



FACTORES EXTRÍNSECOS AMBIENTALES ASOCIADOS A LA PRESENCIA DE BROCA DEL FRUTO (*Hypothenemus hampei*) Y MINADOR DE LA HOJA (*Leucoptera coffeella*) DEL CAFETO, EN FUNDOS SANTA MARTHA Y SANTA JOSEFA, PERÚ

Environmental extrinsic factors associated with the presence of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee leaf miner (*Leucoptera coffeella*) in santa Martha and santa Josefa farms, Perú

Luis Tibhy Acosta Trinidad^{1*} , Luis Miguel Zasiga Carrera¹ 

* E-mail: luistibhy@hotmail.com

¹Escuela de Formación Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Barrio Miraflores Kilómetro 3.5 Oxapampa, Perú.

Recibido: 18/04/2025; Aceptado: 18/10/2025; Publicado: 13/09/2025

ABSTRACT

The coffee berry borer (BFC) (*Hypothenemus hampei* Ferrari) and the coffee leaf miner (MHC) (*Leucoptera coffeella* Guérin-Ménéville) are considered pests with a negative impact on coffee cultivation due to extrinsic environmental factors and intrinsic characteristics of the plant. This study aimed to analyze the association between temperature (T), radiation (R), precipitation (P), ambient relative humidity (HRA), and leaf water film (LAH) with the presence of BFC and MHC in coffee plants at two farms located in the districts of Villa Rica and San Luis de Shuaro, Perú. The presence of BFC and MHC was evaluated in two plots Santa Martha farm (FSM) and Santa Josefa farm (FSJ) each measuring 0.25 hectares, considering the abiotic factors T, R, P, HRA, and LAH in the study area. Stepwise analysis revealed a negative association of MHC with temperature, ambient relative humidity, and precipitation in FSJ, while in FSM it was negatively associated with ambient relative humidity and radiation. In turn, BFC was negatively associated with precipitation in FSM and with radiation and precipitation in FSJ. Under conditions of higher precipitation, radiation, temperature, and ambient relative humidity depending on the farm and the climatic variable these factors were mainly associated with decreases in BFC and MHC, with varying magnitudes between farms; it should be noted that LAH showed a positive but non-significant effect on MHC in FSJ.

Keywords: mathematical model | multiple linear regression | regression coefficient | pest | dependent variable | independent variable

RESUMEN

La Broca del fruto (BFC) del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) y el Minador de la hoja (MHC) del café (*Leucoptera coffeella* Guérin-Ménéville) son consideradas plagas de impacto negativo en el cultivo del café por factores ambientales extrínsecos e intrínsecos de la planta. Esa asociación tiene como objetivo esta investigación entre temperatura (T), radiación (R), precipitación (P), humedad relativa ambiental (HRA) y lámina de agua sobre la hoja (LAH) sobre la hoja con la BFC y MHC, en dos fundos de los distritos de Villa Rica y San Luis de Shuaro, Perú. En la

investigación se evaluó la presencia de BFc y MHC para dos parcelas: fundo Santa Martha (FSM) y fundo Santa Josefa (FSJ) de 0.25 hectáreas cada uno con el factor abiótico T, R, P, HRA y LA en el área de trabajo. El análisis de las variables por el método “stepwise”, mostró asociación negativa del MHC entre temperatura, humedad relativa ambiental y precipitación en el FSJ, mientras que, en el FSM, se relacionó negativamente con la humedad relativa ambiental y la radiación; por su parte, la BFc se asoció negativamente con la precipitación en el FSM y con la radiación y precipitación en el FSJ. En condiciones de mayor precipitación, radiación, temperatura y humedad relativa ambiental según el fundo y la variable climática, se asociarían principalmente con disminuciones de la PBc y la PMc en magnitud variable entre fundos; cabe señalar que la LAH mostró un efecto positivo no significativo en el MHC en el FSJ.

Palabras clave: modelo matemático | regresión lineal múltiple | coeficiente de regresión | plaga | variable dependiente | variable independiente

Forma de citar el artículo (Formato APA):

Acosta, L., & Zasiga, L. (2025). Factores extrínsecos ambientales asociados a la presencia de Broca del fruto (*Hypothenemus hampei*) y Minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) del café, en fundos Santa Martha y Santa Josefa, Perú. *Anales Científicos*. 85(2), 57-66. <https://doi.org/10.21704/ac.v86i2.2327>

Autor de correspondencia (*): Luis Tibhy Acosta Trinidad. Email: luitibhy@hotmail.com

© Los autores. Publicado por la Universidad Nacional Agraria La Molina.

This is an open access article under the CC BY

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los cinco principales países productores de café (*Coffea arabica* L.) son Brasil, Vietnam, Colombia, Indonesia y Etiopía (Statista, 2025); ocupando el quinto lugar Perú y Etiopía en la producción de café orgánico (Plataforma del Estado Peruano, 2022). El café es originario de los bosques tropicales de África y de las islas ubicadas al oeste del océano indico (Taiti *et al.*, 2025; Millet *et al.*, 2025; Herrera & Lambot, 2017). Donde la selva central de Perú es clave económica y cultural en los distritos de Villa Rica y San Luis de Shuaro en la producción de café, siendo el principal producto agrícola de exportación del país, concentrándose el 91 % de producción en Junín, San Martín, Cajamarca, Cusco, Amazonas, Huánuco y Pasco de área cultivable por pequeños productores, quienes conducen entre 1 ha y 5 ha y representan el 85 % del total de caficultores (Díaz & Willems, 2017).

