	7
Et 20	0.27	11	0.57	11
Et 7	0	12	0.22	14
Et 12	0	13	0.25	13
Et 25	0	14	0.39	12

El Cuadro No. 2 demuestra que existe una buena correlación global entre los resultados obtenidos en el campo y aquellos, en el laboratorio. Las diferencias encontradas se deben a que en el campo, las observaciones tienen en cuenta no solamente la resistencia intrínseca de los cultivares, sino que también otros parámetros que desempeñan además un papel muy importante en la significación de los ataques; así, la estructura de la planta puede favorecer en cierto modo el contagio de hoja a hoja, el medio ambiente puede condicionar el contagio de planta a planta, entre otros.

Se puede afirmar que el estudio realizado en Montpellier sobre la resistencia no-específica del cafeto a la roya anaranjada, según técnicas estandarizadas y originales, ha permitido poner en evidencia la existencia de reacciones diferenciales considerables a los ataques de esta enfermedad, en el caso de la especie *Coffea arabica*.

El método de apreciación de los diferentes criterios de evaluación de esta resistencia ha permitido establecer una neta distinción de los cultivares; autoriza la medición sobre la importancia relativa de los diferentes componentes de la resistencia y por ende orienta en la elección de los progenitores que se deben utilizar en un programa de hibridación y de selección.

Asimismo, el método permite explicar las observaciones realizadas en el campo, que asocian la resistencia intrínseca de los cultivares a otros parámetros ligados a la epidemiología.

Actualmente se continúa investigando a otras razas del patógeno y otros cultivares. Próximamente se espera poder llevar a cabo un estudio sobre la indentificación de los factores bioquímicos, de los que dependen las diferencias de sensibilidad observadas.

6. RESUMEN

El estudio de la resistencia no-específica del cafeto a la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix Berk y Br*) iniciada en octubre de 1980 en el laboratorio de Fitopatología del Instituto de Investigaciones sobre el Café (IRCC, Montpellier, Francia) -en el marco de actividades de cooperación franco-colombianas-, ha tenido por objeto en un principio la elaboración esmerada de un cierto número de técnicas,

posteriormente la realización de pruebas de sensibilidad, mediante la aplicación de las técnicas mencionadas, sobre un determinado número de cultivares de arábica proveniente de dos diferentes fuentes (colección de Camerún en su mayor parte de origen etíope y colección colombiana).

A nivel de las técnicas se ha estudiado:

6.1. La producción de uredosporas 'in vitro' (objeto de una conferencia aparte).

6.2. La técnica de inoculación que conlleva:

6.2.1. La elección entre fragmentos de hojas u hojas enteras en supervivencia en cámara húmeda, siendo adoptadas finalmente estas últimas;

6.2.2. La manera de depósito del inóculo. Los ensayos han conducido a la adopción de un depósito puntual de gotas con una suspensión de 10 ul de uredosporas en agua destilada, calibradas a 0.500 mg/ml;

6.2.3. El número de depósitos por hoja: 20;

6.2.4. El pH de la suspensión: de 5.8 a 6.3.

6.3. La temperatura de incubación; aquella a 25°C se mostró más favorable que a 22°C frente a los síntomas presentes.

6.4. Los criterios para la apreciación de las reacciones de la planta ante la infección; la escala adoptada tiene en cuenta 7 puntos para los diferentes criterios, a saber: duración del período de incubación, duración del período de fructificación, velocidad en la extensión de las manchas y abundancia de la fructificación.

El reajuste de la evolución con el tiempo de estos criterios se logró por medio de curvas logísticas:

$$Y = \frac{P1}{1 + e^{P2 - P3t}}$$

donde:

'Y' representa la evolución de un criterio con el tiempo 't', permite estimar el valor y la relación de los diferentes índices tales como la precocidad de la enfermedad (P2), la velocidad en la extensión (P3), la infección asintótica (P1). El programa utilizado permite calcular la varianza de cada uno de estos índices y la comparación de los cultivares, de las temperaturas de incubación de las concentraciones del inóculo, entre otros.

El estudio de las colecciones está todavía poco avanzado, sin embargo ha permitido evidenciar la existencia de una resistencia no-específica muy marcada en ciertos cultivares provenientes de Etiopía (Et 7 y Et 12) y de Kenia (K006 y K006.17).

1981

