

Uso de fungicidas sistémicos en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) en la provincia de Manabí

The use of systemic fungicides to control the coffee rust (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.) in the province of Manabí

**Ing. Agr. Luis Alberto
Duicela Guambi Mg. Sc.**

Universidad Estatal del Sur de Manabí
Jipijapa, Manabí, Ecuador
lduicela@gmail.com

Econ. Luciano Ponce Vaca MBA.

Universidad Estatal del Sur de Manabí
Jipijapa, Manabí, Ecuador
lpv1353@hotmail.com

RESUMEN

La roya es una enfermedad foliar de alto impacto en Ecuador y América Latina, que causa severas pérdidas de las cosechas de café. En un cafetal de la variedad Caturra, en Jipijapa, provincia de Manabí, se ejecutó un experimento con diseño de bloques al azar de 10 tratamientos y tres repeticiones, teniendo como objetivo determinar las dosis óptimas de tres fungicidas sistémicos y los beneficios económicos del control químico. Los fungicidas sistémicos mostraron una eficacia superior al 80 %, redujeron las hojas enfermas en 5,5 % e influyeron en el incremento significativo del rendimiento ($p < 0,05$) y de los beneficios netos (USD 1 059). Las dosis óptimas calculadas para los tres fungicidas fueron: *Cyproconazol* 300 ml ha⁻¹, *Propiconazole*+*Tebuconazole* 360 ml ha⁻¹ y *Tetraconazole* 460 ml ha⁻¹.

Palabras clave: incidencia de roya, enfermedad foliar, impacto, eficacia, monitoreo.

ABSTRACT

The coffee rust is a high-impact leaves disease in Ecuador and Latin America, which causes severe crop losses. In a coffee plantation of the Caturra variety, in Jipijapa, Manabí, an experiment with a randomized block design of 10 treatments and three replications was carried out, with the objective to determine the optimal dose of three systemic fungicide and the economic benefits of chemical control. Systemic fungicides showed efficiency above 89 %, and reduced the percentage of diseased leaves to 5.5 % and significantly influenced the yield increase ($p < 0,05$) and net profits (USD 1 059). The optimal doses calculated for the three fungicides were: *Cyproconazol* 300 ml ha⁻¹; *Propiconazole* + *Tebuconazole* 360 ml ha⁻¹ and *Tetraconazole* 460 ml ha⁻¹.

Key words: incidence, leaf disease, impact, efficacy, monitoring.



Recibido: 30 de abril, 2015
Aceptado: 18 de octubre, 2015

1. INTRODUCCIÓN

La roya del cafeto es una enfermedad foliar causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., descubierta en Brasil, en 1970 (Buriticá, 2010). Los primeros registros de la enfermedad en Ecuador datan de 1981, en Zamora Chinchipe; posteriormente, en 1983, fue detectada en Loja y El Oro (MAG, 1987, p. 48-49). La sintomatología característica, según describe Sotomayor (1993 p. 131) es la presencia de pústulas polvorosas de forma redonda en el envés de la hoja, con un diámetro de hasta un centímetro, de color anaranjado al inicio, que se torna progresivamente de rojizo a marrón.

El daño que ocasiona la enfermedad es la defoliación prematura, la cual incide en la reducción de la capacidad fotosintética y, consecuentemente, en la disminución de la producción (Sotomayor *et al.* 1989, p. 57). En 2013, el Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC, 2013 p. 8) informó que la roya causó la pérdida del 50 % de la cosecha de café en la jurisdicción de Jipijapa (Manabí) y del 30 % a escala nacional. La roya tiene un impacto en la reducción de las cosechas, en las variedades susceptibles (Típica, Caturra, Bourbón, Villalobos, Catuaí, San Salvador y Pache).

La reducida base genética de los cafetales arábigos los hace más vulnerables a las plagas y enfermedades (Schneider, 2013). Por otra parte, Julca *et al.* (2013) indican que el hongo tiene gran variabilidad genética, habiéndose identificado hasta la fecha 45 razas fisiológicas. Además, la incidencia de roya depende de las condiciones climáticas pues, según Buriticá (2010), a mayor precipitación mayor incidencia.

El manejo de la roya usando fungicidas se sustenta en el monitoreo periódico de la enfermedad. Hay que usar fungicidas protectores cuando la incidencia es menor que 5%, en tanto que cuando empieza a

rebasar este umbral hay que aplicar fungicidas sistémicos. Según McCook (2009), los fungicidas sistémicos penetran en el tejido de las hojas y tienen efectos curativos. Cárdenas, Suárez y Orozco (s.f.) manifiestan que estos fungicidas atacan al hongo durante el crecimiento micelial y la formación de pústulas.

Con estos antecedentes, se realizó una investigación que tuvo como objetivo determinar la eficacia y dosis óptimas de tres fungicidas sistémicos para el control de la roya del cafeto y establecer los beneficios económicos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se ejecutó entre febrero y agosto de 2014, en la finca del señor Miguel Marcillo Indacochea, ubicada en la parroquia El Anegado, sitio San Lorenzo, cantón Jipijapa (Manabí), en un cafetal de la variedad Caturra rojo, de nueve años de edad, cultivado en una densidad de 3 333 plantas ha⁻¹, localizado a 399 msnm, Latitud 01°29'4.56"S y Longitud 80°32'10.74"W.

