

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL EFECTO DE LA ROYA EN LA VARIEDAD CATURRA Y PROGENIES CON RESISTENCIA INCOMPLETA

Carolina Aristizábal-Arias*; Hernando Duque-Orrego**

RESUMEN

ARISTIZÁBAL A., C.; DUQUE O., H. Análisis económico del efecto de la roya en la variedad Caturra y progenies con resistencia incompleta. Cenicafé 58(3):167-184. 2007.

A partir de los estudios en resistencia incompleta realizados en la Disciplina de Mejoramiento Genético de Cenicafé se analizó la producción de 101 progenies de Caturra por el Híbrido de Timor, de los experimentos MEG 0245, 0246 y 0247, correspondientes al período comprendido entre julio de 1999 y junio de 2003. Para tal fin, se obtuvieron las producciones y se compararon con los testigos Caturra sin control y Caturra con control.

Se encontró que el 72% de las progenies producen en promedio $84 @.ha^{-1}.año^{-1}$ por ciclo de c.p.s. más que la variedad Caturra sin control, la cual tiene un promedio de producción de c.p.s. de $206 @.ha^{-1}.año^{-1}$ por ciclo. Esta mayor producción representó \$ 3.923.808, a precios del grano de mayo 10 de 2006. Para la comparación de Caturra con control y las progenies con resistencia incompleta se encontró que el 21% de las progenies fueron más productivas que este testigo. La mayor producción de c.p.s. fue en promedio de $63 @.ha^{-1}.año^{-1}$ por ciclo, además que no es necesario el control químico de la enfermedad, lo que representa un ahorro de recursos, y por tanto, menores costos (\$ 587.660 $ha.año^{-1}$). Las pérdidas en producción asociadas a la enfermedad se estimaron en un 21%.

Palabras clave: Presupuestos parciales, control de la roya, producción, reducción de costos.

ABSTRACT

The production of 101 Caturra x Timor Hybrid progenies was analyzed from the studies in incomplete resistance carried out by the discipline of Coffee Breeding at Cenicafé. The experiments MEG 0245, 0246 and 0247 corresponding to the period from July 1999 to June 2003 were used. In order to achieve the set objective the productions were obtained and compared with Caturra without control and Caturra with control.

It was found that 72% of the progenies produce around $84 @.ha^{-1}.year^{-1}$ per c.p.s. cycle more than Caturra variety without control, which has an average production of $206 @.cps/he/year$ per cycle. This bigger production represented \$3.923.808 in May of 2006. Regarding the comparison between Caturra with control and the progenies with incomplete resistance, it was found that 21% of the progeny was more productive than this control. The extra-production was $63 @.ha^{-1}.year^{-1}$ per cycle in average and it was also established that the chemical control of the disease is not necessary, which represents saving in resources (\$587.660/ $ha^{-1}.year^{-1}$). The production lost associated with the disease was estimated in 21%.

Keywords: Partial budgets, coffee leaf rust control, production, expenses reduction.

* Economista Empresarial. Msc. Administración. Economía. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, hasta el 31 de marzo de 2007. Chinchiná, Caldas, Colombia.

**Investigador Científico III. Economía. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, hasta marzo de 2006. Chinchiná, Caldas, Colombia.

El café ha sido por años uno de los cultivos más importantes del país, y durante el siglo XX fue un gran motor de desarrollo económico y social, especialmente para las zonas en donde se cultivaba. A pesar de su disminución en la participación en el producto interno bruto (PIB) nacional, por un lado debido a la diversificación de productos y servicios que lo conforman y por el otro, a la situación coyuntural por la que ha atravesado el sector en los últimos años, sigue teniendo un papel importante en la economía del país pues genera el 36% del empleo agrícola, 560.000 familias derivan sus ingresos principalmente de su cultivo, y su participación en el PIB agropecuario es del 12%. Debido a esto, aspectos que benefician el cultivo como nuevas tecnologías, o aquellos aspectos que lo afectan como plagas y enfermedades, tendrán impactos notorios en la economía nacional.

Como ha sido reconocido desde que comenzó a cultivarse, el café tiene problemas sanitarios que limitan su producción como lo es la roya del café, causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. y Br., que desde su llegada al país en 1983 ha sido la principal enfermedad del cultivo. Ésta afecta directamente las hojas, reduce su capacidad fotosintética e impide el desarrollo normal de la planta, lo cual se refleja en la reducción de la producción. Sierra y Montoya (15) encontraron que en un año considerado de epidemia severa (tasa diaria de infección > 0,19%) existe una relación directa entre la infección durante el llenado de frutos y la disminución de la producción. En diferentes ensayos realizados en la zona cafetera colombiana, las pérdidas ocasionadas por la enfermedad han alcanzado hasta el 23% de la producción acumulada de cuatro cosechas (10).

Debido al considerable efecto que tiene la roya en la producción, Cenicafé ha desarrollado

importantes estudios que han dado pautas para el control químico y genético de la enfermedad.

El control químico puede llevarse a cabo mediante el empleo del sistema de calendarios fijos o del sistema de niveles de infección (10). El primero se basa en la aspersión de fungicidas sistémicos o protectores, de acuerdo con un calendario que varía entre zonas y que depende de la distribución de la cosecha, mientras que el segundo, utiliza el criterio de los niveles de infección encontrados en cada lote. Adicionalmente, existen en el mercado diferentes equipos para realizar las aspersiones como son las fumigadoras de palanca, de presión previa retenida, motorizadas de espalda y las semiestacionarias. De esta forma el costo del control de la roya varía dependiendo del sistema de control, del tipo de fungicida y del equipo de aspersión.

Con relación al control genético, tradicionalmente en el país se han cultivado las variedades Típica, Borbón y Caturra, de la especie *Coffea arabica*, que son susceptibles a la roya del café, y desde la década del 80, se entregó a los caficultores colombianos la variedad Colombia con resistencia completa a la enfermedad, la cual fue desarrollada por Cenicafé (5). Desde su obtención esta variedad se ha sembrado continuamente hasta abarcar, en casi dos décadas, una superficie aproximada a 253.343 hectáreas, que equivale al 29% del total del área cafetera nacional (8). Durante este tiempo la variedad Colombia ha sido sembrada en diferentes ambientes y microclimas de las distintas regiones cafeteras, con una amplia adaptación. Paralelamente, la Disciplina de Mejoramiento Genético de Cenicafé ha continuado con la investigación de estas variedades y desde 1988 inició un proyecto de selección por resistencia incompleta a la roya anaranjada del café, debido a que la

resistencia o la susceptibilidad de la población de plantas a la enfermedad constituye uno de los factores más importantes en la estabilidad de la producción, cuando otras razas del hongo atacan a las plantas con resistencia completa. A partir de estos estudios se encontró que varias progenies retardan el desarrollo de la enfermedad (2). Dentro de las características estudiadas se encuentran aquellas relacionadas con la enfermedad y su efecto, específicamente defoliación, proporción de hojas afectadas, retención y recuperación de follaje, disminución de la producción e incidencia de la enfermedad, entre otras. Sin embargo, hasta el momento no se han realizado estudios en los cuales estas progenies sean analizadas económicamente o hayan sido comparadas en este aspecto con las variedades de más amplio uso, Caturra y Colombia.

