

## **Incidencia de *Hemileia vastatrix*, en sistemas productivos de *Coffea arabica*, Tepec-Xomolth La Patasta, Nicaragua, 2023**

### **Incidence of *Hemileia vastatrix*, in *Coffea arabica* production systems, Tepec-Xomolth La Patasta, Nicaragua, 2023**

**Morán Centeno<sup>1</sup>, Juan Carlos<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua

<sup>1</sup> [juan.moran@ci.una.edu.ni](mailto:juan.moran@ci.una.edu.ni)  <https://orcid.org/0000-0001-6135-7271>

Recibido/received:16/02/2025 Corregido/Revised:22/04/2025 Aceptado/accepted: 23/05/2025

**Resumen:** La caficultura representa una actividad económica clave para el desarrollo del país, en especial para pequeños productores que enfrentan desafíos ambientales, sociales y agronómicos. Dentro de las principales afectaciones agronómicas sobresale la roya (*Hemileia vastatrix*), considerada la más destructiva dentro de las plantaciones de café. Se evaluó la incidencia y severidad de la roya en 14 sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en tres comunidades de la Reserva Natural Tepec-Xomolth La Patasta, Nicaragua. Se seleccionaron 184 plantas de café al azar por hectárea, las que fueron marcadas, en cada sistema de producción, en cada planta se eligió una bandola de la parte media inferior, contabilizando las hojas afectadas por la enfermedad, con frecuencias quincenales, durante el año 2023. Los datos se organizaron empleando el software Excel, en el caso de la severidad se transformó mediante la función arcoseno. Se emplearon regresiones lineales, análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). Los resultados indican que el aumento en el número de hojas incrementa la probabilidad de infección de la enfermedad, con mayores afectaciones durante la formación, desarrollo y consistencia del fruto y cosecha. La severidad no mostró diferencias significativas entre comunidades. Determinar el comportamiento de la enfermedad en las diferentes etapas fenológico del cultivo, permitirá adoptar estrategias de manejo adecuadas que reduzcan los costos y las afectaciones al ambiente.

**Palabras clave:** *Hemileia vastatrix*; reserva natural; epidemiología agrícola; gestión fitosanitaria; caficultura sostenible

**Abstract:** Coffee growing represents a key economic activity for the country's development, especially for small producers who face environmental, social, and agronomic challenges. Among the main agronomic impacts is coffee rust (*Hemileia vastatrix*), considered the most destructive in coffee

\* Autor de correspondencia  
[juan.moran@ci.una.edu.ni](mailto:juan.moran@ci.una.edu.ni)



plantations. The incidence and severity of coffee rust were evaluated in 14 coffee (*Coffea arabica* L.) production systems in three communities of the Tepec-Xomolth La Patasta Nature Reserve, Nicaragua. In each production system, 184 coffee plants were randomly selected per hectare and marked. A strip of the lower middle part of each plant was selected, and the leaves affected by the disease were counted, with biweekly frequencies, throughout 2023. The data were organized using Excel software; the severity was transformed using the arcsine function. Linear regression, analysis of variance (ANOVA), and Tukey's tests ( $\alpha = 0.05$ ) were used. The results indicate that increasing leaf number increases the likelihood of disease infection, with greater impacts during fruit formation, development, and consistency, as well as harvest. Severity did not show significant differences between communities. Determining disease behavior at different phenological stages of the crop will allow for the adoption of appropriate management strategies that reduce costs and environmental impacts.

**Keywords:** *Hemileia vastatrix*; nature reserve; agricultural epidemiology; phytosanitary management; sustainable coffee growing

### Introducción

El café es cultivado en ambientes tropicales y subtropicales en altitudes desde los 500 hasta los 1 800 metros (Rojas-Ruiz *et al.*, 2020). En Nicaragua la producción de café (*Coffea arabica* L.), se encuentra en manos de pequeños y medianos productores, siendo una fuente de empleos en el sector rural, las cuales son manejadas de forma tradicional, lo que conlleva a usar plaguicidas como la principal opción para controlar las afectaciones causada por plagas y enfermedades, esto incrementa los costos productivos por ende reduce los beneficios a las familias y afecta al ambiente (Jarquín y Jiménez-Martínez, 2021; Salazar-Hitcher y Jiménez-Martínez, 2022; Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2023).

Estudios efectuados por Salazar-Hitcher y Jiménez-Martínez, (2022); Pilozo-Montuano *et al.* (2022); mencionan que este cultivo es afectado por diversos problemas fitosanitarios, siendo la roya (*Hemileia vastatrix*), la de mayor importancia económica, al causar ataques directos en las hojas. La afectación ocasiona caídas de hojas de forma prematura, esto provoca un debilitamiento de la planta al afectar directamente su capacidad fotosintética, llegando a ocasionar la muerte de ramas (bandolas), plantas, poniendo en riesgo la cosecha y calidad del grano, así como, la reducción del 20 % de la cosecha en el siguiente ciclo agrícola (Pilozo-Mantuano *et al.*, 2022; Julca-Otiniano *et al.*, 2023).

De acuerdo con estudios efectuados por Castillo *et al.* (2020), esta enfermedad ha sido manejada con el uso de funguicidas químicos, sin embargo, esto ocasiona deterioro en el agroecosistema de producción a mediano y largo plazo, por lo que comprender el comportamiento de la enfermedad en campo y las épocas de afectación dentro del sistema de producción es importante en la búsqueda de alternativas de manejo que conserven los recursos naturales y la salud de los jornales (Parrales, 2021).