La precipitación anual en el área de estudio, según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2012), es de 1 147,7 mm, distribuida entre enero a mayo (época lluviosa). El resto del año corresponde a la época seca. La temperatura media es 24,7°C, siendo la más alta en abril (25,9°C) y la más baja entre julio y octubre (23,8°C) (INAMHI, 2012).

Factor y niveles en estudio

Fueron estudiados tres ingredientes activos de fungicidas sistémicos, cada uno en tres dosis, en ml ha⁻¹ (Tabla 1). La primera aplicación se realizó el 14 de marzo de 2014, con base en el monitoreo de incidencia de roya realizado 70 días después de la floración (Campos *et al.*, 2013b). La segunda aplicación se realizó seis semanas después (2 de mayo del 2014).

Tabla 1. Tratamientos en estudio.

Tratamientos	Ingrediente activo	Composición del producto comercial	Dosis ml ha ⁻¹ del producto comercial	Descripción de la dosis
T1	Propiconazole	Propiconazole 300 g + Tebuconazole 200 g/ litro EC	300	Baja
T2	+ Tebuconazole		350	Media
T3			400	Alta
T4	Cyproconazol	Cyproconazol 100 g/ litro EC	150	Baja
T5			250	Media
T6			350	Alta
T7	Tetraconazole	Tetraconazole 100 g/litro EC	400	Baja
T8			500	Media
T9			600	Alta
T10	Testigo		0	Sin aplicación

Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo conformada por 40 cafetos distribuidos en cinco hileras de ocho plantas. En la parte central de cada unidad experimental fueron identificados 10 cafetos, donde se realizaron las evaluaciones sanitarias y productivas.

Diseño experimental

El experimento se condujo en un Diseño de Bloques al Azar de 10 tratamientos con tres repeticiones.

Registro de datos y métodos de evaluación

Incidenia de roya. En cada cafeto de la parcela útil se marcaron tres ramas ubicadas en los estratos superior, medio e inferior. El promedio de las tres ramas por cafeto se consideró como un dato de incidencia de roya planta⁻¹ y el promedio de las 10 plantas constituyó la incidencia por cada tratamiento (hojas con roya %). Esto significa que el tamaño de la muestra fue de 30 ramas por tratamiento-repetición.

Para calcular la incidencia de la roya se usó la siguiente fórmula:

$$HR (%) = \frac{NHR}{NHT} (100)$$

Dónde:

HR%= Porcentaje de hojas con roya

NHR= Número de hojas con roya

NHT= Numero de hojas total

Eficacia. Se determinó usando la fórmula de Abbott (1987, p. 302), adaptada al estudio de fungicidas.

$$Eficacia (%) = \frac{HES - HECF}{HES} (100)$$

Dónde:

HES= Hojas Enfermas (%) en la Parcela Sin Aplicación de fungicida (Testigo)

HECF= Hojas Enfermas (%) en la Parcela Con Aplicación de fungicida (Tratada)

Rendimiento de café. Se realizaron dos recolecciones de café cereza (junio 17 y agosto 8), en las parcelas útiles de cada tratamiento, registrando el peso en gramos. Los datos de producción de café cereza fueron transformados a *Producción en gramos de café oro*, con base en la conversión 5:1. Con esta información se estimó el *Rendimiento en kilos café oro ha⁻¹*, considerando la densidad de 3 000 plantas ha⁻¹ (ajuste del 10 % por potenciales pérdidas). Los datos de rendimiento se transformaron a *“Producción relativa”*, considerando al testigo como 100 %.

Análisis estadístico

Se calcularon los estadígrafos de tendencia central y de dispersión para las variables sanitarias y rendimiento. Se hizo el análisis de varianza y las comparaciones ortogonales para separar las medias de incidencia de roya, además de la prueba de Tukey al 0,05 para el rendimiento.

Se realizaron los análisis de correlaciones y regresiones, en base a los cuales se elaboraron modelos matemáticos para cada fungicida, a los 30 y 60 días después de la aplicación de fungicidas (DDA). La regresión entre *incidencia de roya* (variable dependiente Y) y *dosis del fungicida* (variable independiente X) permitió elaborar modelos cuadráticos ($Y=a+b_0X+b_1X^2$). Mediante cálculo diferencial, se determinó la dosis de fungicida asociada al nivel más bajo de incidencia (mínimo).

Análisis económico

El análisis económico empezó por la estimación de los *costos que varían* por tratamiento (CqV), los que están en función de la cantidad del agroquímico (ml ha⁻¹), número de aplicaciones, costo unitario del fungicida (US\$ litro⁻¹), costo de la mano de obra y costo del alquiler del equipo. En el Testigo, el costo que varía es cero (CqV=0). Con los datos de rendimiento (kg ha⁻¹) y precio unitario del café (US\$ kg⁻¹) se calcularon los ingresos brutos. Con base en la diferencia entre los rendimientos de cada tratamiento y el testigo

se estimó el efecto de la aplicación del fungicida. Con los datos de costos e ingresos se calcularon los beneficios netos.

3. RESULTADOS

Los estadígrafos se indican en la Tabla 2, destacándose que el promedio de hojas con roya (%), antes de la aplicación de fungicidas (AA), fue de 15,2 %; a los 30 DDA varió de 0 % a 53 % y a los 60 DDA de 0,3 % a 65 %. Las diferencias entre valores máximos y mínimos de la incidencia de roya son indicativos de los efectos que tuvo la aplicación de fungicidas. El rendimiento medio fue 879 kg ha⁻¹, el más bajo correspondió al testigo (534 kg ha⁻¹) y el más alto al tratamiento (T6), Cyproconazol 350 ml ha⁻¹ (1 185 kg ha⁻¹).

