

The background of the entire page is a photograph of coffee plant leaves. Several leaves are covered with prominent yellow-orange spots, which are characteristic of yellow rust (Hemileia vastatrix). The leaves are green, and the spots are concentrated on the upper surfaces. The background also shows some dry, brown leaves and branches, suggesting a natural or semi-natural coffee plantation environment.

# **CARACTERIZACIÓN Y MANEJO INTEGRADO DE LA ROYA AMARILLA DEL CAFÉ EN SELVA CENTRAL DEL PERÚ**

## **CHARACTERIZATION AND INTEGRATED MANAGEMENT OF YELLOW RUST OF COFFEE IN CENTRAL JUNGLE OF PERU**

**Gamarra Gamarra D.**  
Facultad de Agronomía  
Universidad Nacional del Centro del Perú  
dgamarrauncp@hotmail.com

**Torres Suarez G.**  
Facultad de Agronomía  
Universidad Nacional del Centro del Perú  
gts64@hotmail.com

**Casas Samaniego J.**  
Consorcio de Productores de Café Perú SAC.  
dpto.tecnico@cafe-peru.com

**Riveros Izarra H.**  
Servicio Nacional de Sanidad Agraria, Perú.  
hriveros2005@hotmail.com



## RESUMEN

Los cafetales de selva central han sido afectados por la roya con 63% de incidencia en estos dos últimos años. Con la finalidad de caracterizar niveles de resistencia a la roya en variedades de café en Rio Negro-Satipo, determinar factores del agroecosistema que favorecen su desarrollo y cuantificar la enfermedad en sistemas de producción con manejo integrado de la enfermedad (MIE) en café convencional y orgánico, se instalaron parcelas experimentales en cultivos de café Caturra en Rio Negro-Satipo donde se aplicaron tratamientos consistentes en programas MIE-convencional: control químico (Oxicloruro de cobre-Pyraclostrobin + Epoxiconazole-oxicloruro de cobre-cyproconazole + azoxystrobin), control cultural (compost-enmienda-sombreado paca-poda de arquitectura-manejo de malezas); MIE-orgánico: químico (caldo bordalés alcalino-aceite agrícola de Neem-sulfato de cobre pentahidratado-*Bacillus subtilis*), cultural (compost-enmienda-sombreado paca-poda de arquitectura-manejo de malezas); y cultivo tradicional-testigo: químico (caldo bordalés) y cultural (NPK-sombreado paca). El diseño experimental fue bloques completamente randomizados con arreglo factorial  $3 \times 2 \times 3$  (tres tratamientos, dos localidades y tres repeticiones). Se evaluaron severidad y área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE). Los resultados determinaron que las variedades Caturra, Typica y Bourbon son susceptibles a la roya; Pache, es altamente susceptible; Catimor, Costa Rica y Colombia son resistentes y Pacamara es moderadamente resistente. Los factores que favorecieron la epidemia fueron: precipitación con formación de películas de agua en las hojas (3-4 horas), temperatura de 21 a 25 °C, noches con neblina, alta presión de inóculo. Se observó menor severidad con MIP-convencional, seguido del MIP-orgánico, habiendo diferencias significativas entre ellos. Respecto al desarrollo de la roya, el tratamiento MIP-convencional sobresalió con 1073,7 de ABCDE, seguido del MIP-orgánico con 1659,2; mientras que, el cultivo tradicional alcanzó 3289,3.

**Palabras clave:** roya amarilla del café, manejo integrado de roya. MIE roya café, severidad de roya del café, ABCDE roya amarilla café.



## ABSTRACT

The coffee plantations in central forest are affected by yellow rust with 63 % incidence in the last two years. In order to characterize levels of susceptibility to yellow rust in varieties of coffee in Rio Black - Satipo determine agroecosystem factors that favor its development and quantify the disease in MIP production systems in conventional and organic coffee, experimental plots were installed Caturra coffee crops in Rio Black - Satipo to which MIP- conventional, programs , MIP - organic and traditional culture were applied. The MIP program included cultural and chemical methods of control appropriate to each system. The experimental design was BCR with three treatments and three replications. The severity and area under the curve of disease development (AUDPC) were evaluated. The results determined Caturra, Typica and Bourbon varieties are susceptible to rust; Pache, is highly susceptible ; Catimor , Costa Rica and Colombia are Pacamara resistant and moderately resistant . Factors that favored the development of the disease are precipitation allowing filming of water on leaves (2-4 hours), optimum temperature of 21-25 C, foggy nights, high inoculum pressure . Lower severity was observed with MIP- conventional where fertilization and chemical control, followed by MIP- organic, having significant difference between them was used. Regarding the development of rust, MIP- conventional treatment excelled with AUDPC 1073,77 followed by MIP- organic with 1659,19; while the traditional culture had 3289,35 of AUDPC.

**Keywords:** coffee yellow rust, rust coffee integrated management. Severity of coffee yellow rust, coffee yellow rust AUDPC.

## Historial del artículo

**Recibido:** 22 de setiembre de 2015

**Aprobado:** 27 de noviembre de 2015

**Disponible:** 16 de diciembre de 2015

## INTRODUCCIÓN

Durante los años 2012 y 2013, se ha presentado brotes epidémicos de la roya amarilla del café causado por el hongo *Hemileia vastatrix* en todas las regiones productoras del país, principalmente en selva central, por constituirse en la mayor zona productora de café a nivel nacional. Los reportes del daño económico a causa de esta enfermedad dados por SENASA (2013) indican pérdidas entre 30 a 63% de la producción. Este fenómeno se debe principalmente al efecto del cambio climático y a la baja tecnología empleada por los agricultores dedicados a esta actividad, cuyos campos presentan escasa fertilidad, excesivo sombreado en las plantaciones, desconocimiento de métodos adecuados de control y no cuentan con variedades tolerantes o resistentes a la roya del café, tal como los tiene Brasil, Colombia y Costa Rica.