Las áreas de producción de café constituyen espacios de importancia en la conservación de la biodiversidad y a mejorar las condiciones de vida de los productores rurales (Harvey *et al.*, 2021), en la reserva natural Tepec-Xomolth La Patasta, no se cuenta con información suficiente por parte de los productores de café sobre el comportamiento de la roya en las diferentes etapas de desarrollo del ciclo agrícola. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la incidencia y severidad de la infección roya del café (*Hemileia vastatrix* Berkeley y Broome), en sistemas productivos de Café (*Coffea arabica* L.), en tres comunidades rurales en la Reserva Natural Tepec-Xomolth La Patasta, durante el año 2023.

## Material y Métodos

### *Ubicación de los sistemas productivos*

El estudio se realizó en el área protegida Tepec-Xomolth La Patasta, la que se encuentra entre los 13° 12' y 13° 40' de latitud norte y 86° 05' y 86° 45' de longitud oeste en un territorio de topografía irregular. Cuenta con una superficie de 87 km<sup>2</sup>, fue declarada área protegida bajo la categoría de Reserva Natural en el decreto Ejecutivo N° 42-91 por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA], (1991). Su clima se caracteriza por cambiar en función de la altitud de tropical seco en las partes bajas (1 000 m s.n.m) a tropical húmedo en las elevaciones y montañas (1 735 m s.n.m).

Las principales precipitaciones ocurren en los meses de abril a julio y luego, entre octubre y noviembre. Las temperaturas promedio fluctúan de los 16 a 23 °C, la humedad relativa comprende desde los 51.91 al 100 % en las elevaciones (Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2023). Se tomaron 14 agroecosistemas productivos de café en tres comunidades de la reserva antes mencionada (Nueva Esperanza= 5, El Pegador= 4, Buena Vista= 5), tabla 1. Los criterios de selección consideraron unidades productivas menores a cinco hectáreas, y que implementaran prácticas específicas de manejo del cultivo. Estas incluyen control químico de plagas, curvas a nivel (Obras de conservación de suelo), manejo de sombra en el cultivo de café, poda de mantenimiento y poda sanitaria del café (Morán-Centeno y Jiménez-Martínez, 2024).

**Tabla 1.** *Ubicación de los sistemas productivos de Café (Coffea arabica L.), en la Reserva Natural Tepec-Xomolth La Patasta.*

Comunidad rural	Latitud	Longitud	Altitud de los sistemas productivos m s. n. m.
	(UTM)		
Nueva Esperanza	531870	1476806	1140.12
Nueva Esperanza	539815	1476759	1159.20
Nueva Esperanza	539704	1476979	1017.13
Nueva Esperanza	540088	1477020	1130.50
Nueva Esperanza	540013	1477074	1083.53
El Pegador	540976	1477119	1490.52
El Pegador	540414	1476500	1501.50

El Pegador	540569	1476586	1143.13
El Pegador	540539	1476622	1159.40
Buena Vista	539790	1477226	1001.13
Buena Vista	540518	1476501	1103.30
Buena Vista	541983	1471991	1133.10
Buena Vista	541890	1471578	1268.38
Buena Vista	541981	1471357	1508.76

El estudio fue del tipo no experimental, prospectivo de corte longitudinal, con un alcance descriptivo y correlacional (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2020). Los muestreos de la incidencia y severidad de la roya se realizaron quincenalmente en todos los sistemas productivos. Se seleccionaron 184 plantas de cafeto aleatoriamente por hectárea, las cuales fueron marcadas, en cada planta se seleccionó una rama (bandola) de la parte media interior y se contabilizó el número de hojas presentes, hojas con daños por roya, para determinar el porcentaje de hojas dañadas (Julca-Otiniano *et al.*, 2019; Sánchez-Lucio *et al.*, 2024).

Para determinar la incidencia se cuantificó el número de hojas afectada por roya y se dividió por el número total de hojas presentes en la bandola, multiplicada por cien (1).

$$Incidencia = \frac{Total.hojas.afectadas}{Total.de.hojas} * 100 \quad (1)$$

La severidad de la enfermedad se colectaron hojas afectadas y se marcaron para determinar el grado de daño foliar de cada hoja y posteriormente se calculó el promedio de cada bandola (tabla 2), de acuerdo con la metodología empleada por López *et al.* (2018); Julca-Otiniano *et al.* (2019).

**Tabla 2.** Grado de valoración para determinar el índice de infección de *Hemileia vastatrix* (Berkeley y Broome), en sistemas productivos de Cafeto (*Coffea arabica* L.), en la Reserva Natural Tepec-Xomolth La Patasta.

Grado	Descripción de la afectación
0	Sano o sin síntomas visible de la enfermedad
1	Síntomas visibles llegando de 1 a 5 % del área foliar afectada
2	Las manchas empiezan a unirse llegando a ocupar del 6 al 20 % del área foliar afectada
3	Las manchas empiezan a necrosarse de manera muy notoria afectando el 21 al 50 % del área foliar sana
4	Mayor del 50 % del área foliar se encuentra afectada

Fuente: Modificada de López *et al.*, 2018

Los datos obtenidos, se organizaron en el software Excel, para la incidencia y severidad se empleó transformación con la función arcoseno. Se les aplicó un análisis de regresión lineal simple, considerando el porcentaje de incidencia de la roya como variable independiente (X), y el porcentaje de severidad como variable dependiente (Y), en las comunidades y etapas del ciclo agrícola.