Los análisis de varianza de la incidencia de roya a los 30 y 60 DDA (Tabla 3), permitieron establecer que de los 10 tratamientos en estudio, al menos uno resultaba estadísticamente diferente ($p<0,01$). Entre repeticiones, tanto a los 30 DDA como a los 60 DDA, las diferencias fueron altamente significativas, con lo cual se justifica el uso del diseño en bloques al azar. Los coeficientes de variación del error resultaron relativamente altos y se explican por las amplias diferencias entre los niveles de incidencia en las parcelas tratadas con fungicidas y el testigo.

Tabla 2. Estadígrafos de las variables sanitarias y del rendimiento de café.

Estadísticos	Hojas con Roya (%) AA	Hojas con Roya (%) 30 DDA	Hojas con Roya (%) 60 DDA	Rendimiento kg Café Oro ha ⁻¹
n	30	30	30	20
Media	15,2	13,0	14,7	879
Mediana	14,2	7,2	8,0	882
Desviación estándar	7,67	15,56	17,97	186
Error estándar	1,40	2,84	3,28	42
Valor máximo	37,8	53,0	65,0	1 185
Valor mínimo	5,5	0,0	0,3	534
Intervalo de confianza para la media ($\alpha=0,05$)	2,75	5,57	6,43	81.3

Tabla 3. Cuadros medios, significación estadística y probabilidad (p) de la incidencia de roya 30 y 60 días después de la aplicación de fungicidas.

Fuente de variación	Grados de libertad	Hojas con Roya (%) 30 DDA		Hojas con Roya (%) 60 DDA	
		Cuadrado medio	p	Cuadrado medio	P
Repeticiones	2	213,89 **	0,00780	113,79 *	0,01960
Tratamientos	9	663,83**	0,00001	969,04**	0,00001
Error experimental	18	33,30		23,07	
Total	29				
CVE (%)		44,4		33,12	

El análisis de comparaciones ortogonales, evaluando la incidencia de roya a los 30 DDA, permitió determinar que el testigo (T10) tuvo promedios de hojas con roya (%) significativamente altos ($p < 0,01$) en comparación con los promedios de incidencia de los tratamientos con fungicidas (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9).

Al comparar en forma independiente los efectos de las dosis de los tres fungicidas, se estableció que los promedios de incidencia de roya resultaron estadísticamente iguales ($p > 0,05$): dosis baja=dosis media=dosis alta (Tabla 4).

El comportamiento de la roya en el testigo indicó un progreso rápido de la enfermedad, que varió de 15,2 % (AA) a 53 % a los 30 DDA y a 65 % a los 60 DDA (Figura 1). Con base en esta información, se deduce que la incidencia de roya aumenta a

razón de 0,83 % día⁻¹, durante la época lluviosa.

La incidencia de roya, con la aplicación de *Cyproconazol* se redujo del 13 % al 7 %, a los 30 DDA. Usando *Propiconazole+Tebuconazole* disminuyó del 13 % al 8 % a los 30 DDA y con *Tetraconazole* bajó del 20 % al 15 % a los 60 DDA. En consecuencia, la aplicación de fungicidas sistémicos tuvo efectos en la reducción del 5,5 % de hojas con roya, mientras que en el testigo aumentó hasta el 65 %, en el mismo período (Figura 2).

En la Figura 3 se indican los rendimientos (kg café oro ha⁻¹) por tratamientos, así como los rangos de Tukey 0,05. Se destaca que con la aplicación de *Cyproconazol*, en la dosis alta, se obtuvo el rango A. Los otros tratamientos obtuvieron el rango AB y el testigo obtuvo el rango B con el rendimiento más bajo.

Tabla 4. Comparaciones ortogonales de la incidencia de roya 30 días después de la aplicación de fungicidas sistémicos.

Contrastes ortogonales	Cuadrado medio	p	Significación estadística
Tratamientos con fungicidas T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9 < Testigo (T10)	663,83	0,00001	**
Propiconazole + Tebuconazole T1, T2, T3 < Testigo (T10)	4950,7	0,00001	**
Propiconazole + Tebuconazole dosis baja (T1) = dosis media (T2)	35,3	0,31650	NS
Propiconazole + Tebuconazole dosis media (T2) = dosis alta (T3)	5,0	0,70310	NS
Cyproconazol T4, T5, T6 < Testigo (T10)	5132,3	0,00001	**
Cyproconazol dosis baja (T4) = dosis media (T5)	0,5	0,90520	NS
Cyproconazol dosis media (T5) = dosis alta (T6)	41,6	0,27870	NS
Tetraconazole T7, T8, T9 < Testigo (T10)	3151,9	0,00001	**
Tetraconazole dosis baja (T7) = dosis media (T8)	13,2	0,53640	NS
Tetraconazole dosis media (T8) = dosis alta (T9)	7,0	0,65100	NS

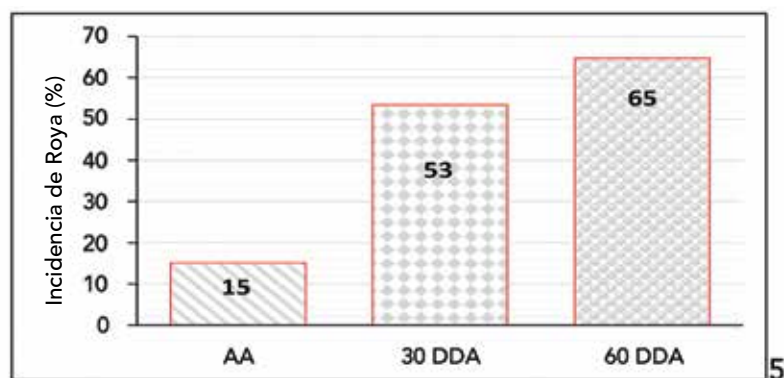


Figura 1. Comportamiento de la Roya del café en las parcelas sin aplicación de fungicidas.