A pesar de que existen métodos tradicionales de control, en su mayoría a base de fungicidas de cobre aplicados preventivamente y algunos ingredientes activos sistémicos, se desconoce los componentes del agroecosistema de selva central como son los factores climáticos, etiología referido al patógeno y la diversidad genética de *H. vastatrix* existente en selva central, las variedades susceptibles o tolerantes que se cultivan, los posibles huéspedes alternantes del hongo y el desarrollo de la enfermedad que están favoreciendo el comportamiento epidémico de la enfermedad, conocimientos previos que deben tomarse en cuenta para elaborar un programa de manejo integrado de la enfermedad (MIE) específico para la zona selva central en el cual se consideren métodos y estrategias eficientes de control. Por ello se requiere caracterizar las variables de la interacción patógeno-huésped-ambiente que están permitiendo el desarrollo de la epidemia y la aplicación de componentes de manejo integrado de la enfermedad, que permitan el cultivo sustentable del café.

En esta última campaña agrícola la caficultura de Centro y SurAmérica se ha visto afectada por la aparición de una enfermedad de naturaleza epidémica causada por *Hemileia vastatrix*, que ha producido cuantiosas pérdidas económicas en la producción de café, influenciado por el cambio climático, ya que se han reportado registros de incremento de la precipitación pluvial en los últimos cuatro años con respecto a la media. Asimismo, hubo un aumento de la temperatura de 1,0 a 1,5 C sobre la media durante el día y bajas por la noche de 2 a 3 C; así como, un incremento de la humedad relativa por las noches a 95%, lo que influye en un comportamiento variable del patógeno y predisposición de susceptibilidad de las plantas de café.

La roya es la enfermedad más importante de los cafetales en el Perú; sin embargo, hasta la fecha no se cuenta con medidas apropiadas de manejo integrado, ni se conoce la variabilidad genética del patógeno presente en nuestro país, a fin de poder cultivar variedades con resistencia oligogénica o poligénica que permita una protección eficiente al cultivo. En campos de selva central se ha observado baja tecnología del caficultor que ha incidido en la alta incidencia de la enfermedad debido a las continuas

precipitaciones, cultivo de variedades susceptibles, mala fertilización, ningún método de enmienda aplicados a los suelos y condiciones de crecimiento deficientes, por tanto los cafetos están en un continuo estrés y desbalance que afecta negativamente la producción.

A nivel mundial se reportan 45 razas de *H. vastarix*, de las cuales se indica que en el Perú está presente la raza II por ser la más extendida (Lequizamon, 1984). Sin embargo, no hay trabajos de investigación recientes que determinen si la población genética del patógeno ha variado en el país, solamente se han investigado estrategias de control químico de la roya del café y entendemos que no se puede basar solamente en un componente de manejo. Las recomendaciones para el manejo de la enfermedad integran todas las prácticas que garantizan el vigor de los arbustos, calidad del producto y reducción en los niveles de infección de este hongo.

Se debe concertar esfuerzos interinstitucionales, para que la enfermedad no se convierta en una seria amenaza que podría cambiar el rumbo y las perspectivas de la producción del café peruano, debido a que el panorama actual, ante el cambio climático, desconocimiento y escaso manejo de la sanidad y nutrición del cultivo, hacen que se den las condiciones ideales para un nuevo brote de la enfermedad, con mucho mayor severidad en las campañas agrícolas siguientes.

## OBJETIVOS

### • General

Establecer un programa de manejo integrado de la roya del café que incluya componentes, métodos y estrategias adecuados al agroecosistema de selva central con la finalidad de reducir los daños económicos causados por la enfermedad.

### • Específicos

- Caracterizar los niveles de susceptibilidad a la roya amarilla en variedades de café cultivados en Río Negro - Satipo.
- Estudiar los factores del agroecosistema que favorecen el desarrollo de la roya del café en la zona de estudio.
- Cuantificar la enfermedad en dos sistemas de producción de café convencional y orgánico con programas de manejo integrado de la roya amarilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Caracterización de niveles de susceptibilidad de variedades de café a la roya amarilla

La evaluación de severidad de la enfermedad se realizó en 20 campos cultivados con diversas variedades de café en la Provincia de Río Negro – Satipo.

### Experimento de aplicación de programas MIE en dos sistemas de cultivo de café: convencional y orgánico

**Lugar de ejecución:** Las parcelas experimentales se instalaron en dos localidades de Río Negro Satipo (1200 msnm).

- Fundo Sta. Isabel, localidad de Los Angeles de Ipok, Río Negro- Satipo. Agricultor Alejandro Briceño Vila.
- Fundo San Alvarado, localidad de Cuviyaki, Agricultor Valerio Esteban Combati.

**Diseño experimental.** Bloques completamente al azar con arreglo factorial 3 x 2 x 3 (tres tratamientos, dos localidades y tres repeticiones).

### Tratamientos

- Manejo Integrado de la Roya - café convencional
- Manejo Integrado de la Roya - café orgánico
- Cultivo Café Tradicional - testigo

### Localidades

- Los Angeles de Ipok
- Union Cuviyaqui

### Tamaño de parcela

La parcela experimental consistió de 45 arbustos de café, con borde.