Así mismo, se empleó análisis de varianza para estas variables, en donde se encontró diferencias significativas, se procedió a realizar comparaciones mediante la prueba de Tukey (0.05), para ello se empleó el software R v.4.2.3 (R Core Team, 2023).

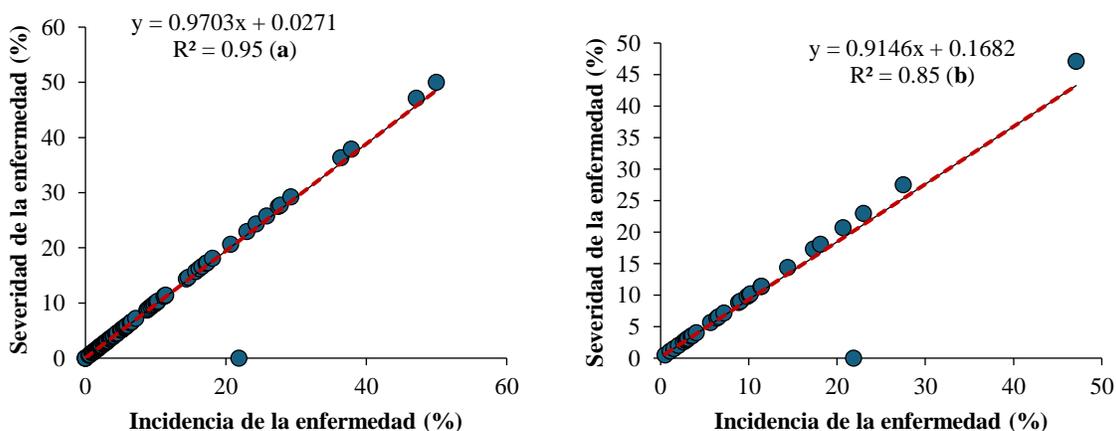
## Resultados y discusión

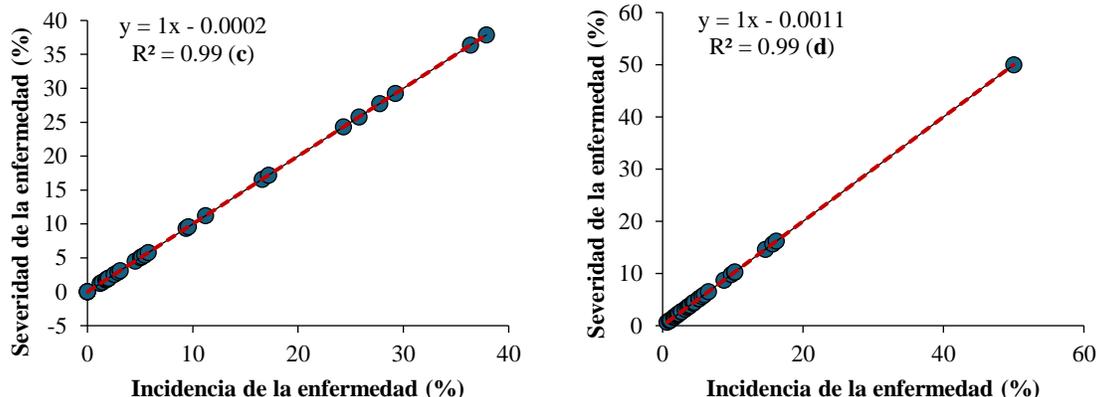
### Comportamiento de la roya en las comunidades

El comportamiento de la severidad de la roya en las comunidades bajo estudio, indicó que el incremento en la planta de cafeto, obtuvo un valor de 0.027 %, la presencia de la enfermedad en cada muestreo efectuado (figura 1 a), al analizar en cada una de estas el mayor porcentaje de incremento en la severidad se registró en Nueva Esperanza con 0.168 % (figura 1 b), en menor grado en El Pegador y Buena Vista (figura 1 c y 1 d), estos resultados mostraron que la enfermedad es mayor cuando la planta de cafeto presenta mayor cantidad de hojas, por lo cual el manejo que el productor efectuó sobre la plantación es crucial para determinar el porcentaje de afectación o incidencia. Resultados similares fueron publicado por Sánchez-Lucio *et al.* (2024); Couttolenc-Brenis *et al.* (2023), en donde reportan que la severidad de la roya se relaciona directamente con el manejo que el productor efectuó y la cantidad de hojas presente en cada estrato de la planta. Confirmando que existe una relación directa entre la incidencia y la severidad de la enfermedad, lo que indica que la severidad es explicada por la incidencia de la enfermedad al tener valores altos en los coeficientes de determinación ( $R^2$ ).

### Figura 1.

Comportamiento de la roya del cafeto en tres comunidades de la Reserva natural Tepec-Xomolth, La Pasta. a). Comportamiento general de la roya en las tres comunidades, b). Comportamiento de la roya en la comunidad Nueva Esperanza, c). Comportamiento de la roya en la comunidad El Pegador, d). Comportamiento de la roya en la comunidad Buena Vista.