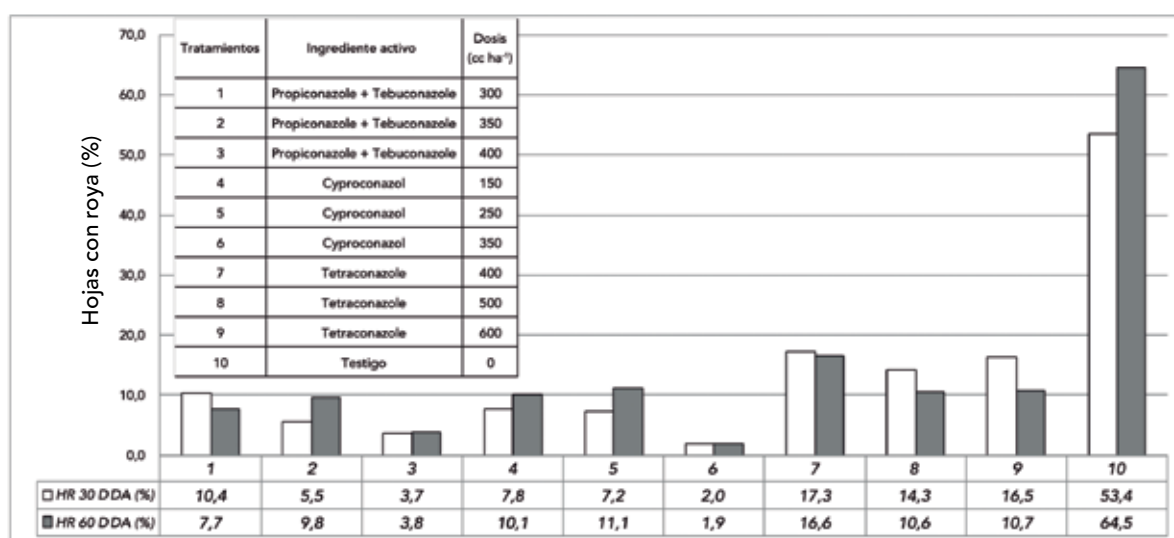


Figura 2. Efecto de la aplicación de fungicidas sistémicos en el control de la roya del café.

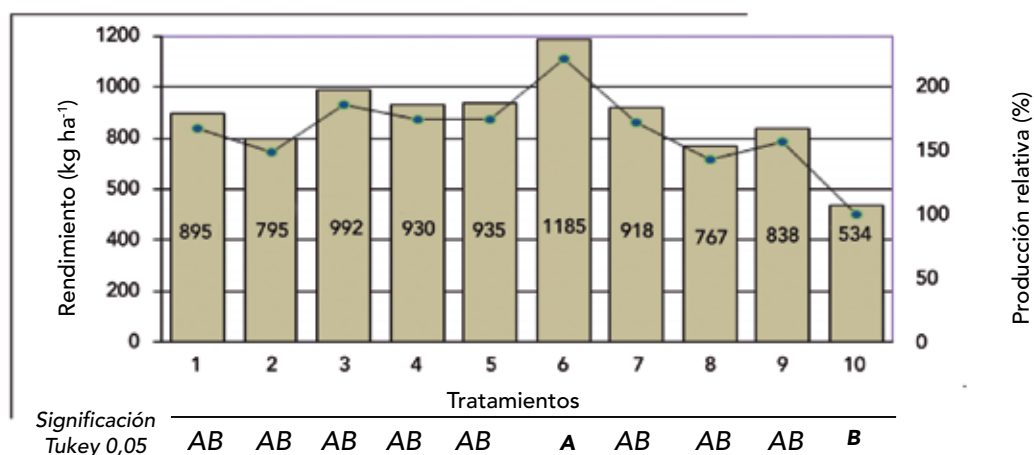


Figura 3. Relación entre la aplicación de fungicidas sistémicos y el rendimiento del cafetal.

Las correlaciones entre variables sanitarias y productivas (Tabla 5) permitieron determinar que la incidencia de la roya antes de la aplicación de fungicidas (AA) influye sobre el nivel de incidencia a 30 DDA ($r= 0,602$). Las hojas enfermas (%) observadas antes de aplicar fungicidas (AA), a 30 DDA y 60 DDA se asocian directamente con la reducción del rendimiento ($r= -0,47$, $r= -0,633$ y $r= -0,632$). La incidencia de roya a 30 DDA y la "producción relativa" tienen una correlación negativa con $r= -0,667$.

Al incrementarse el porcentaje de hojas con roya, a los 30 DDA, tiende a reducirse la *producción relativa*. En ausencia de la enfermedad, se obtendría el 92 % de incremento de la producción, en comparación con el testigo (Figura 4). Si la

incidencia de roya fuese del 100 %, el rendimiento real equivaldría solo al 14 % del rendimiento potencial.