El presente estudio tuvo como objetivo contribuir al conocimiento del efecto económico de la roya del cafeto sobre las progenies con resistencia incompleta a partir de las diferencias en la producción, y mediante el uso de análisis que permitieran determinar los beneficios económicos que pueden generarse al no tener que tomar medidas de control. La liberación de recursos debe mirarse en dos sentidos, primero si permite reasignar estos recursos para adelantar otras actividades del cultivo y segundo, si se reducen los costos de producción, lo cual se traduce en mayores márgenes de ganancia para el caficultor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis se realizó a partir de los resultados de los experimentos MEG 0245, MEG 0246 y MEG 0247 realizados por la Disciplina de Mejoramiento Genético, sembrados en la Estación Central Naranjal de Cenicafé. Los resultados de estos experimentos

presentaban la evaluación del comportamiento agronómico y de la resistencia incompleta de 101 progenitores élites de Caturra x Híbrido de Timor, de las generaciones F5, F6 y F7, algunas de ellas habían sido parte de la composición genética de la variedad Colombia y otras habían sido preseleccionadas como componentes de la misma (3). Las progenies estaban sembradas a 1m x 2m, con una densidad de 5.000 plantas por hectárea, y el manejo en el campo relacionado con la fertilización, el manejo de arvenses y demás prácticas de cultivo se realizó de acuerdo con las recomendaciones técnicas desarrolladas en Cenicafé.

Los análisis realizados por la Disciplina de Mejoramiento correspondieron a datos recolectados durante tres cosechas. Entre los resultados más relevantes de estos experimentos, se tiene que los análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre progenies en todos los casos. La comparación con la variedad Colombia mostró que las progenies se comportan de manera similar a ella, en tanto que la variedad Caturra, debido al efecto de la roya sobre su potencial productivo, fue estadísticamente inferior a la variedad Colombia y a los testigos de resistencia incompleta (3).

Para la realización del presente análisis, la Disciplina de Mejoramiento Genético proporcionó los registros de producción, los cuales se tomaron durante las cuatro cosechas principales correspondientes al período comprendido entre julio de 1999 y junio del 2003. Estos registros estaban expresados en kg/árbol/año de café cereza.

A partir de la información anterior, se estimaron el total y el intervalo de confianza ($p=0,95$) de café producido por una hectárea, con una densidad de 5.000 plantas. La estimación se expresó en arrobas¹

¹ Una arroba equivale a 12,5kg.

por hectárea por año por ciclo (@.ha.⁻¹año.⁻¹ por ciclo) de café pergamino seco, para lo cual se usó un factor de conversión de 5kg de café cereza (c.c.) por 1kg de café pergamino seco (c.p.s.) y un ciclo productivo de cinco años.

A partir de los resultados de las progenies evaluadas de acuerdo con el grado de resistencia a la enfermedad, se seleccionaron para el análisis económico aquellas progenies con alta resistencia a la misma, además de los testigos, variedad Caturra sin control químico y con control químico (Tabla 1).

Análisis estadístico. Se realizó una comparación de medias para identificar aquellas progenies más productivas que los testigos Caturra sin control y Caturra con control. Se usó la prueba de Dunnett ($p=0,95$) para establecer diferencias entre las progenies con respecto a cada testigo. Se identificaron aquellas progenies con una producción mayor y se formaron dos grupos, los cuales se compararon mediante la prueba de Duncan (5%) para determinar si eran diferentes estadísticamente.

Para los dos grupos se calcularon las diferencias en producción, es decir la mayor producción que tenía cada progenie en presencia o ausencia del control, con respecto a los testigos. Se realizó un análisis de estadística descriptiva para cada uno de los grupos.

Análisis económico. Se usó el análisis marginal, el cual considera pequeños cambios en una tecnología para determinar si el cambio propuesto mejora o no el objetivo de ésta (6). Además, se utilizó la técnica de presupuestos parciales la cual es útil para

evaluar los efectos de un cambio propuesto en una práctica a nivel de finca, éstos se fundamentan en el análisis de los efectos positivos y negativos del cambio técnico propuesto.

Los análisis económicos se sustentaron en los siguientes supuestos:

- Precio del café pergamino seco por arroba: \$ 46.712²
- Costos del control de la roya del cafeto: para esto se seleccionaron los costos del control que presentan Rivillas *et al.* (11). Para el análisis se actualizaron los costos a valores del 2006, y se calcularon para una densidad de 5.000 árboles/ha.

En la Tabla 2 se describen los diferentes costos de control seleccionados para el análisis, además se especifica el sistema de control, el producto empleado y el equipo empleado. La selección del control usado en el análisis se realizó con la asesoría de la Disciplina de Entomología de Cenicafé³.

Debe tenerse en cuenta que las variables que hacen parte de los supuestos básicos son dinámicas, es decir, varían a través del tiempo; por tanto, los resultados que se presentan en este artículo hacen referencia al momento en el cual se tomaron y calcularon dichos valores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se dividieron en dos partes, inicialmente se presenta el análisis de la comparación de la variedad Caturra

² Precio interno del café en Manizales y Chinchiná, Diario La Patria, Mayo 10 de 2006.

³ VILLALBA G., D.A. Comunicación personal. Mayo de 2006.

Tabla 1. Progenies con alta resistencia a la roya, seleccionados de los experimentos MEG 0245, 0246 y 0247.