La variedad Caturra tiene su origen en una mutación natural que se produjo en una plantación de la variedad Borbón en el Estado de Minas Gerais de Brasil (Molina, 2024). A partir de la mejora genética de los distintos progenitores de *Coffea arabica* y otras especies del género *Coffea*, nació el híbrido Timor, que a partir de este híbrido, se desarrollaron nuevas variedades al realizar cruzamientos con variedades tradicionales como Caturra, Villa Sarchi y Catuai (Cardoza *et al.*, 2025). La variedad Caturra es de porte bajo, con entrenudos cortos, tallo grueso y poco ramificado (IICA, 2019) que, demanda un adecuado manejo cultural, especialmente a lo que se refiere a la nutrición, se adapta en altitudes de 600 a 1300 metros sobre el nivel mar por lo que se adapta en las diferentes regiones y rangos altitudinales del parque cafetalero, además tiene tolerancia a la sequía, viento y a la exposición del sol (Velásquez, 2020).

A pesar del gran número de gestión agronómica en el cultivo, presentan fuertes daños por plagas las cuales son visibles y se expresan con pérdidas en la producción (Sadeghian, 2017), como Broca (*Hypothenemus hampei*) que ocasiona las mayores pérdidas económicas al cultivo del café en el mundo, debido a que la hembra se alimenta del endospermo y se reproduce en el interior del fruto, ocasionando un daño total (Ticheler, 1961), y en muchos casos la caída prematura de las cerezas (Bacca *et al.*, 2021; Infante *et al.*, 2009).

Mientras que, el Minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) es un microlepidóptero de la familia Lyonetiidae, descrita por primera vez en 1842 en las islas Martinica y Guadalupe (Cantor & Cárdenas, 2001), mostrando daños que están dados por las minas de color marrón claro o negrozco, debido a la acumulación de excrementos (SENASICA, 2016), producidas por las larvas al alimentarse del mesófilo de la hoja (Barrera-Rojas *et al.*, 2023; Ramírez-Valerio & García-Jiménez, 2021; Valle *et al.*, 2023). Las poblaciones de *L. coffeella* pueden variar todos los años, pero son más frecuentes en zonas o fincas con temperaturas altas, poca humedad relativa y periodos secos prolongados (Ramírez-Valerio & García-Jiménez, 2021), siendo que, en los últimos años, en Brasil, el Minador de la hoja se ha convertido en la principal plaga que afecta la producción de café (Guerreiro, 2006).

Trabajos de estudio en *H. hampei* concuerdan con la opinión de que son hospederos en regiones de clima húmedo como selva tropical (Davis *et al.*, 2006), bosque (Vega *et al.*, 2019), altitudes de entre los 950 y 1950 msnm, y más frecuentemente por encima de 1200 a 1700 msnm (Davis *et al.*, 2006; Davidson, 1967; Mendesil *et al.*, 2004), bajas temperaturas (Davidson, 1967; Jaramillo *et al.*, 2009), que favorece su desarrollo y reproducción (Molina, 2022; Vega *et al.*, 2019; Johnson *et al.*, 2020).

Para reducir las pérdidas es necesario identificar las condiciones de mayor actividad de las plagas para una gestión agronómica en la expansión de los nuevos sectores cafetaleros (Gil *et al.*, 2021), por las condiciones agroclimáticas (Auerbach *et al.*, 1995) y dinámica poblacional de Broca (Constantino *et al.*, 2021) y Minador (Constantino *et al.*, 2011). Un incremento de la productividad depende de un conjunto de variables, de las que destaca el manejo agronómico que se realiza en el fundo, tareas agrícolas para el cuidado de las plantaciones, inversiones, manejo de plagas debido al aumento de la temperatura y la precipitación en el país de Perú (Díaz & Willems, 2017).

Sumándole los factores ambientales extrínsecos e intrínsecos del café y frente a un escenario de cambio climático (Walther *et al.*, 2002; Ghini *et al.*, 2008a) en el mundo y los distritos de Villa Rica y en San Luis de Shuaro; la Broca del café (Molina, 2022) y el Minador del café podrían convertirse en una plaga importante (Constantino *et al.*, 2011) por las ausencias de enemigos naturales, y de daño económico con el aumento de sus poblaciones en los cafetales (Hamada *et al.*, 2006; Ghini *et al.*, 2008a; 2008b; Assis *et al.*, 2012), lo que plantea la necesidad de estudiar la relación entre las condiciones climáticas y la infestación de estas dos especies de plagas (Chang, 2013; Fiallos, 2021), empleando modelos matemáticos (Wei *et al.*, 2023), para el análisis las relaciones entre la temperatura (T), radiación (R), precipitación (P), humedad relativa ambiental (HRA) y lámina de agua sobre la hoja (LAH), con la Broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) y el Minador de la hoja del café (*Leucoptera coffeella* Guerin-Meneville), siendo como objetivo el análisis de las variables del clima y la presencia de hospederos en la planta del café.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización del estudio

La investigación se realizó en los fundos Santa Martha (FSM) sector Alto Entaz de 10°46' 51" de latitud sur y 75°16' 29" de longitud oeste, distrito de Villa Rica, Pasco de altitud a 1475 metros sobre el nivel del mar (msnm) y en fundos Santa Josefa (FSJ) sector Palomar de 10°46' 42" latitud sur y 75°14' 29" de latitud oeste, distrito de San Luis de Shuaro, Junín con altitud de 1231 msnm, Perú. El proyecto fue en parcelas de 1250 cafetos variedad Caturra en una extensión de 0.25 hectáreas por fundo, evaluando la presencia Broca del fruto (BFc) del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) y el Minador de la hoja (MHc) del café (*Leucoptera coffeella* Guerin-Meneville) entre mayo de 2017 y abril de 2018.