Longitud de hilera	: 15 m
Distancia entre hileras	: 2,0 m
Distancia entre plantas	: 1,0 m
Hileras por parcela	: 9
Hileras útiles por parcela	: 3
Plantas por sitio	: 1
Plantas por hilera	: 15
Plantas por parcela	: 135
Plantas a evaluar por parcela	: 45 (3 hileras centrales útiles)
Número de plantas por hectárea	: 5000
Superficie total de parcela	: 270 m <sup>2</sup>
Superficie total del ensayo MIP/localidad	: 2430 m <sup>2</sup>
Superficie total del ensayo MIP	: 4860 m <sup>2</sup>

### Aplicación de componentes de manejo integrado de la roya de café.

Se consideraron los siguientes componentes de manejo: control cultural, control químico y biológico, previa coordinación con el Ing. Jaime Casas, asesor del Consorcio de Productores de Café Perú SAC.

Dentro de los componentes MIE se emplearon los siguientes tratamientos descritos en las Tablas 1,2 y 3.

Tabla 1. Tratamiento 1: componentes de manejo integrado de la roya de café en la Parcela MIE café convencional.

COMPONENTE	MÉTODO	DESCRIPCION DEL COMPONENTE MIE
1	Control químico	Oxicloruro de cobre – Pyraclostrobin + Epoxiconazole (Opera) – oxicloruro de cobre – cyproconazole + azoxystrobin (Amistar Xtra)
2	Control cultural	Enmienda – NPK – sombreado (paca) – poda de arquitectura limpieza sanitaria y rehabilitación – manejo de malezas.
3	Variedad	Café var. Caturra

Tabla 2. Tratamiento 2: componentes de manejo integrado de la roya de café en la Parcela MIP Café orgánico.

COMPONENTE	MÉTODO	DESCRIPCION DEL COMPONENTE MIE
1	Control químico	Caldo bordelés alcalino -- aceite agrícola de Neem – sulfato de cobre pentahidratado – Bacillus subtilis
2	Control cultural	Compost – enmienda – sombreado (paca con poda) – poda de arquitectura – manejo de malezas.
3	Variedad	Café var. Caturra

Tabla 3. Tratamiento 3: componentes de manejo integrado de la roya de café en la Parcela Café Tradicional – Testigo.

ESTRATEGIA	MÉTODO	DESCRIPCION DEL COMPONENTE MIE
1	Control químico	Caldo bordelés
2	Control cultural	NPK – Sombreado (paca).
3	Control genético	Café var. Caturra

pH de la solución y calidad del agua: Para fungicidas sistémicos el pH adecuado fue de 4,5 a 5,5

Para fungicidas de contacto el pH adecuado fue de 6,5 a 7,0

Las aplicaciones se realizaron de acuerdo a las exigencias climáticas y periodos críticos

## SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA

**Población.** Campos de cultivos de café en dos localidades de Rio Negro, ubicados en la Provincia de Satipo, situado en Selva Central.

**Tamaño.** Tres parcelas cultivadas con café por cada localidad.

**Tipo de muestra.** La muestra fue puntual (no probabilística). Consistió en evaluar las plantas enfermas de cafetales con MIP. Se evaluaron 10 plantas de café ubicadas en las tres hileras del centro de las parcelas, por cada repetición de los tratamientos de cultivo de café (método propuesto por CENICAFE, 2008).

## Metodología de la investigación

El desarrollo del presente proyecto, siguió los lineamientos del método científico, de naturaleza experimental, aplicado y explicativo.

## Análisis de datos

Se realizó el análisis de varianza respectivo, con un nivel de 0,5 % de probabilidad. La prueba estadística para ver la significación entre promedios de parcelas MIE fue el de Tuckey (0,05%)

## Registro de variables

a. Severidad de la enfermedad, mediante la fórmula:

$$\text{Severidad (S)} = \frac{\text{Superficie (área) de tejido enfermo} \times 100}{\text{Área total evaluada}}$$

La evaluación de severidad se realizó con la escala propuesta por LANREF (2010) y corroborado por SENASA (2013), de acuerdo a la Figura 1.



Figura 1. Escala de severidad de la roya del café propuesto por LANREF (2010) y SENASA (2013)

GRADO	PLANTA (% DAÑO)
0	Planta sana
1	3 % de área foliar con presencia de roya
2	10 % de área foliar con presencia de roya
3	30 % de área foliar con presencia de roya
4	60% de área foliar con presencia de roya

b. Área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE), mediante la fórmula propuesta por Shanner y Finney (1977):

$$ABCDE = \sum_{i=1}^n (X_{i+1} + X_i) / 2 (t_{i+1} - t_i)$$

Dónde:

$X_i$  = Incidencia de la enfermedad en un tiempo dado de observación.

$t$  = Tiempo en días.

$n$  = Número total de observaciones.

$(t_{i+1} - t_i)$  = Número de días resultado de la diferencia entre primera y la segunda lectura.

$X_{i+1}$  = Porcentaje de daño del follaje en el día  $t + 1$ , después de la siembra.

La severidad e intensidad de la enfermedad fue evaluada cada 20 días en el periodo de desarrollo logarítmico de la enfermedad

### Manejo cultural del cultivo

La fertilización en las parcelas experimentales, fue realizada previo análisis completo de suelos que se realizó en el Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. En las parcelas experimentales de MIE en café convencional instaladas en la localidad de Los Ángeles Alto Ipok, Fundo Santa Isabel (agricultor Alejandro Briceño), se realizaron labores culturales de desmalezado, poda, limpieza de musgos y líquenes de los tocones (Figura 2 y 3). No se encaló porque el resultado de análisis de pH del suelo fue de 5,5 considerado como normal para un cultivo de café. Se fertilizó con una fuente de Nitrato, Fosfato Diamónico y Cloruro de Potasio a una dosis de 140-50-150 de NPK, respectivamente. En esta misma localidad, pero en otra parcela del mismo agricultor se instaló el tratamiento Café Tradicional-Testigo, al cual no se le aplicó fertilizante ni encaló, pero si se desmalezó.