Progenies	Promedio de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	Intervalo de confianza	Progenies	Promedio de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	Intervalo de confianza
BG.129	236,6	± 23,5	BK.188	298,3	± 27,8
BG.136	270,9	± 29,6	BK.281	218,0	± 31,1
BG.216	289,4	± 22,4	BK.391	287,4	± 23,8
BG.238	245,1	± 38,5	BK.50	337,3	± 24,1
BG.294	314,0	± 41,5	BK.500	276,4	± 28,8
BG.331	243,7	± 29,9	BK.506	259,9	± 23,0
BG.398	262,4	± 22,2	BK.635	250,8	± 26,3
BG.421	258,4	± 26,9	BK.266	324,7	± 24,4
BG.449	265,8	± 21,9	CU.113	249,1	± 23,8
BG.495	324,5	± 34,3	CU.1824	273,9	± 32,9
BG.502	249,9	± 46,2	CU.1864	313,7	± 37,3
BG.553	261,5	± 27,5	CU.1872	304,6	± 25,3
BG.635	314,1	± 25,8	CU.1878	233,1	± 21,4
BG.90	268,0	± 26,0	CU.1883	265,4	± 32,4
BH.1072	233,2	± 26,0	CU.1885	277,7	± 24,9
BH.1208	307,8	± 22,2	CU.1887	254,0	± 25,0
BH.1285	310,9	± 33,5	CU.1888	325,8	± 32,3
BH.1340	290,1	± 53,0	CU.1902	341,0	± 44,7
BH.1361	200,0	± 52,3	CU.1911	234,0	± 53,4
BH.1394	220,5	± 28,8	CU.2031	226,8	± 34,6
BH.776	324,9	± 40,5	CU.298	259,5	± 34,8
BH.802	284,7	± 20,5	CX.2118	232,2	± 28,9
BH.805	236,0	± 23,2	CX.2192	228,0	± 46,5
BH.813	270,6	± 19,8	CX.2233	301,9	± 30,4
BH.836	290,1	± 20,1	CX.2251	287,3	± 32,5
BH.840	308,9	± 20,8	CX.2377	244,7	± 33,5
BH.843	328,2	± 37,1	CX.2827	257,2	± 30,7
BH.890	250,0	± 25,1	CX.2834	219,0	± 18,1
BH.904	331,4	± 40,7	DG.1377	262,0	± 34,8
BH.968	268,4	± 17,8	DG.1380	208,6	± 32,5
BH.993	335,0	± 22,4	DG.1393	275,5	± 25,0
BI.120	259,4	± 24,7	DG.1394	244,3	± 32,9
BI.135	343,4	± 31,4	DG.376	331,8	± 25,8
BI.244	214,6	± 52,3	DH.127	254,0	± 32,4
BI.302	244,0	± 22,8	DH.155	204,0	± 26,0
BI.327	213,5	± 29,3	DH.173	243,7	± 28,0
BI.429	300,8	± 33,3	FK.105	283,9	± 22,8
BI.489	347,4	± 26,7	FK.139	307,9	± 26,1
BI.55	285,2	± 22,4	NR.125	268,3	± 24,6
BI.567	220,8	± 26,2	NR.270	257,6	± 33,7
BI.625	329,4	± 31,4	Nr.287	253,4	± 24,7
BI.656	225,5	± 25,7	Nr.349	260,4	± 34,3
BI.696	309,0	± 27,6	Nr.656	254,9	± 38,2
BI.715	228,9	± 23,4	NR.946	243,4	± 16,1
BI.74	306,3	± 25,2	RS.P.62	282,9	± 31,2
BK.114	279,1	± 29,3	RS.P.68	205,6	± 41,7

Continúa...

...Continuación

Progenies	Promedio de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	Intervalo de confianza
SP.34	300,8	± 23,5
SP.393	246,9	± 25,5
SP.607	246,2	± 29,9
SP.614	252,3	± 22,9
SP.634	242,8	± 47,0
SP.706	255,8	± 28,7
SP.92	310,6	± 19,8
SP366	315,4	± 32,9
ST.144	253,2	± 31,6

Progenies	Promedio de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	Intervalo de confianza
Caturra sin control	206,8	± 9,3
Colombia	278,2	± 20,1
Caturra con control	260,0	± 18,6

sin control y las progenies con resistencia incompleta, y posteriormente se muestra el análisis correspondiente a la variedad Caturra con control y las progenies con resistencia incompleta, en el que se tienen en cuenta los costos del control presentados en la Tabla 1. Estos análisis económicos se realizan a partir de los ingresos brutos, es decir, no se tienen en cuenta los costos asociados al cultivo, cosecha y postcosecha.

Pérdidas potenciales por sembrar una variedad susceptible. A partir del promedio de las producciones se compararon el testigo Caturra sin control y las progenies con resistencia incompleta, para lo cual se tomaron aquellas progenies con una producción superior al testigo con el fin de calcular las pérdidas en las que se podría incurrir por tener sembrada una variedad susceptible, en lugar de una variedad que además de su alta resistencia a la enfermedad, tiene como ventaja ser más productiva, así como el ahorro en los costos del control de la roya y una resistencia que puede ser más durable frente a las mutaciones del patógeno.

De estas comparaciones se encontró que el 72% de las progenies son más productivas que la variedad Caturra sin control. El promedio de la producción de c.p.s. de la variedad Caturra fue de 206@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo productivo⁴, con un intervalo de confianza (p=0,95) de ±9,31@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo, mientras que el promedio de la producción de c.p.s. del grupo de progenies fue de 290@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo, con un intervalo de confianza de ±3,69@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo. En la Figura 1 se muestra el promedio de la producción con el intervalo de confianza de las progenies más productivas que el testigo, Caturra sin control.

En la Tabla 3 se presentan los promedios de las producciones de estas progenies, la diferencia con respecto a Caturra sin control y lo que representa en pesos esta diferencia.

La máxima producción de café pergamino seco se registró en la progenie BI.489 (347@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo), mientras que en la progenie NR.946 se encontró la mínima producción, con 243@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo.

⁴ El ciclo productivo corresponde a 5 años

Tabla 2. Costos del control de la roya, de acuerdo con el equipo de aspersión y fungicida empleado.

Fungicida	Equipo de aspersión	Costo/ha/aplicación (\$)	Número de aplicaciones por año	Costo total/ha (\$)
Protector Oxicloruro de cobre 50% PM	Presión previa retenida	146.915	4	587.661
	Semi estacionaria	91.165	4	364.658
Sistémico Alto 100 SL	Presión previa retenida	130.413	3	391.239
	Semi estacionaria	88.601	3	265.803

Fuente: Rivillas *et al.* (12).