2.2 Datos de clima

Las variables del clima registradas semanalmente fueron: temperatura del ambiente (°C), humedad relativa del ambiente (%), radiación (w m⁻²), precipitación (mm) y lámina de agua sobre la hoja (u); con el propósito de establecer correlaciones con la presencia de Broca del café (PBC) y la presencia del Minador del café (PMC). Estos datos fueron medidos en una estación

meteorológica Adcon, ubicada en la zona central de cada parcela de cafetos.

2.3 Medición de la infestación

La investigación fue realizada en naturaleza pasiva y diagnóstica de enfoque cuantitativo de tipo descriptivo correlacional y longitudinal. Para la evaluación de PBC, se determinó el porcentaje de presencia mediante el conteo del número de frutos brocados, el cual se dividió entre el número total de frutos evaluados (20 frutos por tercio: inferior, medio y superior). De manera similar, fue con la presencia por PMC donde se cuantificó el número de hojas afectadas y dividiéndolo entre el total de hojas evaluadas (10 hojas por tercio). En ambos casos, se estimó el promedio de presencia por café. Ambas evaluaciones se realizaron en 10 cafetos seleccionados aleatoriamente y el monitoreo en ambas parcelas fue cada 7 días: 29 evaluaciones para Broca del fruto y 47 evaluaciones para el Minador de hoja.

2.4 Análisis de regresión múltiple

Se aplicó el análisis de regresión lineal múltiple para aproximar el comportamiento poblacional de BFC y MHc en las dos condiciones agroclimáticas en FSM y FSJ. La notación del modelo matemático para la regresión lineal múltiple fue la ecuación adjunta:

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_k X_{kj} + \epsilon_j$$

Donde, Y_j es la presencia del insecto plaga; X son las explicativas del clima; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_k$ son los coeficientes de regresión estimados y ϵ_j es el error aleatorio en Y_j .

El modelo de regresión lineal múltiple fue a partir de las cinco variables climáticas, empleándose el procedimiento *stepwise* para descartar las variables no significativas sin afectar la capacidad predictiva; en el software estadístico Infostat versión 2020e. El análisis de coeficientes de determinación (R^2) (Hernández *et al.*, 2018) establece valores de interpretación de entre 0 y 0.1 un ajuste muy limitado, valores entre 0.1 y 0.3 ajuste bajo, valores entre 0.3 y 0.5 ajuste moderado, buen ajuste en valores entre 0.5 y 0.8, y un ajuste muy bueno en valores entre 0.8 y 1.

Los gráficos de dispersión se realizaron con Jamovi versión 2.3.28 (Lino *et al.*, 2024). El análisis de regresión para Broca del fruto inicio con 4 variables explicativas (temperatura, radiación, humedad relativa del ambiente y precipitación) y para Minador de hoja se inició con 5 variables explicativas (temperatura, radiación, humedad relativa del ambiente, precipitación y lámina de agua sobre la hoja).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efecto del clima en la presencia de Broca del fruto (*H. hampei*) y Minador de la hoja (*L. coffeella*) en café

De acuerdo con los resultados, se observó poca relación $BFC = 53.83 - 0.45 P$, lo que indica que cuando mayor es la P (0.45) menor es la presencia de BFC (53.83), sin

embargo, los valores observados entre las variables fueron significativos ($p \geq 0.0037$), con R^2 Aj de 24 %, muy bajo en el cultivo de Caturra del fundo Santa Martha (Tabla 1). Estos resultados tienen concordancia con los datos encontrados, donde la temperatura y la precipitación tienen relación con la presencia de Broca del cafeto (*H. hampei*) (Montes *et al.*, 2012; Acacio y Gil, 2012; León *et al.*, 2023); afirmando nuestros datos, que en precipitaciones continuadas y de mínimos niveles, hay poca presencia de Broca del cafeto (Constantino, 2010). Por otro lado, la llovizna provoca una moderada disminución de la temperatura, aumentando la presencia de la Broca del cafeto, insecto ectotérmico dependiente de la temperatura ambiental (Bacca *et al.*, 2021).

En el análisis de HRA y R con el MHc fueron significativos ($p \geq 0.0001$) respectivamente, observando un R^2 Aj de 57 %, considerado como moderado entre las variables y la plaga, la igualdad $MHc = 304.82 - 2.66 HRA - 0.24 R$, muestra que no existe ninguna relación entre MHc y las variables (Tabla 1) en el fundo Santa Martha. En el trabajo de investigación de Ramírez-Valerio y García-Jiménez (2021), se observó poca presencia de MHc con temperaturas altas, poca humedad relativa y periodos secos continuos, después de la campaña agrícola. Un caso contrario fue el de Barrera-Rojas *et al.* (2023) mostraron una relación directamente proporcional entre la HRA y el MHc: a mayor HRA, mayor MHc, y viceversa. Por otra parte, Arañó-Leyva *et al.* (2016) observaron asociación ($r = 0.66$) entre humedad relativa y MHc, así mismo fue con Matiello *et al.* (2010), en zonas de alta velocidad de vientos, bajos niveles altitudinales

y humedad relativa atmosférica. Otro aspecto a considerar de las variables analizadas y favorable para el cultivo de Caturra, es que Giraldo (2018) encontró mayores mortalidades de huevos y larvas a humedades relativas del ambiente de 30 % y 90 %, respectivamente.

En el Fundo de Santa Josefa, los valores analizados de las variables R y P fueron significativos ($p \geq 0.0001$ y $p \geq 0.0028$), respectivamente, con R^2 Aj de 53 % (Tabla 1). La relación de $BFc = 101.37 - 0.3 R - 0.32 P$, muestra una correspondencia aceptable de las variables climáticas con la plaga, como el valor del intercepto ($BFc = 101.37$) es independiente de la R y P, se establece una relación inversamente con el nivel altitudinal de la parcela. Según Montes *et al.* (2012) es por las condiciones y factores ambientales, Benavides (2011) por la altitud, Constantino (2010) de 1200 y 1300 msnm mayor es la presencia de BFc.