En la Figura 5 se exponen los resultados del análisis de regresión polinómica de grado 2, entre "Incidencia de roya" (HR%) y dosis del fungicida *Propiconazole+Tebuconazole (P&T)*, determinándose el siguiente modelo matemático que mejor explica el fenómeno biológico:

$$HR_{30DDA} (\%) = 53 - 0,2874(P\&T) + 0,0004(P\&T)^2$$

Mediante el cálculo diferencial se determinó que la dosis más apropiada del fungicida *Propiconazole+Tebuconazole* es de 360 ml ha⁻¹ (producto comercial).

Tabla 5. Matriz de correlaciones lineales entre las variables sanitarias y productivas.

Variables	Hojas con roya (%) AA	Hojas con roya (%) 30 DDA	Hojas con roya (%) 60 DDA	Rendimiento kg ha ⁻¹	Producción relativa (%)
Hojas con roya (%) AA	1				
Hojas con roya (%) 30 DDA	0,602	1			
Hojas con roya (%) 60 DDA	0,351	0,850	1		
Rendimiento kg ha ⁻¹	-0,470	-0,633	-0,632	1	
Producción relativa (%)	-0,443	-0,667	-0,645	0,976	1

Valor crítico de $r_{0,05 (gl=18)} = 0,444$

Nota: En negrilla se indican las correlaciones significativas ($p < 0,05$)

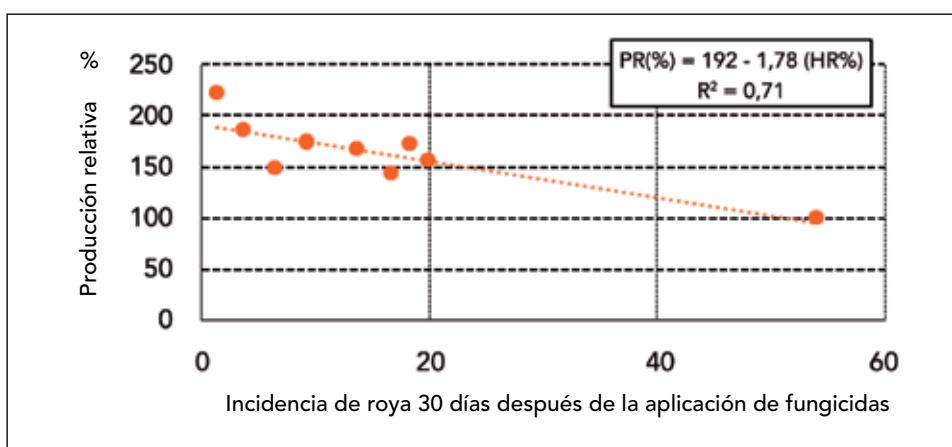


Figura 4. Relación entre el porcentaje de hojas con roya y producción relativa del cafetal.

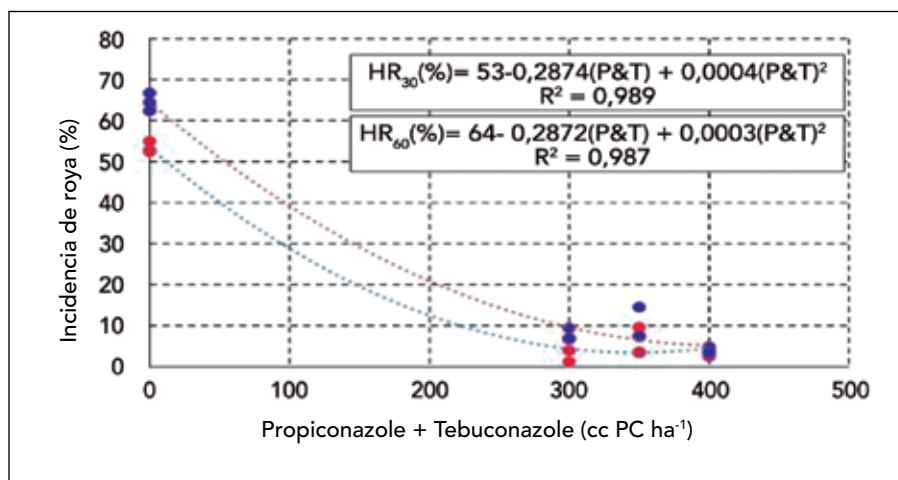


Figura 5. Efecto de las dosis del *Propiconazole+Tebuconazole* sobre la Incidencia de roya 30 y 60 días después de la aplicación.

El análisis de regresión entre incidencia de roya a 30 DDA y dosis de *Cyproconazol* (Cy) a los 30 DDA y a los 60 DDA (Figura 6), permitió identificar como modelo matemático más apropiado, el siguiente:

$$HR_{30DDA}(\%) = 52 - 0,3629(Cy) + 0,0006(Cy)^2$$

Mediante cálculo diferencial se estableció que la dosis de *Cyproconazol* más apropiada para el control de roya es de 300 ml ha⁻¹

(producto comercial).

La relación entre “incidencia de roya” y dosis del fungicida *Tetraconazole* (Tt) se indica en la Figura 7, determinándose como modelo matemático el siguiente:

$$HR_{60DDA}(\%) = 65 - 0,1832(Tt) + 0,0002(Tt)^2$$

La dosis del fungicida *Tetraconazole* más adecuada para controlar la roya del caféto es 460 ml ha⁻¹ de producto comercial.