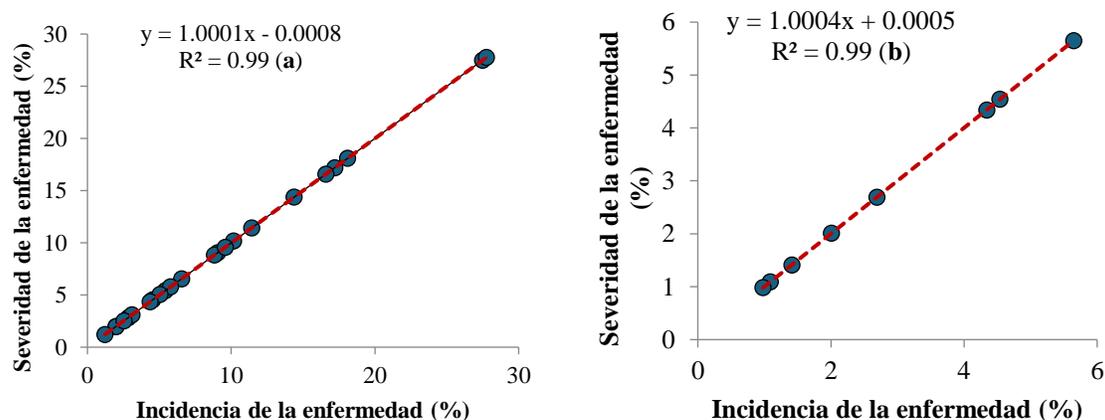


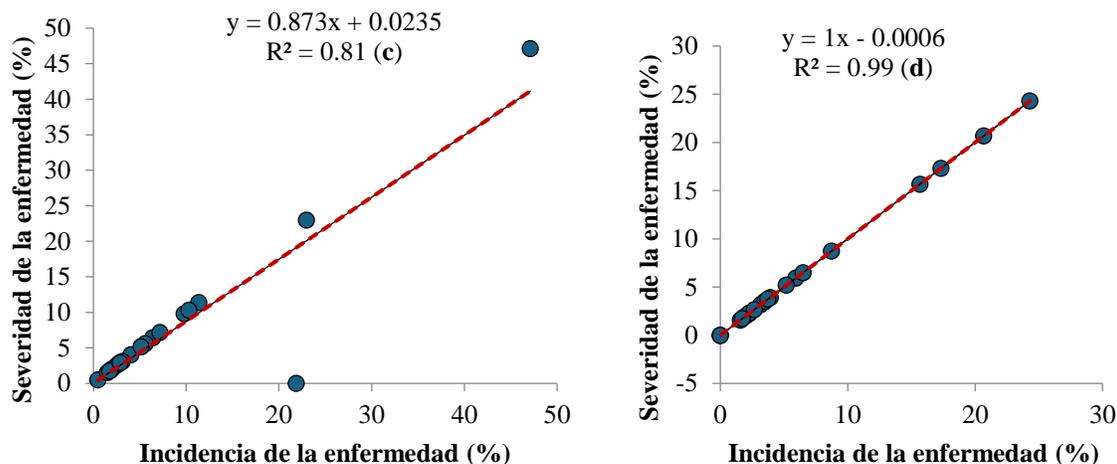


En los diferentes estadios de desarrollo del ciclo agrícola del cafeto, se determinó que la enfermedad está presente todo el año sin embargo, las mayores afectaciones se registran en la fase de formación y desarrollo de frutos (figura 2 b, 2 c), en donde se deben efectuar medidas de manejo de la enfermedad, al ser esta fase crucial para evitar pérdidas en el rendimiento ya que afecta directamente la calidad de los frutos. Así mismo, se constató que durante la fase de cosecha del cafeto es donde la enfermedad incrementa su afectación, esto obedece a las labores de recolección del grano, en donde los jornales diseminan la enfermedad por toda la plantación (figura 3). Por lo cual es importante contar con información que indique el momento de mayor afectación en el cultivo y elaborar programas de protección vegetal a nivel de finca y comunidad para reducir los daños (Sánchez-Lucio *et al.*, 2024; Couttolenc-Brenis *et al.*, 2023).

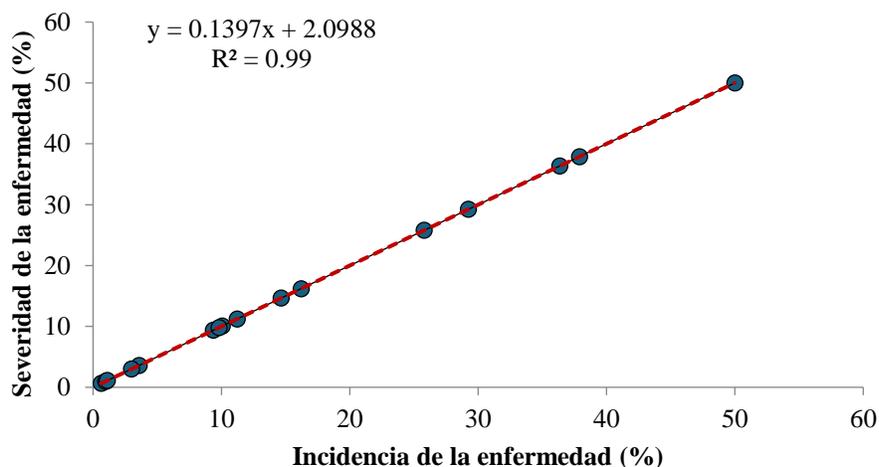
**Figura 2.**

*Comportamiento de la roya del cafeto en las diferentes etapas del ciclo agrícola en la Reserva natural Tepec-Xomolth, La Pasta. a). Etapa de Floración, b). Etapa de formación del fruto de cafeto, c). Etapa de desarrollo del fruto de cafeto, d). Etapa de frutos consistentes de cafeto.*