El análisis estadístico mostró significancia para las variables T ($<0.0001^{**}$), HRA (0.0006^{**}), y P (0.0077^{**}), en la ecuación del $MHc = 305.3 - 8.21 T - 1.21 HRA + 1.91 LAH - 0.22 P$, se observó una relación entre la presencia de la plaga y las variables climáticas analizadas, donde la T fue más influyente seguido por HRA y P (Tabla 1). Ramírez-Valerio y García-Jiménez (2021) establecen que, en los sectores con poca HRA, la población de *L. coffeella* se incrementa, según Villarreyña (2016) el clima cálido en el sistema productivo de cafetos propicia condiciones favorables para la proliferación de *L. coffeella*.

Tabla 1. Análisis de regresión lineal múltiple y relación funcional en las variables de temperatura (T), radiación (R), precipitación (P), humedad relativa ambiental (HRA) y lámina de agua sobre la hoja (LAH) en el cultivo del cafeto Caturra con la presencia de Broca del fruto (BFc) y Minador de la hoja (MHc) de cafeto en el fundo Santa Martha y Santa Josefa.

Variable	Plaga	GL	SC	CM	F	p-Valor	R ² Aj	Ecuación
Fundo Santa Martha								
P	BFc	1	1134.36	1134.36	10.07	0.0037**	0.24	$BFc = 53.83 - 0.45 P$
HRA	MHc	1	2268.92	2268.92	60.34	$<0.0001^{**}$	0.57	$MHc = 304.82 - 2.66 HRA - 0.24 R$
R	MHc	1	933.81	933.81	24.83	$<0.0001^{**}$		
Fundo Santa Josefa								
R	BFc	1	2130.38	2130.38	28.55	$<0.0001^{**}$	0.53	$BFc = 101.37 - 0.3 R - 0.32 P$
P	BFc	1	813.59	813.59	10.9	0.0028**		
T	MHc	1	1354.52	1354.52	35.89	$<0.0001^{**}$	0.66	$MHc = 305.3 - 8.21 T - 1.21 HRA + 1.91 LAH - 0.22 P$
HRA	MHc	1	518.36	518.36	13.73	0.0006**		
LAH	MHc	1	101.9	101.9	2.7	0.1078 ^{NS}		
P	MHc	1	295.3	295.3	7.82	0.0077**		

GL = gados de libertad; SC = suma de cuadrados, CM = cuadrados medios y F = estadístico de Fisher
 NS, **: no significativo y altamente significativo a un p-valor de 0.01 respectivamente

En la Figura 1 (C), el análisis de dispersión muestra una tendencia negativa de la presencia de BFc con el incremento de la P en el cultivo de Caturra en el fundo Santa Martha. Conforme a los resultados obtenidos por Kaimuddin *et al.* (2021) quienes afirman una influencia de la P, y Monzon *et al.* (2008) la variación de la P en diferentes periodos para la dinámica poblacional de BFc

en el cultivo del café. El MHC muestra una tendencia de aumento con la R y un declive de infestación con el aumento de HRA (Figura 1B y 1A), Assis *et al.* (2012) explica que HRA es una variable sólida para comprender el comportamiento de MHC, y Lomeli-Flores *et al.* (2010) asocian a la R como dependiente a la temperatura y sombra del café para la plaga.