En la segunda parcela del Fundo San Alvarado, Unión Cuvinaki (agricultor Valerio Esteban Combati), también se realizaron las podas y control de malezas similar con los otros campos experimentales del café convencional. Se procedió a encalar el suelo con Dolomita debido a que el resultado del pH fue de 4,5.

Se registró y monitoreó el comportamiento del cambio climático con respecto a la HR, T° y precipitación que inciden en la floración y severidad de la enfermedad. En base a ello se programó el control con aplicaciones de fungicidas de contacto y sistémicos de acuerdo a la zona y altitud de la plantación. Se realizó el monitoreo foliar de la roya, desde el inicio de la recepa o renovación de los cafetales, por tanto se realizaron aplicaciones de fungicidas inorgánicos y orgánicos, de acuerdo a las recomendaciones de Cristancho (2012).



Figura 2 y 3. Sensibilización de la importancia de MIP al agricultor Alejandro Briceño Vila e inicio de desmalezado y poda de cafetales en Fundo Sta. Isabel de la localidad de Los Angeles de Ipok

### RESULTADOS

#### Factores del agroecosistema que favorecen el progreso de la enfermedad en Rio Negro

Se determinó que el principal factor que influyó en el mayor desarrollo de la epidemia es el cambio climático, el mismo que ha tenido una variación desde el 2012, en toda la región de México y Latinoamérica, tal como lo señala Barquero (2013) y el segundo factor en selva central del país, es el incremento de áreas de cultivo con el sistema de producción de café orgánico en cultivos susceptibles como Caturra y Typica, cuya producción se incrementó en Satipo, Chanchamayo y Villarica por alta demanda de los países europeos (Agencia Agraria Satipo, 2013; Café Perú; 2013).

Además, se puede indicar que la mayoría de agricultores, una vez que se presentó la enfermedad con carácter de epidémica, y al no poder controlar a la enfermedad, abandonaron sus campos de cultivo, permitiendo de esta forma un incremento logarítmico del potencial de inóculo de *H. vastatrix*, que es un requisito previo para que se inicie el ciclo de la enfermedad con un alto nivel de intensidad. De esta forma la enfermedad se ha ido incrementando desde el 2012 y 2013 y si no se toman medidas fitosanitarias integrales, la enfermedad seguirá incrementándose favorecida por una alta presión de inóculo existente en los campos de cultivo, grandes extensiones de café susceptibles como la variedad Caturra y las condiciones climáticas.

Por otro lado, cuando la enfermedad se presenta y no hay aplicación de métodos de control, se produce el ataque completo de las plantas ocasionando el “paloteo” con alto inóculo residual en las hojas que caen al suelo y los frutos queda momificados en las ramas (Figura 4), donde las uredosporas se mantienen viables hasta dos meses incluso en condiciones no lluviosas. La enfermedad se inicia con el inóculo primario que ha quedado en los campos de cultivo y de cafetales afectados, poco después de la estación lluviosa. La supervivencia interestacional se propicia a través de lesiones residuales en las hojas y en condiciones secas de latencia en hojas viejas. Los niveles máximos de la enfermedad y la defoliación se presentan después del final de la lluvia.

El inicio del progreso de la enfermedad se encuentra influenciada por la temperatura y la precipitación. Los porcentajes máximos de infección en el follaje tienden a crecer con la edad de las plantaciones y son frecuentemente el 90%, en plantaciones antiguas, sin manejo y en altitudes desde los 650 a 1200 msnm.

El factor climático es una variable independiente, pero muy determinante en el desarrollo epidémico de la enfermedad. Por otro lado, los caficultores no cuentan con sistemas de pronóstico que les permita realizar aplicaciones químicas en momentos críticos, así como tampoco existen sistemas de pronóstico del comportamiento climático a través del tiempo.

Se ha determinado que las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad son las siguientes:

- Formación de películas de agua sobre la superficie de las hojas de un mínimo de 3 a 4 horas



- Temperatura óptima de germinación de uredosporas es de 21 a 25. También se ha observado germinación de esporas en rangos extremos de temperatura, con un máximo de 30 C y un mínimo de 15 C. La alta insolación inhibe la esporulación y la enfermedad se detiene.
- Las noches húmedas con abundante neblina promueve mayor infección.
- Presencia de malezas, inóculo primario y excesiva sombra con árboles de paca.

#### Aplicación de programas MIE en dos sistemas de cultivo de café: convencional y orgánico

#### Cuantificación de la roya amarilla en las parcelas experimentales

##### • Severidad de la roya de café

La cuantificación de la cantidad de enfermedad evaluada mediante la severidad se registró en todas las parcelas de las dos localidades a fin de evidenciar la eficiencia de los métodos de control enmarcados en un Programa de Manejo Integrado de la roya del café convencional y orgánico, comparado con una parcela de cultivo tradicional que suele manejar el caficultor.

La evaluación de severidad de acuerdo a la escala de evaluación propuesta por LANRED (2008) y SENASA (2013), permitió una fácil adecuación y cuantificación de la severidad de la enfermedad (Figura 1).

Tabla 1. Análisis de variancia de la severidad inicial evaluada en parcelas MIE de café orgánico y convencional. Datos transformados a  $\arcsen\sqrt{x}$ .