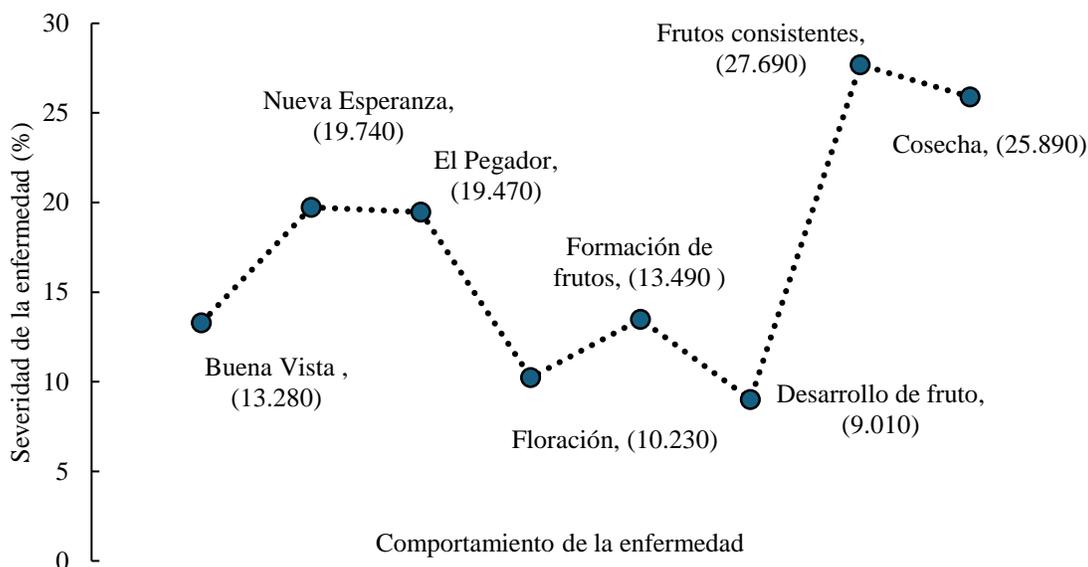
**Figura 3.** Comportamiento de la roya del café durante la cosecha del grano de café en la Reserva natural Tepec-Xomolth, La Pasta.



Por lo general el incremento de la enfermedad a partir de la severidad, fue mayor en la comunidad de Nueva esperanza, seguido de El pegador, siendo la fase de frutos consistentes donde se incrementó la ocurrencia del patógeno, seguido de la cosecha. En todas las comunidades y fases la afectación estuvo en el rango del 9 al 28 % de severidad (figura 4). Pilozo-Mantuano *et al.* (2022); Ferreiras *et al.* (2024), mencionan que con estos niveles de afectaciones la cantidad de hojas sanas es muy reducida, por lo que la implementación de una estrategia de control química es necesaria para asegurar la cosecha, sin poner en riesgo los rendimientos. Por otro lado, Leguizano-Sotelo *et al.* (2024); Tablas *et al.* (2021), mencionan que cuando se implementan prácticas de manejo tradicionales adecuadas como el uso de poda sanitaria, se reduce las afectaciones por roya y el uso de agroquímicos en los sistemas de producción.

**Figura 4.**

*Tendencia del comportamiento de la roya del cafeto en las comunidades y etapas de ciclo agrícola del café en la Reserva natural Tepec-Xomolth, La Pasta.*



En las comunidades bajo estudio se determinó que Nueva Esperanza y el Pegador registraron mayor incidencia de la enfermedad, de igual manera, en las diferentes etapas de desarrollo fue notorio durante la formación de frutos consistentes y la cosecha siendo las etapas de mayor presencia de roya en las plantaciones de cafeto, la severidad fue similar en las comunidades y etapas del cultivo, lo que indica un comportamiento similar en las localidades y épocas del cultivo (tabla 3). De acuerdo con lo reportado por Couttolenc-Brenis *et al.* (2023), Chambe-Mamani *et al.* (2021), estos valores se consideran altos, indicando la presencia de pústulas del hongo lo que ocasiona daño foliar a la planta, por lo que el manejo y monitoreo de la enfermedad es fundamental para evitar el desarrollo de epidemias.

**Tabla 3.** *Incidencia y severidad de la roya del cafeto (Hemileia vastatrix), en la Reserva natural Tepec-Xomolth, La Pasta.*

Parámetros	Incidencia		Severidad	
Comunidad	(%)			
Nueva Esperanza	9.52	a	1.64	a
El Pegador	9.74	a	1.57	a
Buena Vista	6.64	b	1.44	a
Etapas de desarrollo				
Floración	4.64	c	1.43	ab
Formación de frutos	6.74	bc	1.62	ab
Desarrollo de frutos	4.51	c	1.23	ab