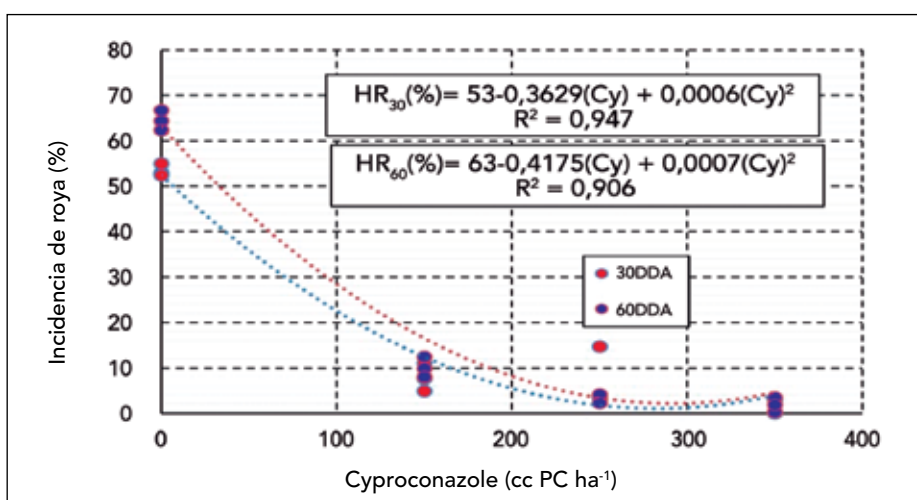


Figura 6. Efecto de las dosis del *Cyproconazol* sobre la Incidencia de roya 30 y 60 días después de la aplicación.

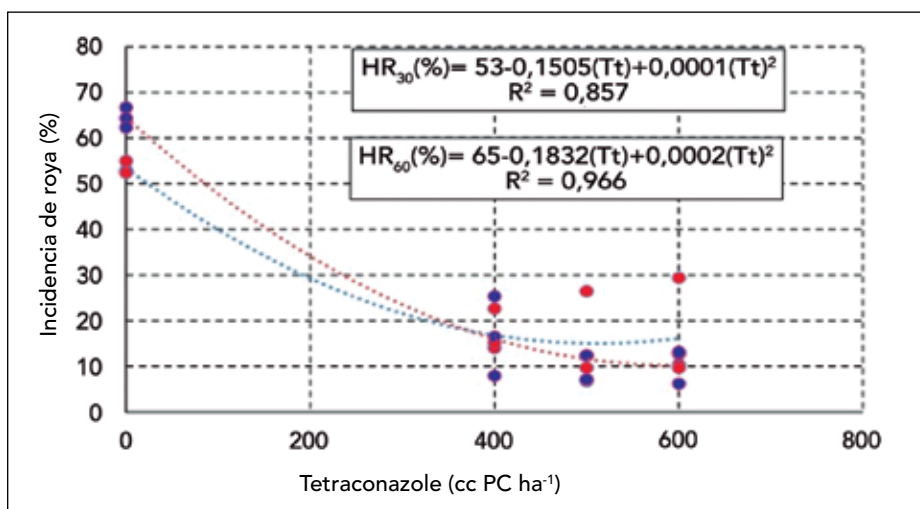


Figura 7. Efectos de las dosis de *Tetraconazole* sobre la incidencia de roya 30 y 60 días después de la aplicación.

El análisis de eficacia permitió determinar que los fungicidas *Cyproconazol* y *Propiconazole+Tebuconazole*, en las tres dosis probadas, mostraron un promedio de eficacia del 88,5 % a los 30 y 60 DDA, mientras que el *Tetraconazole*, en dosis media y alta, mostró una eficacia media de 83,5 % a los 60 DDA (Tabla 6).

Respecto del análisis económico, el rendimiento del testigo fue 534 kg ha⁻¹ que resultó estadísticamente inferior (p<0,05) a lo obtenido en los tratamientos con fungicidas. El costo

promedio de las dos aplicaciones de fungicida fue de USD 148,2 y el promedio de los beneficios netos fue USD 1 059,11.

Entre los beneficios netos se destacaron los tratamientos con el fungicida *Cyproconazol* en las tres dosis, el *Propiconazole+Tebuconazole* en dosis alta y el *Tetraconazole en dosis baja*. Las aplicaciones de los tres fungicidas sistémicos probados, en las dosis recomendadas, reducen los niveles de incidencia de roya, protegen las cosechas y proporcionan altos beneficios netos (Tabla 7).

Tabla 6. Incidencias de roya del café y porcentajes de eficacia a los 30 y 60 días después de la aplicación de fungicidas sistémicos.

Tratamientos	Ingrediente Activo	Dosis ml ha ⁻¹	Hojas con roya (%) 30 DDA	Eficacia (%) 30 DDA	Hojas con roya (%) 60 DDA	Eficacia (%) 60 DDA
T1	Propiconazole + Tebuconazole	300	10	81	8	88
T2	Propiconazole + Tebuconazole	350	6	90	10	85
T3	Propiconazole + Tebuconazole	400	4	93	4	94
T4	Cyproconazol	150	8	85	10	84
T5	Cyproconazol	250	7	86	11	83
T6	Cyproconazol	350	2	96	2	97
T7	Tetraconazole	400	17	68	17	74
T8	Tetraconazole	500	14	74	11	83
T9	Tetraconazole	600	16	70	11	84
T10	Testigo	0	53	0	64	0

Tabla 7. Análisis económico de los tratamientos con fungicidas sistémicos en tres dosis distintas comparados con un testigo.