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Repeticiones	2	49.778	24.889	0.579 ns
Localidades	1	320.889	320.889	10.857 **
Tratamientos	2	16.444	8.222	0.191 ns
Loc. X Trat.	2	59.111	29.556	0.687 ns
Error	10	430.222	43.022	
TOTAL	17	876.444		

X = 34.556      S = 6.559      CV = 18.98 %

El análisis de la variancia de la severidad dio como resultado que no hubo significación estadística entre parcelas con Programas MIE, entre tratamientos, repeticiones de cada localidad, ni en la interacción localidad X tratamiento. Este resultado se debió a que inicialmente se encontró una alta severidad homogénea en todas las parcelas de café por tratarse de una enfermedad políciclica, cuyo patógeno tiene una alta presión de inóculo en el ambiente de esos agroecosistemas, y la utilización de una variedad susceptible como es Caturra. Si hubo en la fuente de localidades por el diferente manejo que realizan. Los síntomas se presentaron de manera casi homogénea en los campos estudiados (Tabla 1). El coeficiente de variabilidad indica que hay una variación moderada entre los resultados de las

evaluaciones realizadas para la severidad de la enfermedad. Tabla 2. Prueba de significación del promedio de severidad inicial de la roya amarilla en parcelas con MIE para café orgánico y convencional (Tukey  $p=0,05$ ).

O.M.	Localidad	Promedio	Significación
1	L2 (Los Angeles)	30.33	a
2	L1 (Unión Cuviyaqui)	38.78	b

A.L.S.(T)0.05 = 6.89

La prueba de significación realizada para determinar la diferencia estadística que existe entre los promedios de severidad al de la roya en parcelas con programas MIE en café convencional y orgánico antes de aplicar los programas MIE, es decir al inicio de la experimentación muestra como resultado que hay significación estadística ( $p = 0,05\%$ ), en localidades debido a que la enfermedad se estaba presentando con mayor severidad en la localidad de Unión Cuviyaqui, debido a que los suelos tenían un pH de 4,5, no apto para el desarrollo del cultivo de café que incrementó su susceptibilidad (Tabla 2).

Tabla 3. Análisis de variancia de promedios de severidad final de la roya amarilla en parcelas de café convencional y orgánico con programa MIE. Datos transformados a  $\arcsen\sqrt{x}$ .

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Repeticiones	2	5.154	2.577	0.560 ns
Localidades	1	0.080	0.080	0.024 ns
Tratamientos	2	3803.218	1901.609	412.984 **
Loc. X Trat.	2	6.760	3.380	0.734 ns
Error	10	46.046	4.605	
TOTAL	17	3861.258		

S = 6.559      X = 34.556      C.V. = 18.98 %

El análisis de variancia realizado para evaluar la severidad de la enfermedad en las parcelas después de la aplicación de todos los métodos de control MIE en café orgánico, convencional y tradicional muestra que si hay diferencias altamente significativas entre ellas (Tabla 3), indicando que si hubo efecto en el control de la enfermedad dependiendo de los métodos y estrategias de control utilizados como componentes de dichas parcelas; mientras que, en las fuentes de repetición, localidades y la interacción localidad X tratamiento no se encontraron diferencias estadísticas indicando que hubo una distribución homogénea de la enfermedad por cada programa MIE repetido en las parcelas.

Tabla 4. Prueba de significación del promedio de severidad final de la roya amarilla en parcelas con MIP para café orgánico y convencional (Tukey al 0.05).

O.M.	Tratamiento	Promedio	Significación
1	MIP convencional	3.77	a
2	MIP orgánico	11.85	b
3	Cult. Tradicional	37.83	c

A.L.S.(T)0.05 = 2.76

La prueba de significación realizada para determinar la diferencia estadística existente entre los promedios de severidad al final de la aplicación de los componentes en cada uno de los programas MIE, es decir al término de la experimentación, muestra como resultado que si hay significación estadística ( $p = 0,05\%$ ) entre cada una de ellas, obteniendo en orden de méritos la menor incidencia de la enfermedad el programa MIP convencional en la emplea como uno de los componente el control químico con fungicidas de contacto y sistémicos, indicando que un buen programa MIP, no puede dejar de utilizar éste método de control, en circunstancias de presentarse la enfermedad de manera epidémica. En segundo orden de méritos está el programa MIP café orgánico, que a pesar de haber diferencias significativas con los demás tratamientos, aun es considerable la disminución de la enfermedad, a pesar de haber sido aplicado a una variedad susceptible como Caturra (Tabla 4). El coeficiente de variabilidad de los resultados se ha mantenido con una variación moderada al término de la experimentación.

#### • Área bajo la curva de desarrollo de la roya del café

En lo referente a la variable área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE), que registra el avance y cantidad de enfermedad en el tiempo, dando como resultado un efecto acumulativo de la enfermedad en el cultivo, se observa que la enfermedad se presentó de una forma heterogénea en cada campo experimental, influenciado por la eficiencia del programa MIE con sus diferentes componentes y estrategias de control o sumatoria de ellos que se presentó en cada una de las parcelas con sistemas de cultivo de café convencional, orgánico y tradicional a los cuales se les aplicaron componentes MIEP apropiados para cada sistema agroecológico.

Los resultados muestran que el programas MIE convencional disminuyó considerablemente la cantidad de enfermedad en el cultivo de café a través del tiempo y la progresión de la enfermedad fue lenta, habiéndose obtenido una acumulación de 1073,77 de ABCDE tipificada como baja (Figura 4). La parcela con la aplicación del Programa MIE orgánico resultó con una acumulación de 165,19, ocupando el segundo lugar en orden de méritos, considerado también como bajo (Figura 3). Como era de esperar, la parcela con conducción del sistema de cultivo de café tradicional obtuvo mayor cantidad de enfermedad acumulada en las parcelas respectivas, alcanzando significativamente 3289,35 de ABCDE, indicando que alcanzó un alto nivel de enfermedad en la etapa logarítmica de la enfermedad. La disminución de la severidad en las parcelas con MIP convencional y orgánico se observan en la Figura 5.