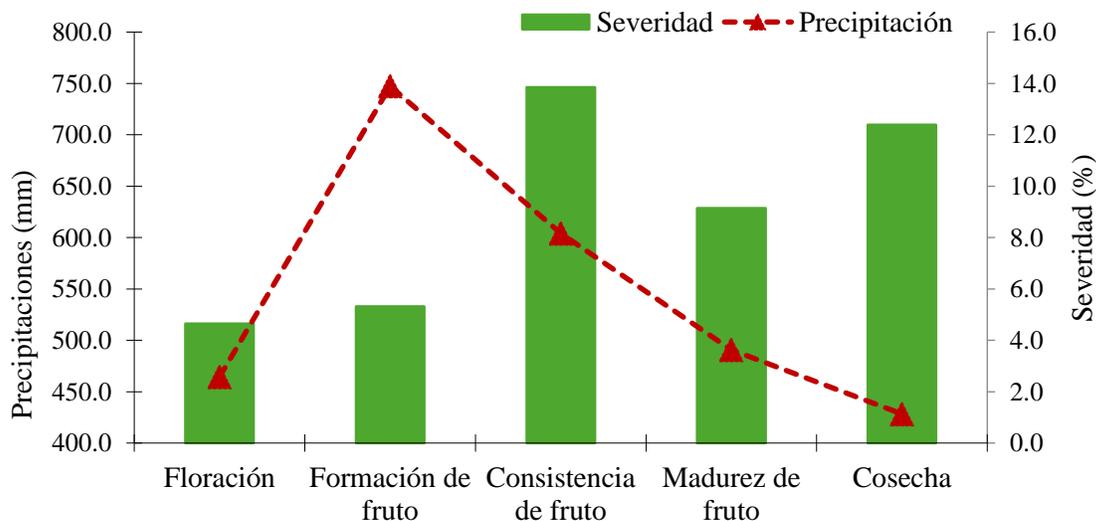
<i>Frutos consistentes</i>	13.85	a	1.87	a
<i>Cosecha</i>	12.39	ab	2.01	a
<b>Valor-p</b>	0.0001		0.0001	
<b>R<sup>2</sup></b>	0.86		0.63	
<b>CV (%)</b>	47.13		31.13	
<b>AIC</b>	535.69		141.48	
<b>IC= <math>\mu \pm \delta</math></b>	6.73±10.93		6.51±10.69	

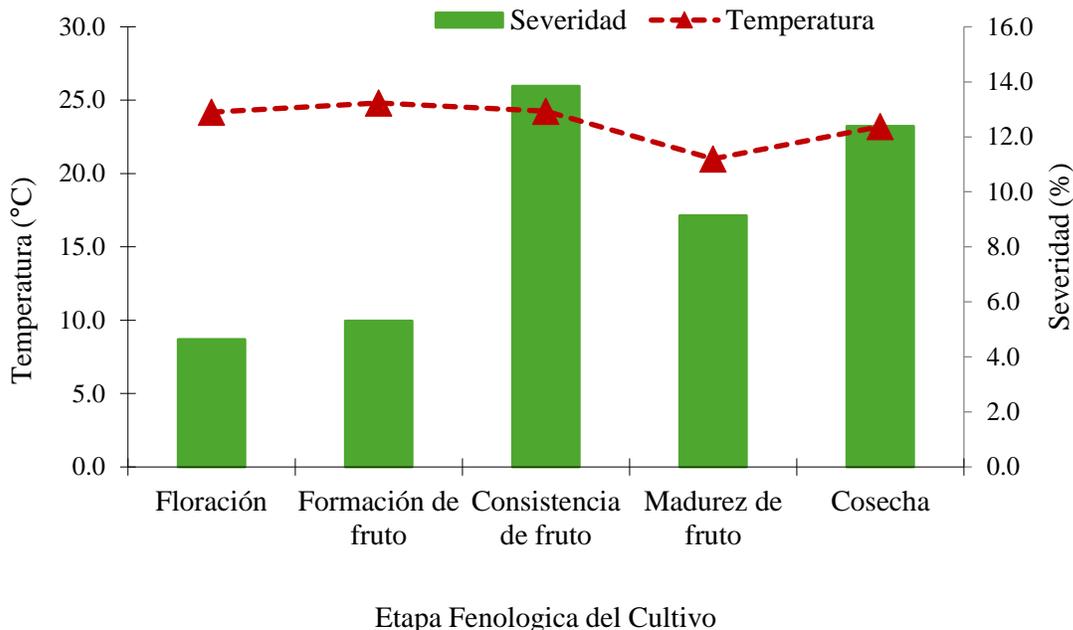
\*\* Promedio con letra en común no difieren estadísticamente ( $\alpha = 0.05$ ), HSD= Prueba de Tukey al 95 % de confianza, Valor-p= valor de la probabilidad al 0.05; R<sup>2</sup>= Coeficiente de determinación, CV= Coeficiente de variación, AIC= Índice de Akaike, IC=  $\mu \pm \delta$  (Intervalo de confianza al 95 %,  $\mu$ = Promedio,  $\delta$ = Desviación estándar)

Al relacionar la severidad con las precipitaciones y temperaturas se determinó que no existió diferencias significativas en las afectaciones, demostrando que, en las fases de frutos consistentes, madurez de fruto es donde ocurren las mayores afectaciones, esto demuestra que el manejo que el productor efectúa sobre el cultivo de café afecta directamente el comportamiento de la roya (figura 5). Estudios efectuados por Bacon *et al.* (2021); Quiroz Guerrero *et al.* (2021); Siu *et al.* (2023); Jaramillo-Villanueva *et al.* (2022), reportaron que las temperaturas y precipitaciones son parámetros de interés en el comportamiento de la roya, sin embargo, cuando el productor efectúa prácticas de manejo adecuado, reduce sus afectaciones en el cultivo.