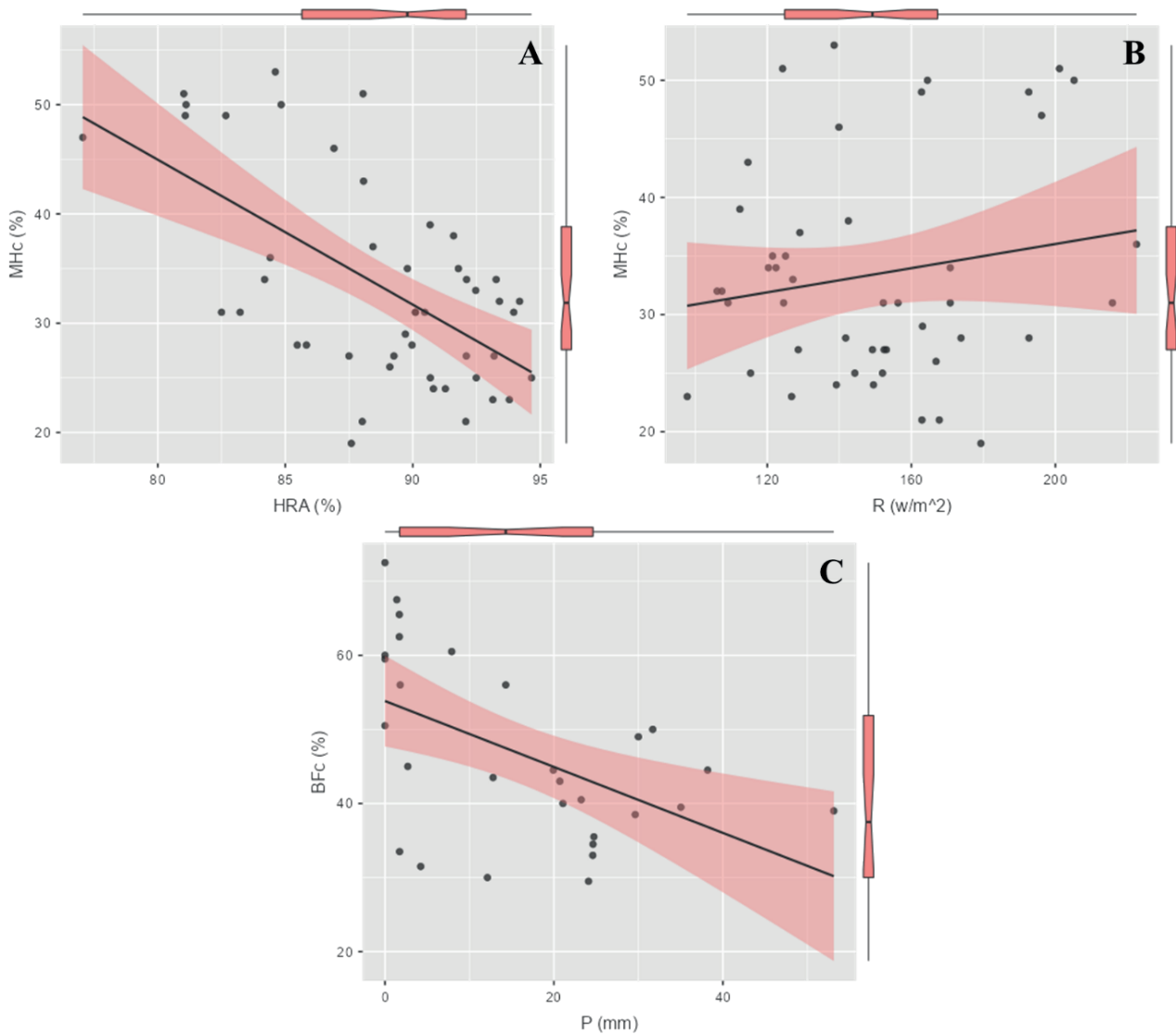


Figura 1. Gráfica de dispersión lineal de regresión de la humedad relativa ambiental “HRA” (A), radiación “R” (B) con la presencia del Minador de la hoja del café “MHC”, precipitación “P” (C) con la presencia de Broca del fruto del café “BFc” en el fundo Santa Martha.

El análisis de ajuste de dispersión lineal muestra que las variables R y P al aumentar sus valores en Fundo Santa Josefa tienden a disminuir la infestación de BFc (Figura 2A, 2B), siendo más notable la concentración de BFc en la variable P en la taza de 0 a 20 mm y una disminución

drástica de 30 a 70 mm (Figura 2B). Esta reducción, Constantino *et al.* (2021) lo refirma con su investigación, mostrando un 2.9 % de BFc en el cultivar de la variedad Castillo, Muñoz (1989) en la variedad Catimor.