Tratamientos	Ingrediente activo	Dosis de producto comercial (ml ha ⁻¹): A	Costo unitario del fungicida (US\$ litro-1): B	Cantidad de fungicida en dos aplicaciones (ml ha ⁻¹): 2A	Costo del fungicida (US\$ ha ⁻¹): CF=2A *B/1000	Costo de la mano de obra (US\$ ha ⁻¹): CMO	Costo del equipo (US\$ ha ⁻¹): CE	Costo que varía por tratamiento (US\$ ha ⁻¹): CqV=CF+CMO+CE	Rendimiento (kg ha ⁻¹): RTn	Incremento de los rendimientos respecto del testigo(kg ha ⁻¹): IR=RTn-RT10	Precio unitario de venta del producto (US\$ kg ⁻¹): Pc	Incremento de los ingresos en relación al testigo (US\$ ha ⁻¹): ling=IR*Pc	Ingresos totales (US\$ ha ⁻¹): IT=RTn*Pc	Beneficio neto de la aplicación de fungicidas (US\$ ha ⁻¹): BNTn=ling-CqV
T1	Propiconazole + Tebuconazole	300	85	600	51	70	30	151	895	361	3,15	1137	2819	986
T2	Propiconazole + Tebuconazole	350	85	700	59,5	70	30	160	795	261	3,15	822	2504	663
T3	Propiconazole + Tebuconazole	400	85	800	68	70	30	168	992	458	3,15	1443	3125	1275
T4	Cyproconazol	150	90	300	27	70	30	127	930	396	3,15	1247	2930	1120
T5	Cyproconazol	250	90	500	45	70	30	145	935	401	3,15	1263	2945	1118
T6	Cyproconazol	350	90	700	63	70	30	163	1185	651	3,15	2051	3733	1888
T7	Tetraconazole	400	40	800	32	70	30	132	918	384	3,15	1210	2892	1078
T8	Tetraconazole	500	40	1 000	40	70	30	140	767	233	3,15	734	2416	594
T9	Tetraconazole	600	40	1 200	48	70	30	148	838	304	3,15	958	2640	810
T10	Testigo	0	0	0	0	0	0	0	534	0	3,15	0	1682	0

4. DISCUSIÓN

La incidencia de roya, antes de la aplicación de los fungicidas (AA), fue más o menos homogénea en las parcelas experimentales, con un promedio de 15,2 %. Según el criterio de Campos *et al.* (2013a), una buena distribución de la enfermedad en el área de estudio es una condición básica para una evaluación objetiva del efecto de los fungicidas.

Campos *et al.* (2013b) indican que es conveniente muestrear las partes baja, media y alta de la planta, recolectando las hojas muestreadas. En el

presente estudio se muestrearon las partes baja, media y alta del café haciendo las evaluaciones directamente sobre la rama muestreada.

En la caficultura se han probado varios fungicidas sistémicos para controlar la roya. Campos *et al.* (2013a) recomiendan usar Cyproconazol 400 cc ha⁻¹ y Tebuconazole 570-715 cc ha⁻¹ (p.3). Las aplicaciones *Cyproconazol* y *Propiconazole+Tebuconazole*, en las condiciones agroecológicas de Jipijapa, tienen efectos directos sobre la reducción de la incidencia de roya con niveles altos de eficacia (80 %<), resultados que coinciden con los obtenidos

por Feijó (2014), en Piñas, y Correa (2014) en Las Lajas (El Oro). La dosis de *Cyproconazol* de 400 cc ha⁻¹ recomendada por Campos *et al.* (2013a) es más alta que la determinada para Jipijapa (300 cc ha⁻¹), explicable por las densidades poblacionales más altas usadas en Guatemala en comparación con Jipijapa. Las altas densidades poblacionales, según McCook (2009), aumentan el tejido vegetal por área, donde la roya se puede reproducir y diseminar.

Los rendimientos obtenidos con las aplicaciones de fungicidas sistémicos resultaron significativamente más altos en comparación con el testigo. Silva-Acuña, Zambolim y Álvarez (2002), en un estudio en Brasil, no detectaron el efecto de los tratamientos con fungicidas sobre el rendimiento, atribuyendo al intenso ataque de Minador de la hoja que probablemente enmascaró el control de la roya. En el presente ensayo solo hubo incidencia de roya y no se constató la presencia de otros problemas fitosanitarios.

McCook y Vandermeer (2015) indican que el principal desafío para los investigadores es desarrollar estrategias de control ecológica y económicamente viables, en el contexto de una industria del café volátil y los retos emergentes del cambio climático. Según Buriticá (2010), es posible producir café de manera rentable, aún con la presencia de roya en los cafetales. Al respecto, Costa *et al.* (2007) indican que uno de los mayores desafíos es encontrar métodos alternativos de control de la roya con el menor impacto ambiental. En este contexto, el uso de fungicidas, siempre debe considerarse como la acción complementaria de otros métodos de control.

Campos *et al.* (2013b) señalan la importancia del monitoreo de roya, que debe iniciarse 60 o 70 días después de la floración. En el presente estudio se inició el monitoreo 70 días después de la floración y la incidencia ya estaba en

15,2%, por lo que se sugiere anticipar el monitoreo a 30 días después de la floración y continuarlo quincenalmente.

Por otra parte, según Julca *et al.* (2013), los aspectos básicos para manejar la roya son: conocer la enfermedad, aprender a evaluar la incidencia y tomar medidas oportunas de control. Rodríguez y Monroig (2013) enfatizan en la integración de todas las prácticas que garanticen el vigor de los cafetos, la calidad del producto y la reducción de la incidencia, aspectos que son plenamente compartidos.