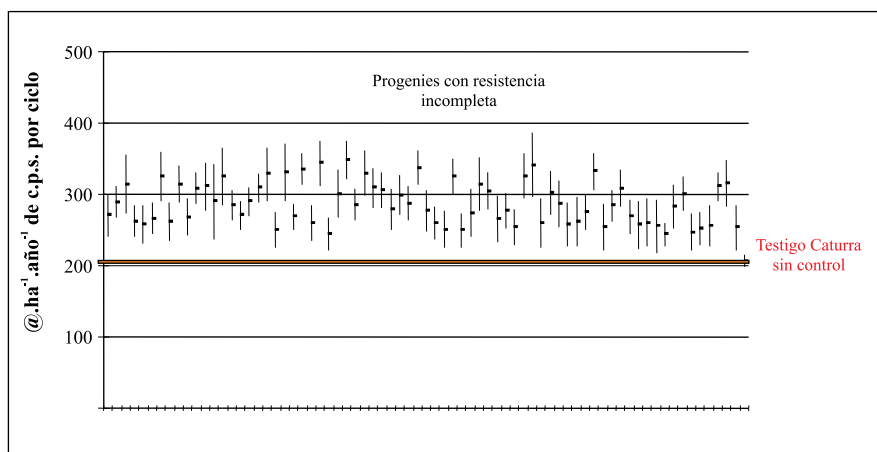


Figura 1. Comparación de la producción de las progenies con resistencia incompleta más productivas que el testigo Caturra sin control.

En promedio, las pérdidas son equivalentes a \$ 3.923.808 ha.año⁻¹ por ciclo productivo, con un intervalo de confianza de \pm \$ 323.714. De la misma forma, al tomar la progenie más productiva (BI.489) las pérdidas máximas podrían ser de \$ 6.586.125.

De esta manera, el uso de progenies con alta resistencia a la enfermedad evitará pérdidas económicas o tener que incurrir en los costos de manejo de la enfermedad, lo cual se traduce en mejores ingresos para el caficultor. Además, esta medida de control evita la contaminación del medio ambiente con miles de toneladas de productos químicos

(12). En la Tabla 4 se resumen las pérdidas económicas de sembrar Caturra y no controlar la roya del café.

Las pérdidas acumuladas del ciclo se estimaron en 402@.ha⁻¹ de c.p.s. correspondientes a cuatro cosechas. La Figura 2, muestra las pérdidas durante los cuatro años de cosecha.

Puede verse que el efecto de la enfermedad es mayor para la primera y la cuarta cosechas, lo que muestra que no se presenta un efecto acumulativo de la roya, a pesar de que en todas las cosechas se presentan pérdidas

Tabla 3. Promedio de la producción de las progenies y su diferencia con relación a Caturra sin control.

Progenie	Producción de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)			Promedio de pérdidas de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	Valor promedio de las pérdidas (\$)
	LI	Media	LS		
NR.946	227,2	243,4	259,5	37,0	1.726.956
BI.302	221,2	244,0	266,9	37,6	1.757.972
SP.393	221,4	246,9	272,4	40,5	1.890.634
CU.113	225,3	249,1	272,8	42,7	1.993.401
BH.890	224,9	250,0	275,2	43,6	2.038.244
BK.635	224,5	250,8	277,1	44,4	2.075.651
SP.614	229,4	252,3	275,1	45,9	2.141.758
ST.144	221,6	253,2	284,8	46,8	2.186.602
CU.1887	229,0	254,0	279,0	47,6	2.223.224
DH.127	221,7	254,0	286,4	47,6	2.225.092
Nr.656	216,8	254,9	293,1	48,5	2.266.199
SP.706	227,1	255,8	284,5	49,4	2.307.305
CX.2827	226,6	257,2	287,9	50,8	2.374.571
NR.270	223,9	257,6	291,3	51,2	2.390.826
BG.421	231,5	258,4	285,4	52,0	2.430.625
BI.120	234,7	259,4	284,0	53,0	2.473.600
CU.298	224,7	259,5	294,3	53,1	2.479.206
BK.506	236,9	259,9	282,9	53,5	2.497.890
Nr.349	226,1	260,4	294,7	54,0	2.522.181
BG.553	234,0	261,5	289,0	55,1	2.574.498
DG.1377	227,1	262,0	296,8	55,6	2.595.051
BG.398	240,2	262,4	284,6	56,0	2.615.605
CU.1883	233,1	265,4	297,8	59,0	2.757.216
BG.449	243,9	265,8	287,7	59,4	2.774.425
BG.90	242,1	268,0	294,0	61,6	2.879.060
NR.125	243,7	268,3	293,0	61,9	2.892.140
BH.968	250,7	268,4	286,2	62,0	2.897.745
BH.813	250,8	270,6	290,5	64,2	3.000.512
BG.136	241,3	270,9	300,5	64,5	3.012.843
CU.1824	241,1	273,9	306,8	67,5	3.153.727
DG.1393	250,5	275,5	300,5	69,1	3.227.532
BK.500	247,6	276,4	305,2	70,0	3.267.704
CU.1885	252,8	277,7	302,6	71,3	3.331.232
BK.114	249,8	279,1	308,4	72,7	3.396.433
RS.P.62	251,6	282,9	314,1	76,5	3.572.266
FK.105	261,1	283,9	306,7	77,5	3.619.103