**Figura 5.**

*Comportamiento de la severidad de la roya del café en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, relacionadas a la precipitación y temperaturas.*





### Conclusiones

Se encontró una relación positiva entre la incidencia y la severidad de la roya del cafeto, las afectación de *Hemileia vastatrix*, mostró un comportamiento diferente en las comunidades y etapas del ciclo del cultivo, siendo las comunidades de Nueva Esperanza y El pegador las más afectadas, así como, las etapas de formación, desarrollo del fruto y cosecha, la severidad mantuvo valores constantes durante todo el periodo de estudio en las etapas del cultivo y comunidades, las variables climáticas no mostraron un efecto significativo sobre el comportamiento de la enfermedad en campo. Se recomienda evaluar alternativas de manejo biológicas en las diferentes etapas fenológicas del cultivo para reducir las afectaciones causada por la roya del café en las plantaciones de la reserva natural.

### Contribución de Autoría CRediT

El autor declara la contribución de autoría CRediT en la conceptualización, metodología, análisis formal, curación de datos, redacción y revisión del manuscrito original.

### Declaración de intereses contrapuestos

El autor declara que no tiene intereses financieros en conflicto ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.



## Disponibilidad de datos

El conjunto de datos generados y/o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

## Agradecimientos y financiamiento

El autor expresa su agradecimiento al programa de Doctorado en Sanidad Vegetal de la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua, a los productores de la Reserva Natural Tepec-Xomolth, La Patasta, Madriz, por permitir recopilar la información de campo en sus áreas de producción.

## Referencias

- Bacon, C. M., Sundstrom, W. A., Stewart, I. T., Maurer, E., & Kelley, L. C. (2021). Towards smallholder food and water security: Climate variability in the context of multiple livelihood hazards in Nicaragua. *World Development*, *143*, 105468. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105468>
- Castillo, N. E. T., Melchor-Martínez, E. M., Sierra, J. S. O., Ramírez-Mendoza, R. A., Parra-Saldívar, R., & Iqbal, H. M. (2020). Impact of climate change and early development of coffee rust—An overview of control strategies to preserve organic cultivars in Mexico. *Science of the Total Environment*, *738*, 140225. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140225>
- Chambe-Mamani, E. S., Apaza-Apaza, S., y Aguilar-Ancocota, R. (2021). Control biológico (*Trichoderma* spp.) y químico de roya amarilla (*Hemileia vastatrix*) del café (*Coffea arabica* L.) en la provincia de Sandia-Puno. *Polo del Conocimiento*, *6*(2), 500-520. Recuperado el 12 febrero de 2025, de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2283/4612>
- Couttolenc-Brenis, E., Toral-Juárez, M. A., Morgado, R. L., y Pérez, J. P. (2023). Respuesta a la infección de *Hemileia vastatrix* en plantas de *Coffea arabica* var. SARCHIMOR T5296. *ResearchGate*, 985-995. Recuperado el 19 febrero de 2025, de [https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Couttolenc-Brenis/publication/376685850\\_Respuesta\\_a\\_la\\_infeccion\\_de\\_Hemileia\\_vastatrix\\_en\\_plantas\\_de\\_Coffea\\_arabica\\_var\\_SarchimorT5296/links/6583ddb22468df72d3c0d002/Respuesta-a-la-infeccion-de-Hemileia-vastatrix-en-plantas-de-Coffea-arabica-var-SarchimorT5296.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Couttolenc-Brenis/publication/376685850_Respuesta_a_la_infeccion_de_Hemileia_vastatrix_en_plantas_de_Coffea_arabica_var_SarchimorT5296/links/6583ddb22468df72d3c0d002/Respuesta-a-la-infeccion-de-Hemileia-vastatrix-en-plantas-de-Coffea-arabica-var-SarchimorT5296.pdf)
- Ferreiras, F., Barreto, P., Pérez, R., Marques, P., Rodríguez, F., Chaves, T., y Renato, M. (2024). Efectos de los sistemas de cultivo de café arábica en la biomasa microbiana del suelo tropical y la actividad en la región noreste de Brasil. *Agroforest System* *98*: 2397-2410. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-01026-2>
- Harvey, C.A., Pritts, A. A., Zwetsloot, M.J., Jansen, K., Pullema, M.M., Armbrecht, I., Avelino, J., Barrera, J.F., Bunn, C., Hoyos, G.J., Isaza, C., Muños, U.J., Pérez, A.C.J., Rahn, E., Robiglio, V., Somarri-ba, E., & Valencia, V. (2021). Transformation of coffee-growing landscapes across