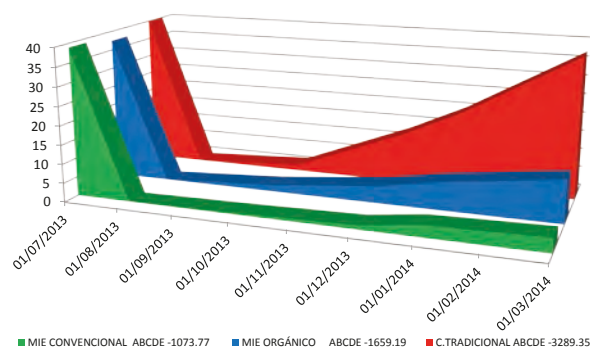


Figura 4. Área bajo la curva de progreso de la roya amarilla con programa MIE en café convencional, orgánico y tradicional en Rio Negro - Satipo



Figura 5. Disminución de la intensidad de la enfermedad en sistemas de cultivo de café MIP convencional y MIP orgánico en Rio Negro Satipo

#### Niveles de susceptibilidad de variedades de café

La evaluación de los niveles de susceptibilidad de los cafetales cultivados en el distrito de Rio Negro de la provincia de Satipo (Según escala propuesta por ANACAFE, 2010), determinaron que hay cafetales susceptibles y resistentes, de los cuales la mayoría de campos están cultivados con variedades susceptibles por tener mayor demanda en el mercado por su calidad de taza y aroma como la variedad Caturra y en menor proporción los cultivos tienen características de ser tolerantes y resistentes (Tabla 5).

Tabla 5. Niveles de susceptibilidad de las variedades de café cultivados en Rio Negro-Satipo.

Variedades susceptibles	Nivel de resistencia	Variedades resistentes	Nivel de resistencia
Caturra	Susceptible	Catimor	Resistente
Typica	Susceptible	Costa Rica 95	Resistente
Bourbon	Susceptible	Castillo	Resistente
Pache	Altamente susceptible	Geisha,	Resistente
		Gran Colombia	Resistente
		Pacamara	Moderadamente Resistente

Lugar de evaluación: Prov. de Satipo, 2013.



Por tanto, los agricultores, a pesar de contar con algunas variedades resistentes y moderadamente resistentes, las mismas que no tienen la calidad de aroma y demanda en el mercado internacional, por lo que prefieren sembrar variedades susceptibles donde la enfermedad adquiere niveles epidémicos. Por otro lado, las variedades susceptibles que son cultivados bajo el sistema de café orgánico, al no emplear fungicidas de uso comercial, permite que se incremente la severidad e incidencia de la enfermedad.

Respecto a la superficie cultivada con estas variedades en la provincia de Satipo, de acuerdo a las evaluaciones realizadas por la Mesa Técnica Provincial para la roya del café durante los años 2012 y 2013, en Satipo y Chanchamayo hay 110 000 ha de café instalado, de los cuales 70 000 están infectados por la roya, de esta superficie cultivada, el 70% corresponde a la provincia de Satipo y el 30 % a la provincia de Chanchamayo (Tabla 6) . La razón de que en Chanchamayo es menos la severidad de la enfermedad, es porque allí se cultivan mayor cantidad de variedades tolerantes como Catimor y Catuai, mientras que en Satipo el 80% de campos cultivados corresponden a la variedad Caturra y por ello la incidencia de la enfermedad es mayor (Informe N° 07-2013-AG-SENASA-DEJUN-ASV-JAVALOS).

Tabla 6 . Variedades de café cultivados en la zonas cafetaleras de selva central de Junín- Perú.

Zona productora	Variedades de café (%)*					
	Typica	Caturra	Catimor	Paches	Bourbón	Otros**
Satipo	35	25	18	15	3	4
Chanchamayo	40	20	20	10	5	5

\* Del total de plantaciones establecidas.

\*\* Mundo Novo, Catuai y Villa Sarchi.

(Fuente: MINAG, 2003)

## DISCUSIÓN

### Factores que determinan la epidemia de la roya amarilla del café en Rio Negro, Satipo

La roya amarilla del café es la enfermedad más peligrosa que se ha presentado en selva central del país en estos dos últimos años. Los altos niveles de intensidad que ha alcanzado (severidad/incidencia) según la CENICAFE (2013), se deben principalmente al cambio climático ocurrido el 2012 y 2013, el mismo que ha influenciado para que se desarrolle la enfermedad en casi todo el continente americano donde se cultiva café (México, Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Venezuela, Honduras, Colombia, Brasil, Perú y Bolivia). Pequeños cambios en el microclima y la fisiología de la planta huésped influyen en los diferentes componentes de la roya del café y su ciclo de infección. Los principales factores ambientales que determinan el ciclo de vida del hongo y su virulencia en Rio Negro-Satipo son: la lluvia, humedad de las hojas, la temperatura, la luz, densidad de

carga frutal, humedad del suelo y de los estomas. El incremento de la temperatura en aproximadamente 1 a 1,5 C, así como el incremento de la precipitación que se traduce como formación de películas de agua en la superficie de las hojas, son factores suficientes para que se incremente la viabilidad de la germinación violenta de esporas de cualquier hongo, tal como sucedió con *H. vastatrix*.