...Continúa

...Continuación

BG.398	240,2	262,4	284,6	56,0	2.615.605
CU.1883	233,1	265,4	297,8	59,0	2.757.216
BG.449	243,9	265,8	287,7	59,4	2.774.425
BG.90	242,1	268,0	294,0	61,6	2.879.060
NR.125	243,7	268,3	293,0	61,9	2.892.140
BH.968	250,7	268,4	286,2	62,0	2.897.745
BH.813	250,8	270,6	290,5	64,2	3.000.512
BG.136	241,3	270,9	300,5	64,5	3.012.843
CU.1824	241,1	273,9	306,8	67,5	3.153.727
DG.1393	250,5	275,5	300,5	69,1	3.227.532
BK.500	247,6	276,4	305,2	70,0	3.267.704
CU.1885	252,8	277,7	302,6	71,3	3.331.232
BK.114	249,8	279,1	308,4	72,7	3.396.433
RS.P.62	251,6	282,9	314,1	76,5	3.572.266
FK.105	261,1	283,9	306,7	77,5	3.619.103
BH.802	264,3	284,7	305,2	78,3	3.659.338
BI.55	262,8	285,2	307,6	78,8	3.680.638
CX.2251	254,8	287,3	319,8	80,9	3.777.799
BK.391	263,6	287,4	311,2	81,0	3.781.536
BG.216	267,0	289,4	311,8	83,0	3.876.829
BH.836	270,0	290,1	310,2	83,7	3.908.593
BH.1340	237,2	290,1	343,1	83,7	3.910.573
BK.188	270,4	298,3	326,1	91,9	4.291.631
BI.429	267,5	300,8	334,0	94,4	4.407.477
SP.34	277,3	300,8	324,3	94,4	4.407.477
CX.2233	271,6	301,9	332,3	95,5	4.461.663
CU.1872	279,4	304,6	329,9	98,2	4.588.720
BI.74	281,1	306,3	331,5	99,9	4.667.196
BH.1208	285,6	307,8	330,0	101,4	4.736.703
FK.139	281,8	307,9	334,1	101,5	4.742.558
BH.840	288,1	308,9	329,7	102,5	4.788.647
BI.696	281,4	309,0	336,6	102,6	4.791.263
SP.92	290,8	310,6	330,5	104,2	4.868.992
BH.1285	277,4	310,9	344,3	104,5	4.880.763
CU.1864	276,4	313,7	351,0	107,3	5.010.996
BG.294	272,6	314,0	355,5	107,6	5.026.927
BG.635	288,3	314,1	339,9	107,7	5.029.681
SP366	282,5	315,4	348,2	109,0	5.089.472
BG.495	290,2	324,5	358,8	118,1	5.517.354
BK266	300,3	324,7	349,1	118,3	5.526.696
BH.776	284,4	324,9	365,4	118,5	5.534.170
CU.1888	293,5	325,8	358,0	119,4	5.575.277

...Continúa

...Continuación

BH.802	264,3	284,7	305,2	78,3	3.659.338
BI.55	262,8	285,2	307,6	78,8	3.680.638
CX.2251	254,8	287,3	319,8	80,9	3.777.799
BK.391	263,6	287,4	311,2	81,0	3.781.536
BG.216	267,0	289,4	311,8	83,0	3.876.829
BH.836	270,0	290,1	310,2	83,7	3.908.593
BH.1340	237,2	290,1	343,1	83,7	3.910.573
BK.188	270,4	298,3	326,1	91,9	4.291.631
BI.429	267,5	300,8	334,0	94,4	4.407.477
SP.34	277,3	300,8	324,3	94,4	4.407.477
CX.2233	271,6	301,9	332,3	95,5	4.461.663
CU.1872	279,4	304,6	329,9	98,2	4.588.720
BI.74	281,1	306,3	331,5	99,9	4.667.196
BH.1208	285,6	307,8	330,0	101,4	4.736.703
FK.139	281,8	307,9	334,1	101,5	4.742.558
BH.840	288,1	308,9	329,7	102,5	4.788.647
BI.696	281,4	309,0	336,6	102,6	4.791.263
SP.92	290,8	310,6	330,5	104,2	4.868.992
BH.1285	277,4	310,9	344,3	104,5	4.880.763
CU.1864	276,4	313,7	351,0	107,3	5.010.996
BG.294	272,6	314,0	355,5	107,6	5.026.927
BG.635	288,3	314,1	339,9	107,7	5.029.681
SP366	282,5	315,4	348,2	109,0	5.089.472
BG.495	290,2	324,5	358,8	118,1	5.517.354
BK266	300,3	324,7	349,1	118,3	5.526.696
BH.776	284,4	324,9	365,4	118,5	5.534.170
CU.1888	293,5	325,8	358,0	119,4	5.575.277
BH.843	291,1	328,2	365,3	121,8	5.687.386
BI.625	298,0	329,4	360,8	123,0	5.743.440
BH.904	290,7	331,4	372,0	124,9	5.836.490
DG.376	306,0	331,8	357,6	125,4	5.857.417
BH.993	312,6	335,0	357,4	128,6	6.008.764
BK.50	313,2	337,3	361,4	130,9	6.113.399
CU.1902	296,3	341,0	385,7	134,6	6.285.299
BI.135	312,0	343,4	374,8	137,0	6.399.768
BI.489	320,7	347,4	374,1	141,0	6.586.125
Promedio		290		84	3.923.808

LI: Límite Inferior; LS: Límite Superior

Tabla 4. Pérdidas económicas potenciales al sembrar la variedad Caturra sin control de la roya, en lugar de una variedad con resistencia incompleta.

Componente	Testigo Caturra sin control	Progenies con resistencia incompleta
Promedio producción de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	206	290
Menor producción de c.p.s de Caturra sin control (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	(84)	
Pérdidas económicas*	-\$3.923.808 ± 323.714	

* Se expresan dentro de su correspondiente intervalo de confianza

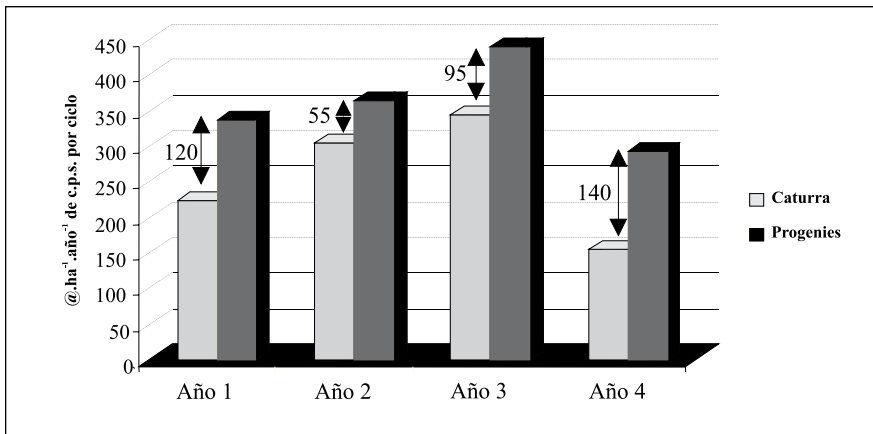


Figura 2. Comparación del promedio de las pérdidas durante los cuatro años de cosecha.

atribuibles a ésta. Lo anterior difiere de lo encontrado por Araño *et al.* (4), quienes en estudios realizados en Cuba, estiman un efecto acumulativo de la enfermedad sobre los rendimientos.

Análisis del costo de control químico de la roya del café. Otro punto importante que se consideró fue el costo del control químico de la enfermedad. Sierra *et al.* (15) estiman los costos del control, que incluyen el equipo, las labores y el fungicida utilizado, como el 7% de los costos totales de producción de

café; sin embargo, como se indicó en la Tabla 1, este costo varía dependiendo del equipo y fungicida. Rivillas *et al.* (11) estiman el punto de equilibrio del control químico para el año 2005 en 5,45@.año⁻¹ de c.p.s., y para el año 2006, este punto de equilibrio alcanzó 6,2@.año⁻¹ de c.p.s. Es decir, que cuando se tiene sembrada una variedad susceptible a la enfermedad en una zona en la cual ésta es un problema sanitario serio, es necesario comprometer hasta 6,2@ de c.p.s para cubrir los costos de control.