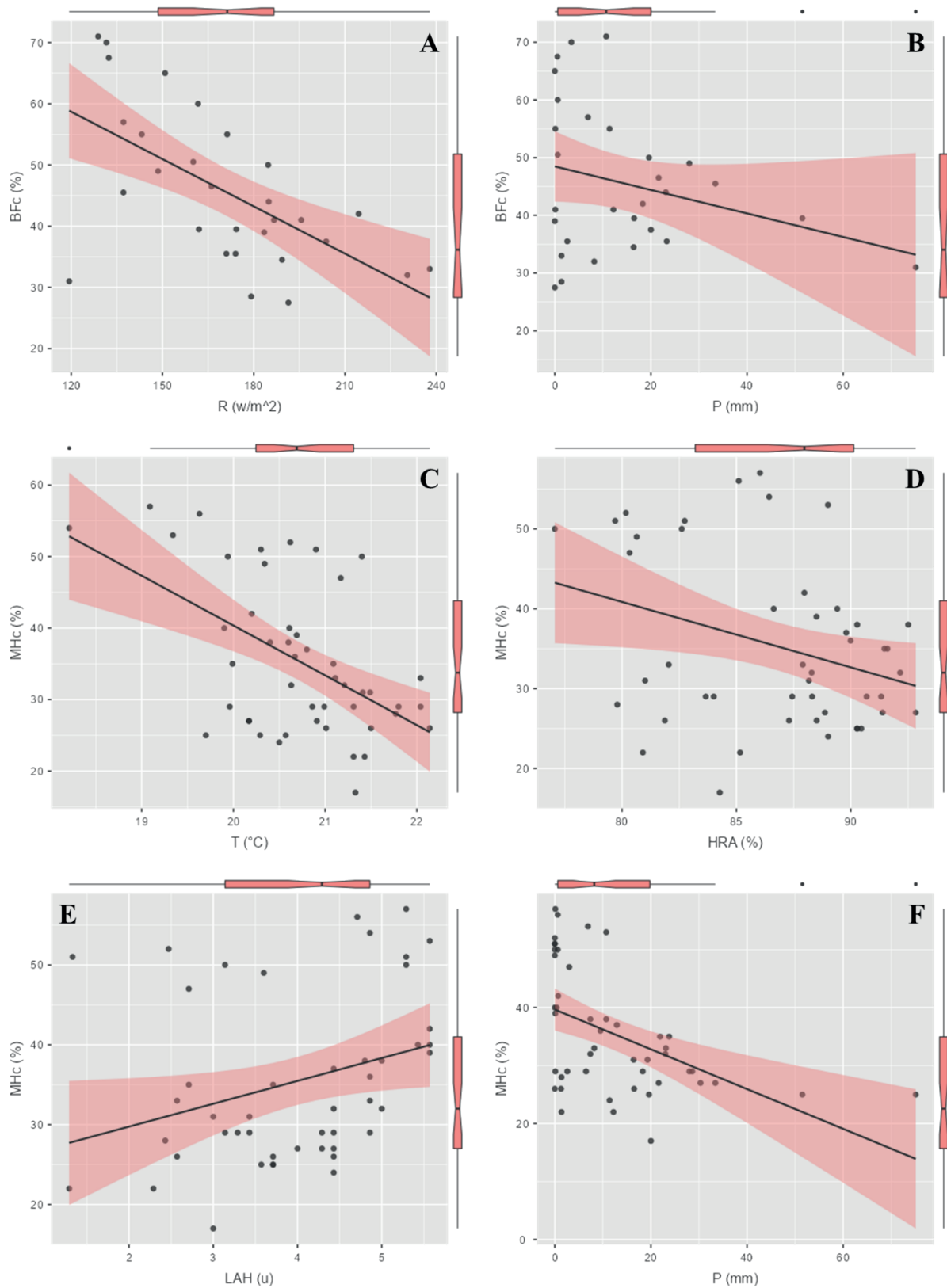


Figura 2. Grafica de dispersión lineal de regresión de la radiación “R” (A), precipitación “P” (B) con la presencia de la Broca del fruto del caféto “BFC”, temperatura “T” (C), humedad relativa ambiental “HRA” (D), lámina de agua sobre la hoja “LAH” (E), precipitación “P” (F) con la presencia del Minador de la hoja del caféto “MHC”, en el fundo Santa Josefa.

En conjunto, la relación de MHc con las variables T, HRA, LAH y P en el fundo Santa Josefa, muestran variación en la presencia de la plaga con las variables analizadas (Figura 2C, 2D, 2E, 2F). En la Figura 2C existe menor infestación de MHc con el aumento de la T, Figura 2D hay dispersión de datos y con disminución del MHc en la planta al estar con 90 % de HRA, en la Figura 2E aumenta la plaga de 20 a 40 % de MHc con el aumento de LAH en los valores de 3 a 5u, y menor P con menor presencia MHc (Figura 2F). Ruiz-Cárdenas (2015) observó el mismo comportamiento de MHc en periodos secos y cálidos, aumentando la presencia con temperatura elevada y disminuyendo la infestación en temporada lluviosa, Santiago (2021) confirma el comportamiento de la plaga según las condiciones climáticas del área de estudio.

4. CONCLUSIONES

En ambos fundos, las variables climáticas estudiadas mostraron asociaciones significativas con la presencia de *Hypothenemus hampei* (Broca del fruto) y *Leucoptera coffeella* (Minador de hoja): la Broca del fruto se relaciona negativamente con precipitación y radiación (modelos con R² ajustadas: Santa Josefa igual a 0.53; Santa Martha igual a 0.24), mientras que el Minador se asocia principalmente de forma negativa con humedad relativa, radiación y temperatura (R² ajustadas: Santa Josefa igual a 0.66; Santa Martha igual a 0.57); la lámina de agua sobre la hoja mostró un efecto positivo pero no significativo en el fundo Santa Josefa.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores firmantes de la presente investigación declaran no tener ningún potencial conflicto de interés personal o económico con otras personas u organizaciones que puedan influir indebidamente con el presente manuscrito.

CONTRIBUCIONES DEL AUTOR

La concepción y diseño del estudio: LMZC, LTAT. Adquisición de datos y análisis e interpretación de datos: LMZC, LTAT. Redactar el artículo y revisarlo críticamente para contenido intelectual importante: LTAT. Aprobación definitiva de la versión a presentar: LMZC, LTAT.

5. REFERENCIAS

- Acacio, G., & Gil, J. (2012). Efecto del color de trampa en la captura de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en tres localidades de Tingo María. *Investigación y Amazonia*, 2(1-2), 27-34. <https://acortar.link/Oc7jRl>

- Arañó-Leyva, L., Bustamante-González, C.A., Rodríguez-Castro, M. I., & Castro Rosales, Y. (2016). Incidencia del minador de la hoja del café (*Leucoptera coffeella* G.M.) y *Coccus viridis* Gr. en plantaciones de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner bajo sistema de fertilización. *Café Cacao*, 15(1), 32-39. <https://cafecacao.edicionescervantes.com/index.php/cafecacao/article/view/122>
- Assis, G. A., Assis, F. A., Scalco, M. S., Parolin, F. J. T., Fidelis, I., Moraes, J. C., & Guimarães, R. J. (2012). Leaf miner incidence in coffee plants under different drip irrigation regimes and planting densities. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47(2), 157-162. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200002>
- Auerbach, M. J., Connor, E. F., & Mopper, S. (1995). Minor miners and major miners: population dynamics of leaf-mining insects. En Cappuccino, N. & Price, P. W. (Eds.), *Population dynamics: new approaches and synthesis* (pp. 126). Academic Press. <https://doi.org/10.1093/forestscience/42.1.126>
- Bacca, T., Delgado Gualmatan, W. L., Lagos Burbano, T. C., & Gutiérrez, Y. (2021). Efecto de la altitud y del sombrío del café sobre la infestación por *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Nariño, Colombia. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 25(2), 43-58. <https://doi.org/10.17151/bccm.2021.25.2.3>
- Barrera-Rojas, A., Ramírez-Dávila, J. F., Pérez-López, D. J., Rubí-Arriaga, M., & Pino-Miranda, E. (2023). Comportamiento espacial del minador de hoja, *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) en cafetales de Temascaltepec, Estado de México, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 49(2). <https://doi.org/10.25100/socolen.v49i2.12192>
- Benavides Machado, P. (2011). Vuelos de la broca del café durante la cosecha principal. *Brocarta Cenicafé*, 45. <https://acortar.link/GcA0zp>
- Cantor, F., & Cárdenas, R. (2001). Aclaraciones sobre el nombre científico del minador del café. *Revista Colombiana de Entomología*, 27(1-2), 87-88. <https://doi.org/10.25100/socolen.v27i1.9672>
- Cardoza Sánchez, A. M., Quesquén Condori, J. V., Blas Montenegro, L. P., Facundo Meza, R., Velásquez Guerrero, J., & Sarmiento Ocmín, J. (2025). Mejoramiento genético en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.): avances metodológicos y propuesta de aplicación utilizando métodos tradicionales y herramientas biotecnológicas. *Scientia Agropecuaria*, 16(3), 457-468. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2025.035>