- Latin America. *A review. Agronomy for Sustainable Development* 41: 2-19. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00712-0>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. *McGraw-Hill*. Recuperado de [Metodología\\_de\\_la\\_investigación.\\_Rutas\\_cuantitativa\\_\\_cualitativa\\_y\\_mixta-libre.pdf](https://doi.org/10.1007/s13593-021-00712-0) (d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net)
- Jaramillo-Villanueva JL, Guerrero-Carrera J, Vargas-López S, y Bustamante-González A (2022) Percepción y adaptación de productores de café al cambio climático en Puebla y Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 9(1): 1-13. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3170>
- Jarquín, E. J., y Jiménez-Martínez, E. (2021). Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de 25 sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en tres municipios de Matagalpa, 2020. *La Calera*, 21(37), 111-118. <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12782>
- Julca-Otiniano, A., Borjas Ventura, R., Alvarado Huamán, L., Julca Vera, N., Castro Cepero, V., y Bello Ames, S. (2019). Relación entre la incidencia y la severidad de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) en San Ramón, Chanchamayo, Perú. *Journal of Science and Research*, 4(4), 1-9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3477556>
- Julca-Otiniano, A., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Castro-Cepero, V., Rojas, F. L., Palacios, D. V., y Amez, S. B. (2023). Variedades de café (*Coffea arabica*), una revisión y algunas experiencias en el Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 10(2). <https://doi.org/10.53287/ruyx4519vm15b>
- Leguizamo-Sotelo, G., Salgado-Siclán, M. L., y Rubí-Arriaga, M. (2024). Análisis de la producción de café (*Coffea arabica* L.), en Amatepec, Estado de México. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 11(1). e3840. <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3840>
- López, J. M., Marín-Ramírez, G., Gaitán, A., y Ángel, C. A. (2018). Diagrama de Área Estándar para la estimación visual de severidad de roya del cafeto. Disponible: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4244/1/avt0498.pdf>
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales [MARENA]. (1991). Declaración de áreas protegidas en varios cerros macizos montañosos, volcanes y lagunas del país. Decreto Ejecutivo N°. 42-91 del 1 de octubre de 1991. La Gaceta Diario Oficial N°. 207 del 4 de noviembre de 1991. Disponible: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/b92aeea87dac762406257265005d21f7/8f7597505b329eb0062570a10057d908>
- Morán-Centeno, J. C., y Jiménez-Martínez, E. (2023). Caracterización de sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.) en la Reserva Natural Tepec-Xomolth, Madriz, Nicaragua. *Siembra*, 10(1). e4402. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4402>
- Morán-Centeno, J. C., y Jiménez-Martínez, E. (2024). Macrofauna edáfica en agroecosistemas de *Coffea arabica* L., en Tepec-Xomolth, Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1), 57626. <https://dx.doi.org/10.15517/am.2024.57626>

- Parrales Parrales, T. E. (2021). Severidad de cuatro enfermedades foliares en 20 cultivares de café arábigo (*Coffea arabica* L.). *Universidad Estatal del Sur de Manabí*. <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2936>
- Pilozo-Mantuano, W., Indacochea Ganchozo, B., Castro Landín, A., Vera Tumbaco, M., y Gabriel Ortega, J. (2022). Principales enfermedades causantes de la pérdida de rendimientos de los cultivos de café arábigo (*Coffea arabica* L.) en la zona sur de Manabí, Ecuador: principales enfermedades de café arábigo (*Coffea arabica* L.). *UNESUM-Ciencias*, 6(2), 117-134. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n2.2022.632>
- Quiroz Guerrero, I., Pérez Vázquez, A., Landeros Sánchez, C., Gallardo López, F., Velasco Velasco, J., y Benítez Badillo, G. (2021). Análisis bibliométrico del conocimiento científico sobre resiliencia de agroecosistemas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4), 617-628. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2516>
- Rojas-Ruiz, R., Alvarado-Huamán, L., Borjas-Ventura, R., Carbonell Torres, E., Castro-Cepero, V., y Julca-Otiniano, A. (2020). Caracterización de fincas productoras de café convencional y orgánico en el valle del Alto Mayo, región San Martín, Perú. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2), 100-111. Recuperado en 08 de enero de 2025, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2409-16182020000200013&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182020000200013&lng=es&tlng=es).
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, <https://www.R-project.org/>
- Sánchez-Lucio, R., González-Gaona, E., Padilla-Ramírez, J. S., Gallegos-Robles, M. Á., González-Salas, U., Gómez-Jaimes, R., y Ramos, K. V. D. L. (2024). Efectividad de cepas de *Trichoderma* spp., y *Lecanicillium* spp., en el control de la roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome) en el cultivo del café en Nayarit, México. *Biotechnia*, 26, 136-143. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v26.2047>
- Salazar-Hitcher, R. A., y Jiménez-Martínez, E. S. (2022). Caracterización fitosanitaria de sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en Boaco, Nicaragua. *Wani*, 38(77), 25-38. <https://doi.org/10.5377/wani.v38i77.14989>
- Siu Palma, S. D., Jiménez-Martínez, E. S., y Morán-Centeno, J. C. (2023). Alternativas biológicas para el manejo de *Hypothenemus hampei* (Ferrari), en *Coffea arabica* L., Jalapa, Nicaragua. *Siembra*, 10(2), Artículo e5306. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.5306>
- Tablas GI, Guerrero RJD, Aceves RE, Álvarez CMN, Láinez LE, y Olvera HJI. (2021). El cultivo del café en Ojo de Agua de Cuauhtémoc, Malinaltepec, Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 12: 1031-1042. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2736>.

### Semblanza del autor

Ingeniero en Sistemas de Protección Agrícola y Forestal en la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. Con estudios de Maestría en Agroecología, actualmente estudiante de doctorado en Sanidad Vegetal. Ha desarrollado estudios en diversos cultivos de importancia agrícola, Café, Arroz, Maíz, hortalizas. Con estancias de estudio en la Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida (BOKU). Autor y Coautor de 19 artículos científicos, asesor de 11 tesis de maestría y 22 tesis de grado. Actualmente profesor Titular, Investigador en la Dirección de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. [juan.moran@ci.una.edu.ni](mailto:juan.moran@ci.una.edu.ni) (<https://orcid.org/0000-0001-6135-7271>).