La pertinencia del control es un aspecto importante, ya que en la presencia de alta infección resulta ineficiente, por esto un control inoportuno además de convertirse en un gasto innecesario, compromete seriamente la cantidad y la calidad de la cosecha de la finca. (14). Además, ningún sistema de control garantiza que no se obtenga algún nivel de pérdidas. Por ejemplo, en Cenicafé la Disciplina de Fitopatología, en numerosos experimentos, ha estimado en 7% las pérdidas en producción en variedad Caturra, a pesar de la utilización de control químico de la enfermedad (7).

Para este análisis se estimó la producción de c.p.s. de la variedad Caturra con control en $260 @ \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ por ciclo, con un intervalo de confianza de $\pm 18,6 @ \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ por ciclo. Al igual que en el análisis anterior se comparó esta producción con las progenies con resistencia incompleta, con el fin de estimar la mayor producción y los ingresos brutos adicionales derivados de ésta.

Se encontró que el 21% de las progenies evaluadas son más productivas que el testigo Caturra con control. El promedio de la producción de c.p.s. de éstos fue de $323 @ \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ por ciclo, con un intervalo de confianza de $\pm 5,8 @ \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ por ciclo. La

Figura 3 presenta las producciones de las progenies más productivas que el testigo Caturra con control.

Este análisis además de presentar los costos en los cuales se incurre al tener que controlar la enfermedad, muestra los ingresos brutos dejados de percibir por el caficultor, por tener una variedad susceptible a la roya y por tener que controlar la enfermedad. En la Tabla 5 se presentan los ingresos brutos adicionales, que son en promedio de $\$ 2.949.905 ha \cdot año^{-1}$ por ciclo, con un intervalo de confianza de $\pm \$ 273.880 ha \cdot año^{-1}$ por ciclo.

En la Tabla anterior, puede verse que en las progenies analizadas en este grupo la infección por roya no afecta sus características agronómicas, es decir, la enfermedad no compromete la productividad del cultivo, lo que se traduce en mayores ingresos para el caficultor. La Tabla 6 muestra los ingresos brutos de la mayor producción en comparación con la producción de la variedad Caturra con control.

Para el componente costos de control se realizó un análisis de presupuestos parciales a partir de los supuestos básicos del precio de café y de los costos de control.

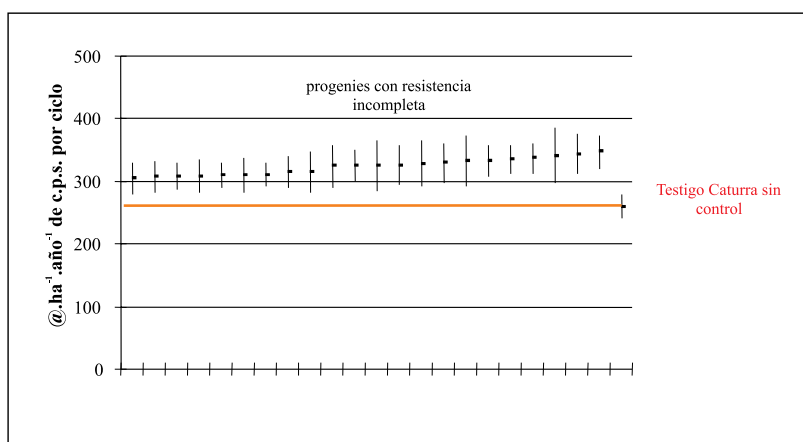


Figura 3.
Comparación de la producción de las progenies más productivas que el testigo Caturra con control.

Tabla 5. Promedio de producción de las progenies y su diferencia en relación con la variedad Caturra con control de la roya del café.

Progenie	Producción de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)			Promedio de pérdidas de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	Valor promedio de las pérdidas (\$)
	LI	Media	LS		
CU.1872	279,36	304,64	329,92	44,64	2.085.224
BI.74	281,10	306,32	331,54	46,32	2.163.700
BH.1208	285,60	307,81	330,02	47,81	2.233.207
FK.139	281,79	307,93	334,08	47,93	2.239.062
BH.840	288,13	308,92	329,71	48,92	2.285.151
BI.696	281,36	308,98	336,59	48,98	2.287.767
SP.92	290,81	310,64	330,47	50,64	2.365.496
BG.635	288,26	314,08	339,90	54,08	2.526.185
SP366	282,49	315,36	348,23	55,36	2.585.976
BG.495	290,21	324,52	358,83	64,52	3.013.858
BK266	300,32	324,72	349,12	64,72	3.023.201
BH.776	284,36	324,88	365,40	64,88	3.030.675
CU.1888	293,47	325,76	358,05	65,76	3.071.781
BH.843	291,07	328,16	365,25	68,16	3.183.890
BI.625	297,96	329,36	360,76	69,36	3.239.944
BH.904	290,69	331,35	372,02	71,35	3.332.995
DG.376	306,00	331,80	357,60	71,80	3.353.922
BH.993	312,65	335,04	357,43	75,04	3.505.268
BK.50	313,15	337,28	361,41	77,28	3.609.903
CU.1902	296,27	340,96	385,65	80,96	3.781.804
BI.135	312,04	343,41	374,78	83,41	3.896.273
BI.489	320,72	347,40	374,08	87,40	4.082.629
Promedio		323,15		63,15	2.949.905

LI: Límite Inferior; LS: Límite Superior

Los presupuestos parciales son una técnica muy usada en agricultura para evaluar los cambios o ajustes económicos implícitos en la adopción de una nueva tecnología o en la evaluación de decisiones que se tomen con el fin de incrementar la productividad o reducir costos de producción. Mediante ésta, se evalúa la variación en algún o algunos componentes en un sistema de producción que representen cambios con referencia a una situación preestablecida. Los presupuestos parciales se basan en el principio de que

pequeños cambios en productividad, o pequeñas modificaciones en el sistema de producción, podrán tener uno o más de los siguientes efectos: originar costos adicionales en los que se incurre, eliminar o reducir algunos retornos, originar retornos adicionales y eliminar o reducir algunos costos.