- Chang, J. C. (2013). La precipitación en el Valle del Mantaro y las anomalías de temperatura del Océano Atlántico Tropical. *Anales Científicos*, 75(2), 321-323. <https://doi.org/10.21704/ac.v75i2.970>
- Constantino Chuairé, L. M. (2010). La broca del café... un insecto que se desarrolla de acuerdo con la temperatura y la altitud. *Brocarta Cenicafé*, 39. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.21885.15844>
- Constantino Chuairé, L. M., Flórez, J. C., & Benavides, P. (2011). Minador de las hojas del cafeto: una plaga potencial por efectos del cambio climático. *Avances Técnicos Cenicafé*, 409, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0409>
- Constantino Chuairé, L. M., Rendón, J. R., Cuesta, G., Medina-Rivera, R., & Benavides Machado, P. (2021). Dinámica poblacional, dispersión y colonización de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Colombia. *Cenicafé*, 72(1), 23-43. <https://doi.org/10.38141/10778/72102>
- Davidson, A. (1967) The occurrence of coffee berry borer *Hypothenemus* (Stephanoderis) *hampei* (Ferr.), in Ethiopia. *Cafei*, 8, 1-3.
- Davis, A. P., Govaerts, R., Bridson, D. M., & Stoffelen, P. (2006). An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 152(4), 465-512. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2006.00584.x>
- Diaz Vargas, C., & Willems, M. C. (2017). Línea de base del sector café en el Perú. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). <https://acortar.link/NS8OAz>
- Fiallos, G. (2021). La correlación de Pearson y el proceso de regresión por el método de mínimos cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491-2509. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.466
- Ghini, R., Hamada, E., & Bettiol, W. (2008b). Climate change and plant diseases. *Scientia Agricola*, 65, 98-107. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000700015>
- Ghini, R., Hamada, E., Pedro Júnior, M. J., Marengo, J. A., & Gonçalves, R. R. do V. (2008a). Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(2), 187-194. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000200005>
- Gil Palacio, Z. N., Constantino Chuairé, L. M., & Benavides Machado, P. (2021). Dispersión de la broca de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 531, 1-12. <https://doi.org/10.38141/10779/0531>
- Giraldo Jaramillo, M. (2018). Efecto de la humedad relativa sobre la duración y sobrevivencia de *Hypothenemus hampei* en dieta artificial Cenibroca. *Cenicafé*, 69(1), 32-39. <https://acortar.link/EfbTid>
- Guerreiro Filho, O. (2006). Coffee leaf miner resistance. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 109-117. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100009>
- Hamada, E., Ghini, R., & Ribeiro do Valle Goncalves, R. (2006). Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologias de elaboração de mapas. *Engenharia Ambiental*, 3, 73-85. <https://acortar.link/0hcdHZ>
- Hernández Lalinde, J. D., Espinosa Castro, J. F., Peñaloza Tarazona, M. E., Rodríguez, J. E., Chacón Rangel, J. G., Toloza Sierra, C. A., Arenas Torrado, M. K., Carrillo Sierra, S. M., & Bermúdez Pirela, V. J. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 587-595. <https://acortar.link/GVjrC3>
- Herrera, J. C., & Lambot, C. (2017). The coffee tree genetic diversity and origin. En B. Folmer (Ed.), *The craft and science of coffee* (pp. 1-16). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00001-3>
- Infante, F., Jaramillo, J., Castillo, A., & Vega, F. (2009). The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2(2), 129-147. <https://doi.org/10.1163/187498209X12525675906031>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2019). Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana. <https://acortar.link/yJz1N4>
- Jaramillo, J., Chabi-Olaye, A., Kamonjo, C., Jaramillo, A., Vega, F., Poehling, H., & Borgemeister, C. (2009). Tolerancia térmica del barrenador del fruto del café (*Hypothenemus hampei*): predicciones del impacto del cambio climático sobre una plaga tropical. *PLOS ONE*, 4(8), e6487. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006487>
- Johnson, M. A., Ruiz-Diaz, C. P., Manoukis, N. C., & Verle Rodrigues, J. C. (2020). Coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*), a global pest of coffee: perspectives from historical and recent invasions, and future priorities. *Insects*, 11(12), 882. <https://doi.org/10.3390/insects11120882>