En algunos países como México, Brasil, Colombia y Costa Rica, existen centros de investigación especializados en el cultivo de Café, donde preventivamente han estado mejorando sus variedades como por ejemplo Gran Colombia, Catimor 95, etc., no habiendo sufrido los estragos que en regiones como la nuestra, si han ocasionado pérdidas económicas y sociales muy considerables.

El riesgo que ocurra una grave epidemia de la roya del cafeto está principalmente vinculado al clima, especialmente la distribución y cantidad de lluvia. Según Barquero (2012) también es importante la altitud sobre el nivel del mar de las zonas productoras de café, que influye en regular la temperatura y el viento. Por otro lado, se ha podido observar en los resultados, que las parcelas con MIP donde se encalaron y fertilizaron, se disminuyó la severidad de la enfermedad, tal como lo señalan las investigaciones realizadas por (Delgado *et al.*, (2012); y Avelino (2013). Los resultados de la investigación muestran que el riesgo de una grave epidemia de la roya del café también depende en gran medida en los patrones de manejo de cultivos, debido a sus importantes efectos sobre el microclima y sobre la fisiología de las plantas. Por lo tanto, el riesgo de una grave epidemia de la roya del café es un reflejo de factores específicos del agroecosistema y el entendimiento y manejo adecuado por parte de los agricultores cafetaleros.

Otro factor que han influido en la presencia de la enfermedad es la falta de un manejo agronómico fitosanitario que considere actividades de limpieza de campo, desmalezado y manejo de sombra que por desconocimiento, los agricultores no lo consideran como labores primordiales dentro de programas MIE. Además la mayoría de agricultores no fertilizan ni encalan para cambiar la acidez de los suelos y escasamente algunos hacen algunas aplicaciones con fungicidas no adecuados. Todo esto influye en el incremento de inóculo primario que permite se inicie una nueva campaña agrícola con altos niveles de la enfermedad en una estación lluviosa, que implica un mayor costo de control de la enfermedad, tal como lo señalan Cristancho (2012) y CENICAFE (2010).

En Rio Negro, ha ocurrido que las áreas de café Caturra y Typica con sistema de cultivo orgánico (ambas caracterizadas como susceptibles a roya amarilla) se han ido incrementando debido a su mayor demanda, tal como se compara el porcentaje de las áreas de café cultivadas en 2003 (MINAG, 2003) y cultivadas la actualidad (Mesa Técnica de Café Satipo, 2013). Se puede observar que las variedades Caturra y Typica, se cultivan en mayor superficie, aunado a esto, las parcelas tienen el sistema de cultivo de café orgánico donde no emplean fertilizantes sintéticos, y solamente utilizan caldo bordelés al inicio de la campaña agrícola (ICAFE, 2013).

En el año 2012, se dio un aumento inusual de la incidencia de la roya en el Perú, no habiéndose observado anteriormente este fenómeno. Una situación similar ocurrió en otras zonas cafetaleras de la región, desarrollándose una gran epifitía que se extendió desde México, los países de Centroamérica y del Caribe hasta el Perú. Considerando la dimensión de este fenómeno, es de presumir que el mayor desarrollo de la roya obedeció a factores que influyeron en grandes extensiones de territorio y que mediaron significativamente en el progreso de la enfermedad. Simultáneamente, los caficultores percibieron cambios en el patrón usual del clima.

### Manejo integrado de la roya del café en parcelas de Rio Negro-Satipo.

Los resultados de la aplicación de MIE en sistemas de producción de café convencional y orgánico, en las cuales se han logrado disminuir la severidad y cantidad de enfermedad acumulada (ABCDE) a niveles muy aceptables, debido a las diversas estrategias empleadas en los componentes de control cultural y control químico en las localidades de Union Cuvinaky y Los Angeles de Ipok, concuerdan con los resultados obtenidos en Guatemala (ANACAFE, 2013) y Crisnacho (2013). La parcela de MIE en café convencional logro menor incidencia de la enfermedad, comparada con la parcelas MIE orgánico, debido a que se encalaron los suelos, se desmalezaron y limpiaron los campos con inóculo secundario, se fertilizaron óptimamente previo análisis de suelos y emplearon racionalmente fungicidas de contacto y sistémicos orgánicos e inorgánicos, alguno de ellos como cyproconazole + azoxystrobin que son de última generación pero muy amigables con el ambiente. Asimismo, en las parcelas de MIE en café orgánico, la severidad fue ligeramente mayor que el anterior tratamiento, existiendo diferencias significativas, pero desde el punto de vista epidemiológico es considerado como bajo. En estas parcelas se emplearon fungicidas de origen biológico como *Bacillus* spp. y el aceite de Neem que actuó como un buen aislante entre la película de agua y la superficie foliar, no permitiendo la germinación inmediata de las esporas del hongo e influyendo en bajar el ataque de la broca del café; sin embargo, en ambos tratamientos se observó una gran carga de frutos que promisoriamente avisora una alta producción, a pesar de tratarse de una variedad susceptible como Caturra. El mayor porcentaje de severidad y ABCDE se obtuvo en la parcela con cultivo tradicional de café, que usualmente maneja el agricultor, demostrando con ello que un buen programa MIE, ya sea en cultivos convencionales o sistema de cultivo orgánico pueden ser empleados logrando la eficacia esperada.

## CONCLUSIONES

- Se ha caracterizado los niveles de susceptibilidad a la roya amarilla de las variedades de café cultivados en Rio Negro-Satipo, habiéndose encontrado que las variedades Caturra, Typica, Bourbon son susceptibles; Pache, es altamente susceptible; mientras que las var. Catimor, Costa Rica, Colombia son resistentes y Pacamara es moderadamente resistente.