En las Tablas 7 y 8, la diferencia entre los rubros B y A no permite observar impactos positivos del control de la roya del café. Si bien se reduce el impacto negativo sobre la

Tabla 6. Diferencia en la producción y el ingreso bruto de la variedad Caturra con control y las progenies con resistencia incompleta.

Componente	Testigo Caturra con control	Progenies con resistencia incompleta
Promedio de producción de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	260	323
Producción extra de c.p.s. de las progenies (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)		63
Ingresos brutos por mayor producción*		\$ 2.949.905 ± 273.880

*Se expresan dentro de su correspondiente intervalo de confianza

Tabla 7. Análisis económico del costo del control de la roya del café con el equipo de presión previa retenida (PPR).

Impactos negativos			Impactos positivos	
	Oxicloruro de cobre	Alto 100		
Costos adicionales del control químico ha.año ⁻¹ (CA)	\$ 587.660	\$ 391.239	Ingresos adicionales ha.año ⁻¹ (IA)	0
Ingresos reducidos ha.año ⁻¹ (IR)			Costos reducidos ha.año ⁻¹ (CR)	0
A. Total CA + IR	(\$ 587.660)	(\$ 391.239)	B. Total IA + CR	0
Diferencia B - A	(\$ 587.660)	(\$ 391.239)		

producción, no existen ingresos adicionales por controlar la enfermedad, ya que como se vio la producción de c.p.s. de Caturra con control es menor en 63@.año⁻¹ por ciclo, que la de las progenies con resistencia incompleta. De la misma forma, no se reducen los costos, ya que es necesario incurrir en costos de control que se consideran adicionales por no tener sembrada una variedad resistente. Para el presente análisis se tiene que los mayores impactos negativos se presentan al usar para el control de la roya el fungicida Oxicloruro de cobre aplicado con un equipo de aspersión de presión previa retenida (PPR); de esta

forma el efecto neto del control químico puede llegar a ser de (\$587.660). Así mismo, en las Tablas 7 y 8 se observa como el impacto varía según el fungicida o equipo utilizado para el control de la roya.

El control químico de la enfermedad significa un costo adicional para los caficultores, representado por la compra de equipos de aspersión, fungicidas y la mano de obra. Además, que la topografía, las altas densidades de siembra y el clima de la zona cafetera impiden un control químico completamente efectivo.

Es claro que cuando se realiza el control químico en un cafetal, se continúa obteniendo producción e ingresos a través del tiempo, sin embargo es necesario efectuar gastos periódicos de control. A diferencia del control genético, en donde al tomar la decisión es necesario una inversión inicial y se suspenden los ingresos durante el período de establecimiento del cultivo, pero después se obtienen ingresos superiores a los que se tenían antes de esta renovación.

Pérdidas de Caturra sin control con respecto a las progenies con resistencia incompleta y Caturra con control. El 73% de las progenies tuvieron un promedio de la producción estadísticamente similar a la de las variedades Colombia y Caturra con control químico, y el 8% de ellas tuvieron una producción estadísticamente superior.

Al comparar las producciones de Caturra sin control y Caturra con control se estimaron pérdidas del 21%, en un acumulado de cuatro cosechas, que son atribuibles a la enfermedad. Este resultado es similar al encontrado en otros estudios desarrollados por Alvarado (1), quien estimó pérdidas entre Caturra y Colombia del

22,9%, en el acumulado de tres cosechas. Estas pérdidas son análogas a las encontradas por Alvarado *et al.* (2, 3), en experimentos de evaluación de progenies, desarrollados en la Estación Central Naranjal en períodos de cuatro cosechas, y por las mencionadas por Rivillas *et al.* (10), que fueron resultado de varios ensayos realizados en diferentes localidades de la zona cafetera colombiana, donde las pérdidas por la enfermedad alcanzan hasta el 23% de la producción acumulada de cuatro cosechas.

La comparación entre las progenies con resistencia incompleta y la variedad Caturra sin control, mostró pérdidas del 24%, de las cuales un porcentaje es atribuible a la enfermedad. En el caso del testigo variedad Colombia, las pérdidas alcanzaron el 26% (Tabla 9).

Estos resultados son similares a las estimaciones realizadas en otros países sobre el efecto de la enfermedad cuando no se toman las medidas fitosanitarias correspondientes. Las pérdidas oscilan entre un 20 y un 30%, de acuerdo con estudios desarrollados en Cuba (9). En Venezuela, Silva *et al.* (16),

Tabla 8. Análisis económico del costo de control de la roya del cafeto con el equipo semi-estacionario.

Impactos negativos		Impactos positivos	
	Oxcloruro de cobre	Alto 100	
Costos adicionales del control químico ha.año ⁻¹ (CA)	\$364.658	\$265.803	Ingresos adicionales ha.año ⁻¹ (IA) 0
Ingresos reducidos ha.año ⁻¹ (IR)			Costos reducidos ha.año ⁻¹ (CR) 0
A. Total CA + IR	(\$ 364.658)	(\$265.803)	B. Total IA + CR 0
Diferencia B - A	(\$ 364.658)	(\$265.803)	

estiman pérdidas entre el 20 y el 60%. Estudios efectuados en Brasil, incluyeron ensayos que mostraban un promedio de la producción de 29 sacos cosechados en parcelas tratadas con productos químicos, contra 11,9 sacos obtenidos en aquellas parcelas que no recibieron tratamiento contra la roya (13).

En otros estudios sobre los daños que causa la roya al cultivo del cafeto, Araño *et al.* (4) reportan pérdidas del 30,43% en un acumulado de dos cosechas.

Los antecedentes y los resultados encontrados en el presente análisis muestran claramente el efecto considerable de la enfermedad en la producción de café y confirman la importancia de control genético, al garantizar la sostenibilidad económica del cultivo y la competitividad del productor. El control químico, a pesar de su relativa efectividad, es una medida a corto y mediano plazo en la cual es necesario invertir recursos que podrían ser asignados a otras actividades. El control genético representa una medida a largo plazo que puede establecerse progresivamente y que además de garantizar el control de la enfermedad y la conservación del

medio ambiente, puede proporcionar mejores características agronómicas que favorezcan la producción y por ende, los ingresos del caficultor.