- Kaimuddin, Mustari, K., Ridwan, I., Natasya, F., Yassi, A., & Bahrún, A. H. (2021). Effect of climatic factors on the level of coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferr) attack on smallholder coffee plantation in Tana Toraja Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(4), 042049. <https://acortar.link/GWNJBA>
- Lino Calle, V. A., Carvajal Rivadeneira, D. D., Sornoza Parrales, D., Vergara Ibarra, J. L., & Intriago Delgado, Y. M. (2024). Herramienta tecnológica Jamovi en el análisis e interpretación de datos en proyectos de Ingeniería Civil. *Revista Innovaciones Educativas*, 26(41), 151-165. <https://doi.org/10.22458/ie.v26i41.5145>
- León Mejía, A. L., Arzube Mayorga, M., & Medina Robles, M. (2023). Incidencia de *Hypothenemus hampei* y *Xylosandrus morigerus* en café robusta (*Coffea canephora*) en condiciones de Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. *Opuntia Brava*, 15(4), 242-257. <https://opuntiabrava.ult.edu.co/index.php/opuntiabrava/article/view/1851>
- Lomelí-Flores, J. R., Barrera, J. F., & Bernal, J. S. (2010). Impactos del clima, la cobertura de sombra y la altitud en la dinámica poblacional del minador de la hoja del café (*Leucoptera coffeella*, Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus enemigos naturales. *Crop Protection*, 29(9), 1039-1048. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.03.007>
- Matiello, J. B., Santinato, R., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R., & Fernandes, D. R. (2010). Cultura de café no Brasil: manual de recomendações (2.ª ed.). Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Mendesil, E., Jembere, B., & Seyoum, E. (2004). Population dynamics and distribution of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) on *Coffea arabica* L. in southwestern Ethiopia. *SINET: Ethiopian Journal of Science*, 27(2), 127-134. <https://doi.org/10.4314/sinet.v27i2.18240>
- Millet, C. P., Delahaie, B., Georget, F., Allinne, C., Solano-Sánchez, W., Zhang, D., Jeune, W., Toniutti, L., & Poncet, V. (2025). Guadeloupe and Haiti's coffee genetic resources reflect the crop's regional and global history. *Plants, People, Planet*, 7(1), 245-262. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10584>
- Molina Mazabel, K. (2024). *Resistencia a la compresión paralela al grano, densidad y módulo de elasticidad de la madera de cafeto de las variedades Castillo y Caturra del municipio de Oporapa-Huila* [Tesis de titulación, Universidad Surcolombiana]. Repositorio institucional US. <https://acortar.link/uEr38m>
- Molina, D. (2022). Review on the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), with emphasis on resistance by antibiosis and antixenosis. *Revista Colombiana de Entomología*, 48(2). <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i2.11172>
- Montes, C., Armando, O., & Cadena, R. A. (2012). Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento del Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 98-108. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/797>
- Monzon, A. J., Guharay, F., & Klingens, I. (2008). Natural occurrence of *Beauveria bassiana* in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) populations in unsprayed coffee fields. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97(2), 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2007.07.008>
- Muñoz, R. (1989). Infestación de broca en frutos provenientes de las diferentes floraciones ocurridas en los cultivares Caturra y Catimor. En *III Taller Regional de Broca* (pp. 15-34). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://acortar.link/bLGe6A>
- Plataforma del Estado Peruano (2022). Perú es el primer productor y exportador mundial de café orgánico junto con Etiopía. <https://acortar.link/g7H9nS>
- Ramírez-Valerio, D., & García-Jiménez, F. (2021). Manejo del minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*) en el cultivo de café en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 143-153. <https://doi.org/10.15517/rac.v45i2.47775>
- Ruiz-Cárdenas, R. (2015). *A cafeicultura e sua relação com o clima*. Lavras. Sadeghian Khalajabadi, K. (2017). Síntomas visuales de deficiencias nutricionales en café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 478. <https://acortar.link/qZK43X>
- Santiago Salazar, C. M. (2021). *Factores que influyen la preferencia de oviposición y el desempeño de Leucoptera coffeella (Lepidoptera: Lyonetiidae)* [Tesis doctoral, El Colegio de la Frontera Sur].
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2016). Minador de la hoja del cafeto *Leucoptera coffeella* Guérin Méneville. Ficha Técnica, 55. <https://acortar.link/X0q61L>
- Statista (2025). Ranking de los 15 principales países productores de café a nivel mundial en 2024. <https://acortar.link/4XpN9q>

- Taiti, C., Vivaldo, G., Mancuso, S. Comparini, D., & Pandolfi, C. (2025). Volatile organic compounds (VOCs) fingerprinting combined with complex network analysis as a forecasting tool for tracing the origin and genetic lineage of Arabica specialty coffees. *Scientific Reports*, 15, 13709. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-97162-5>
- Ticheler, J. H. G. (1961). *Análisis epidemiológico del barrenador del grano de café, Stephanoderes hampei Ferr., en Costa de Marfil* [Tesis doctoral, Universidad de Wageningen]. Repositorio institucional UW. <https://doi.org/10.18174/184999>
- Valle Rodríguez Pinto, M., Tordecilla Zumaqué, L., Grandett Martínez, L. M., López Cardona, N., & Díaz Cabadiaz, A. T. (2023). El minador del café *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) en café canéfora (*Coffea canephora* P.) en el caribe húmedo Colombiano. *Temas Agrarios*, 28. <https://acortar.link/HVX1b5>
- Vega, F. E., Smith, L. T., Davies, N. M. J., Moat, J., Góral, T., O' Sullivan, R., & Davis, A. P. (2019). Elucidation of hosts, native distribution, and habitat of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) using herbaria and other museum collections. *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01188>
- Velásquez, R. A. (2020). Guía de variedades de café Guatemala (3.^a ed.). Asociación Nacional del Café (Anacafé). <https://acortar.link/Xr7CY5>
- Villarreyna Acuña, R. A. (2016). *Efecto de la sombra sobre las plagas y enfermedades, a través del microclima, fenología y estado fisiológico del cafeto*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <https://acortar.link/0u0tC7>
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J. M. Hoegh-Guldberg, O., & Bairlein, F. (2022). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416, 389-395. <https://doi.org/10.1038/416389a>
- Wei, S. H., Wang, L. J., & Lin, M. Y. (2023). Temperature-dependent biology and population performances of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) on artificial diet. *Insects*, 14(6), 1-19. <https://doi.org/10.3390/insects14060499>