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan del presente trabajo son:

- La aplicación de fungicidas sistémicos tienen efectos directos en la reducción del 5,5% de hojas con roya, mientras que al no hacerlo, la incidencia se incrementa a razón de 0,83% día⁻¹, a partir de los 70 días después de la floración.
- El *Cyproconazol* y *Propiconazole+Tebuconazole* mostraron una eficacia media del 88,5 % a los 30 y 60 DDA, mientras que el *Tetraconazole*, en las dosis media y alta mostró una eficacia de 83,5 % a los 60 DDA.
- Las dosis de los fungicidas que se recomiendan para controlar la roya del café son: *Cyproconazol* 300 ml ha⁻¹; *Propiconazole + Tebuconazole* 360 ml ha⁻¹, y *Tetraconazole* 460 ml ha⁻¹.
- El costo promedio de las dos aplicaciones de fungicida fue: USD 148,2 y el promedio de los beneficios netos de USD1 059,11 por hectárea.
- El uso de los tres fungicidas sistémicos en estudio resultaron eficaces para controlar la roya y obtener mayores rendimientos y beneficios netos en comparación del testigo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W.S. (1987). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 3(2), 302-303. Recuperado de https://archive.org/details/cbarchive_102510_a/methodofcomputingtheeffective1987
- Buriticá, P. (2010). La Roya del Cafeto en Colombia: Realizaciones de Impacto Nacional e Internacional en el Siglo XX. *Facultad Nacional de Agronomía*, 63 (1), 5285-5292. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914617007>.
- Campos, O.G., Gento-Reyes, J.C., Monterroso, N., Santos, D. & Reyes, J.N. (2013b). Método de muestreo de la roya del café. *Anacafé (El Cafetal)*, 34, 6-8.
- Campos, O.G., Gento-Reyes, J.C., Santos, D., Reyes, J.N. & Mazariegos, R.J. (2013a). Análisis sobre la eficiencia de fungicidas contra la roya del café. *Anacafé (El Cafetal)*, 3-5. Recuperado de <https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Eficiencia-fungicidas-roya>
- Cárdenas, J., Suárez, O. & Orozco, E. (s.f.). Roya del café. *CropLife*. Recuperado de <http://www.croplifela.org/es/plaga-del-mes.html?id=29>
- Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC). (2013). *Breve diagnóstico de la incidencia de la roya en las principales zonas cafetaleras del Ecuador*. Portoviejo, Ecuador.
- Correa Torres, G.N. (2014). *Los fungicidas sistémicos en la prevención y control de la roya del café (Hemileia vastatrix Berk. & Br.), en el cantón Las Lajas, provincia de El Oro*. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador.
- Costa, J.N., Zambolim, L. & Rodrigues, F.A. (2007). Avaliação de produtos alternativos no controle da ferrugem do cafeeiro. *Fitopatologia brasileira*. 32 (2). Recuperado de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-41582007000200010
- Feijó Galarza, J.A. (2014). *Los fungicidas sistémicos en la prevención y control de la roya del café (Hemileia vastatrix Berk. & Br.) en el cantón Piñas, provincia de El Oro*. Tesis de pregrado. Universidad Técnica de Machala. Machala, Ecuador.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2012). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional. Memoria Técnica Cantón Jipijapa. Clima e Hidrología*. Recuperado de file:///C:/Users/Pc/Desktop/mt_jipijapa_clima_e_hidrologia.pdf
- Julca, A., Echevarria, C., Ladera, Y., Borjas, R., Cruz, R., Bello, S. & Crespo, R. (2013). Una revisión sobre la roya del café (*Hemileia vastatrix*) algunas experiencias y recomendaciones para el Perú. *Agronomía*, (51), 38-40.
- McCook, S. (2009). La Roya del Café en Costa Rica: Epidemias, Innovación y Medio ambiente, 1950-1995. *Historia*, (59-60), 99-117. Recuperado de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/historia/article/view/3471>
- McCook, S. and Vandermeer, J. (2015). The Big Rust and the Red Queen: Long-Term Perspectives on Coffee Rust Research. *Phytopathology*, 105(9),1164-1173. Recuperado de <http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PHYTO-04-15-0085-RVW>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (1987). *Primer Diagnóstico Cafetero. Programa Nacional del Café*. Portoviejo, Ecuador.
- Rodríguez, M. & Monroig, M. (2013). Manejo de la roya del café. *Fitopatología*. Recuperado de: http://juliochewurlescuintla.blogspot.com/2013_02_01_archive.html
- Schneider, C. (2013). Study finds that coffee varieties in Brazil have low genetic diversity. *American Society of Agronomy*. Recuperado de <https://www.agronomy.org/science-news/study-finds-coffee-varieties-brazil-have-low-genetic-diversity>.
- Silva-Acuña, R., Zambolim, L. & Álvarez V.H. (2002). Estrategias de control de la roya del café con la aplicación de fungicida protector y sistémico en Viçosa. *Bioagro*, 14(2), 85-97.
- Sotomayor, I. (1993). *Enfermedades del café*. En *Manual del Cultivo del Café*. Ed. I Sotomayor. pp. 118-143. Quevedo, Ecuador. Estación Experimental Tropical Pichilingue.
- Sotomayor, I., Fliege, F., Duicela, L. & Loiza, H. (1989). Determinación de la curva epidemiológica de la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br.). *Sanidad Vegetal*, (4)4, 57-77.