Finalmente se puede considerar que:

- El 72% de las progenies evaluadas son más productivas que la variedad Caturra cuando no se controla la roya del cafeto. El promedio de la producción de c.p.s. de éstas fue de 290@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo, mientras que la producción de c.p.s. de la variedad Caturra sin control fue de 206@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo.
- La comparación de estos dos grupos mostró una diferencia de café pergamino seco de 84@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo, es decir que las pérdidas de sembrar una variedad susceptible a la roya en lugar de sembrar una con alta resistencia a la enfermedad, son en promedio de \$ 3.923.808 ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo.
- El 21% de las progenies son más productivas que la variedad Caturra cuando se controla la enfermedad. El promedio de la producción de c.p.s. de éstas fue de 323@.ha⁻¹.año⁻¹ por

Tabla 9. Pérdidas de la variedad Caturra sin control con respecto a las progenies con resistencia incompleta.

Progenies	Promedio de producción de c.p.s. (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ por ciclo)	Diferencia (@.ha ⁻¹ .año ⁻¹ de c.p.s. por ciclo)	Pérdida en producción de Caturra sin control vs. progenies de resistencia incompleta (%)
Caturra sin control	206		
Caturra con control	260	54	21
Progenies con resistencia incompleta PRI	271	65	24
Variedad Colombia	278	72	26

ciclo y la de la variedad Caturra con control se estimó en 260@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo.

- La comparación de estas producciones mostró una diferencia de café pergamino seco de 63@.ha⁻¹.año⁻¹ por ciclo, que representan en el momento del análisis un ingreso bruto de \$ 2.949.905.

- El análisis de pérdidas para la variedad Caturra con control de la roya incluye el costo del mismo, el cual varía de acuerdo con el sistema de control, el equipo de aspersión y el fungicida. En el análisis la máxima pérdida fue de \$ 587.660, con el uso del equipo de PPR y la aplicación de Oxiclورو de cobre (50% PM).

- Los análisis muestran las bondades de las progenies con resistencia incompleta a la roya, que además de la alta resistencia, tienen una alta productividad que se traduce en mayores ingresos para el caficultor. El 71% de las progenies poseen alta resistencia a la roya, además de buenos atributos agronómicos y de calidad del grano. Los análisis económicos y de producción refuerzan la viabilidad de usarlas comercialmente.

- Las pérdidas por el efecto de la roya en la variedad Caturra, en un ciclo productivo, se estiman en 21%.

- Si se tiene una estrategia de control de la enfermedad, se evitarán las pérdidas económicas derivadas de la roya. Sin embargo, es fundamental resaltar que al aplicar una medida de control, se incurrirá en costos de producción adicionales. En este sentido y al tener en cuenta los bajos márgenes de utilidad por arroba de café pergamino seco, sembrar variedades susceptibles afecta negativamente dichos márgenes. Al establecer un plan de manejo de la roya se origina un aumento importante en los costos unitarios

de producción. Este incremento varía de acuerdo con el plan adoptado, el producto empleado y el equipo de aspersión.

- Para productores cafeteros que siembran variedad Caturra y están ubicados en una zona donde la enfermedad es un problema sanitario serio, el uso de variedades con alto nivel de resistencia y buenos atributos agronómicos es una forma de evitar las pérdidas debidas a la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

Al señor Jairo Jaramillo, a los doctores Gabriel Alvarado, Hernando Cortina y a la doctora Esther Cecilia Montoya, investigadores de Cenicafé.

LITERATURA CITADA

1. ALVARADO A., G. Comportamiento de progenies de variedad Colombia en presencia de razas de roya compatibles. *Cenicafé* 55(1):69-92. 2004.
2. ALVARADO A., G.; CORTINA G., H.A. Comportamiento agronómico de progenies de híbridos triploides de *Coffea arabica* var. Caturra X (Caturra X *Coffea canephora*). *Cenicafé* 48(2):73-91. 1997.
3. ALVARADO A., G.; CORTINA G., H.A.; MORENO R., L.G. Efecto depresivo de la roya (*Hemileia vastatrix*) en la producción de genotipos de café con diferentes niveles de resistencia incompleta derivada del Híbrido de Timor. *Cenicafé* 51(3):224-237. 2000.
4. ARAÑO L., L. Influencia de la producción de café en el desarrollo de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) Berk y Br. *Café Cacao* 3(3):79-80. 2002.
5. CASTILLO Z., J.; MORENO R., L.G. La Variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto. Chinchiná, Cenicafé, 1988. 171 p.
6. EVANS A., E. Análisis marginal: un procedimiento económico para seleccionar tecnologías o prácticas alternativas. Gainesville, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Science, IFAS. 2005. 6 p.

7. FARFÁN C., M. I. Impacto económico de la investigación en café en Colombia: El Caso de la Variedad Colombia. Ensayos sobre Economía Cafetera 4(14):21-41. 1998.
8. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA – FNC. BOGOTÁ. COLOMBIA. Sistema de Información Cafetera, Encuesta Nacional Cafetera SICA. Bogotá, FNC, 1997. 298 p.
9. MARTÍNEZ R., M. Efecto de la roya del caféto (*Hemileia vastatrix*) sobre variedades comerciales. CIGET Pinar del Río. Cuba. Vol 6. No. 1. Enero – Mayo 2004.
10. RIVILLAS O., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; GIL V., L.F. Recomendaciones para el manejo de la roya del caféto en Colombia. Boletín Técnico Cenicafé No. 19:1-36. 1999.
11. RIVILLAS O., C.A.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; GIL V., L.F.; DÚQUE O., H. Recomendaciones para el manejo de la roya del caféto en Colombia. 2. ed. Boletín Técnico Cenicafé No. 19:1-36. 2005.
12. SALDÍAS B., C.A.; JARAMILLO C., C. M. 40 años del Servicio de Extensión. Ensayos sobre Economía Cafetera 12(15):7-26. 1999.
13. SCHIEBER, E. Situación actual de la roya del caféto en América Latina. Guatemala, IICA, 1975. 37 p.
14. SIERRA S., C.A.; RIVILLAS O., C.A.; GÓMEZ G., L.; LEGUIZAMÓN C., J.E. Épocas de control químico de la roya del caféto en Colombia para 1991; Zonas con cosecha importante en ambos semestres del año. Avances Técnicos Cenicafé No. 156: 1-5. 1991.
15. SIERRA S., C.A.; MONTOYA R., E.C. Control de la roya del caféto con base en los niveles de infección. Avances Técnicos Cenicafé No. 195:1-6. 1993.
16. SILVA A., R.; D'ONOFRIO, F. Épocas de aplicación del fungicida oxiclóruo de cobre 50% para el control de la roya del caféto en el Distrito Córdoba del Estado Táchira. Informe sobre avance de la investigación de la roya del caféto en Venezuela. Convenio JUNAC & FONAIAP. Táchira, Estación Experimental Táchira, 1989. p. 55-85