- Los factores del agroecosistema de rio Negro que favorecen el desarrollo de la roya del café son la precipitación frecuente que permite periodos de formación de películas de agua sobre la superficie de las hojas con un mínimo de 3-4 horas, temperatura óptima de germinación de uredosporas de 21 a 25 C, noches húmedas con abundante neblina y presencia de mayor inóculo primario proveniente de hojas y frutos caídos al suelo los cuales tiene viabilidad hasta dos meses, en huésped inerte.
- Asimismo, influyen marcadamente en disminuir la severidad de la enfermedad el control cultural como la poda sanitaria y limpieza de los cafetales afectados, el raleo de la sombra, desmalezado, encalado y fertilización previo análisis de suelos.
- El programa de MIE, en el sistema convencional de cultivo de café resultó como el mejor tratamiento, ya que logró reducir la enfermedad a niveles bajos de severidad y área bajo la curva de desarrollo de la enfermedad (ABCDE), seguido del MIE en café orgánico, habiendo diferencias significativas entre los mismos, pero epidemiológicamente son considerados por debajo del umbral económico. Mientras que el sistema de cultivo tradicional de café alcanzó el mayor valor de la severidad y ABCDE.
- La productividad de las parcelas con MIE en cultivos de café convencional y orgánico no han podido ser evaluados, debido a que la cosecha se realizará en junio del presente año, habiéndose podido solamente observarse una mayor carga de frutos en los tratamientos con componentes de manejo integrado de la roya en los que se aplicaron MIE convencional y MIE orgánico.
- Se considera que las estrategia del “manejo integrado de la roya” que incluya un paquete de recomendaciones para el manejo del cultivo, fundamentado en la plantación de variedades resistente o tolerantes a densidades apropiadas, poda de arquitectura y limpieza de plantas enfermas o agotadas, el deshije, la fertilización y encalado óptimo, el uso de fungicidas protectores y sistémicos en dosis y momentos oportunos, el control de sombra y de malezas, permite bajar la intensidad de la roya a niveles por debajo del umbral económico de la enfermedad.

## AGRADECIMIENTOS

- Un reconocimiento al Consorcio de Productores de Café de Selva Central Café Perú SAC, representado por el Ing. Jaime Casas Samaniego, quienes brindaron apoyo logístico para el desarrollo de la investigación y participaron en la evaluación y manejo de las parcelas experimentales.
- Asimismo, al Ing. Héctor Riveros Izarra, profesional responsable de SENASA, quien participó de la investigación y apoyó en las evaluaciones respectivas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVELINO J. 2013. Integrated control of coffee leaf rust. CIRAD-CP, IICA-PROMECAFE. San José, Costa Rica.
- AVELINO J., SAVARY S. 2002. La lutte chimique raisonnée et optimisée contre la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*) L'expérience de l'Amérique latine. Plantations, recherche, développement. France. Recherche et caféiculture. Montpellier: CIRAD-CP:134-143.
- ANACAFE, 2013. Análisis sobre eficiencia de fungicidas contra la Roya del cafeto. Disponible en URL. <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Eficiencia-fungicidas-roya>
- BARQUERO M. 2013. Las variaciones climáticas en el incremento inusual de la Roya del Cafeto. Unidad de Investigación, Instituto del Café de Costa Rica. Costa Rica. 16 pp.
- CRISTANCHO M.A. 2012. Impacto de la roya del café en la caficultura regional. Federación Nacional de Café de Colombia. Chinchina, Colombia. 78 pp.
- CENICAFE. 2011. La roya del café en Colombia. Impacto, manejo y costos de control. Chinchina, Colombia. 52 pp.
- S/N. 2012. Café, primer producto agrícola de exportación del Perú. Centro de Documentación para la Innovación de la Cadena de Suministro. 09 de agosto 2012 (09/08/2012)
- INIA. Circuito Tecnológico del café. 2012. Proyecto de Plantaciones Agroforestales de pequeños agricultores cafetaleros en Perené. Instituto de Innovación Agraria. Dirección de Extensión Agraria. 104 p.
- DELGADO M. L. 2012. Avance e Infestación severa de la Roya Amarilla (*Hemileia vastratix*) en Café. Ergomix.
- EL KHOURY W., MAKKOUK K. 2010. Integrated plant disease management in developing countries. Edizioni ETS Pisa. Journal of Plant Pathology, 92 (4):35-42, 2010 S4.35
- HIROSHI. G., SERA T., SHIGUER D., Alves de Azevedo J., Siqueira da Mata J., Saori Dói D., Ribeiro C., Kanayama S. 2007. Resistance to Leaf Rust in Coffee Carrying S H3 Gene and others S H Genes. Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol.50 (5): 753-757.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2003. Caracterización de las Zonas Cafetaleras en el Perú. Programa para el Desarrollo de la Amazonía PROAMAZONIA. Informe Final. 136 pp.
- RHTERFORD M., PHIRI N. 2006. Pests and Diseases of Coffee in Eastern Africa: A Technical and Advisory Manual. CABI África Regional Centre. Nairobi. 78 p.
- TIRADO L. J. 2008. Enfermedades fungosas del cultivo de café. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONCYTEC. Lima, Perú. 183 p.
- USDA. 2013. Situation Update, Coffee Rust in Mexico. USDA Foreign Agriculture Service. Global Agriculture Information Network Report. GAIN Report Number: MX3015.
- La Roya del Café es una enfermedad temible pero puede controlarse. Disponible en URL. [http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Recomendaciones\\_Control\\_Roya](http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Recomendaciones_Control_Roya)



