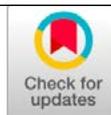


BASES PARA ESTABLECER UNA ALERTA TEMPRANA DE *Monalonia velezangeli* (HEMIPTERA: MIRIDAE) EN CAFÉ EN EL HUILA

Laura Alexandra Laiton Jiménez *, Ferney López Franco **, Esther Cecilia Montoya Restrepo ***, Pablo Benavides Machado ****



Laiton-Jiménez, L.A., López Franco, F., Montoya, E. C., & Benavides Machado, P. (2020). Bases para establecer una alerta temprana de *Monalonia velezangeli* (Hemiptera: Miridae) en café en el Huila. *Revista Cenicafé*, 71(2), 7-20. <https://doi.org/10.38141/10778/71201>

En el departamento del Huila, desde el año 1998, la chamusquina del café *Monalonia velezangeli* ha ocasionado daños en el cultivo. Con el fin de anticipar la vigilancia fitosanitaria y proceder de manera oportuna con el control de este insecto, se establecieron las bases para proponer una alerta temprana. El procedimiento para asociar las variables de clima con la presencia de brotes afectados por el insecto fue: 1) identificar la altitud a partir de la cual se presenta la plaga, evaluando lotes de café a lo largo de dos transectos altitudinales; 2) comparar las variables de clima asociadas a la presencia de chamusquina entre predios del Huila, con y sin infestaciones, y 3) ajustar el criterio para determinar la variable de clima asociada con la presencia de la plaga. De acuerdo con los resultados de esta investigación, la chamusquina es una plaga que ataca árboles de café sembrados en altitudes superiores a 1.550 m, donde ocurren disminuciones hasta un promedio de 75% en la humedad relativa nocturna y posteriormente aumentan progresivamente. Así, la disminución en la humedad relativa nocturna sería el evento de alerta temprana, momento a partir del cual deberán tomarse acciones de monitoreo y control del insecto en los municipios y altitudes vulnerables del Huila.

Palabras clave: La chinche de la chamusquina del café, transecto altitudinal, interacción clima-insecto, alerta temprana de plaga, humedad relativa nocturna.

BASES TO ESTABLISH AN EARLY WARNING OF *Monalonia velezangeli* (HEMIPTERA: MIRIDAE) IN COFFEE IN HUILA

In the department of Huila, since 1998, the coffee chamusquina bug *Monalonia velezangeli* has caused damage on coffee crops. With the aim of anticipating a phytosanitary surveillance that allows the control of this insect in a timing manner, the basis were establish to propose an early warning. The procedure associating the climate variables to shoots affected by the insect has three steps. 1) Identifying the altitude in which the pest occurs evaluating coffee plots along two altitudinal transects, 2) comparing the climate variables associated with the presence of chamusquina bug within Huila coffee plots with and without infestation; and 3) adjusting the criteria to determine the climate variable associated to the presence of the pest. According to the results of this research, the chamusquina bug is a pest that attacks coffee trees located in altitudes above 1,550 m.a.s.l., when a drastic decrease in night-time relative humidity occurs up to an average of 75% in nighttime relative humidity, and subsequently relative humidity increases progressively. Therefore, the decreasing in relative humidity at night would be the early warning event from which time monitoring and control actions of the insect should be taken in the vulnerable altitudes and municipalities of Huila

Keywords: Coffee chamusquina bug, altitudinal transect, weather-insect interaction, early pest warning, nocturnal relative humidity.

* Asistente de Investigación. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0002-3536-0386>

** Ingeniero Agrónomo.

*** Investigador Senior. Disciplina de Biometría, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0001-5891-1040>

**** Investigador Científico III. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0003-2227-4232>



El café es la materia prima agrícola más reconocida en el mundo para propósitos comerciales y se cultiva en países ubicados entre las regiones tropicales y subtropicales, especialmente en África, Asia y América Latina (Mishra y Slater, 2012). En Colombia, el área dedicada al cultivo del café es de 850.689 ha, de las cuales 144.657 ha son sembradas en el departamento del Huila, según el Sistema de Información Cafetera SICA 2020¹. Gran parte de la caficultura de este departamento se encuentra entre 1.500 y 2.000 m de altitud, rango donde se reportan los ataques de la chinche de la chamusquina del café *Monalonion velezangeli* Carvalho y Costa, 1988 (Hemiptera: Miridae) (Benavides et al., 2013), alimentándose de brotes del café y causando afectaciones, desde el año 1998, que se manifiestan como manchas y quemazones, lo cual impide el normal desarrollo fisiológico de la planta y disminuye la producción (Ramírez et al., 2008).

Los insectos herbívoros deben adaptarse a la planta huésped y al medio ambiente para completar con éxito sus ciclos biológicos (Bale et al., 2002). Las condiciones climáticas donde se desarrollan estos insectos pueden tener efectos importantes tanto a nivel individual como poblacional (Wylie y Speight 2012). Hodgkinson (2009) observó que los principales factores que impulsan la adaptación de los insectos a los hábitats naturales son la temperatura y la disponibilidad de agua. Una variación en la temperatura de un ecosistema, por ejemplo, puede influir en la diversidad de insectos herbívoros en un área, así como en los tamaños poblacionales, las tasas de supervivencia y las unidades térmicas necesarias para que cada especie se reproduzca y crezca (Gilbert y Raworth, 1996; Régnière et al., 2012). De igual forma, la precipitación afecta a los insectos en la medida en que satisface directamente los requerimientos de agua esenciales para el desarrollo y reproducción, e indirectamente proporciona

mayor disponibilidad de alimento (Pellegrino et al., 2013). La humedad relativa del aire por su parte, es una variable microclimática que combina la temperatura y la precipitación, razón por la cual puede tener un impacto notable en las poblaciones de artrópodos (Torres et al., 2015). En insectos de la familia Miridae, se ha observado que un aumento en la humedad relativa mejora la capacidad biológica de la población y como consecuencia, en épocas de alta precipitación se presenta un aumento en el número de individuos (Li et al., 1994). Por su parte, Lu & Wu (2011) encontraron que una alta humedad relativa estuvo directamente relacionada con una mayor emergencia de los huevos, sobrevivencia de inmaduros, longevidad de los adultos y fecundidad específica de las hembras de *Apolygus lucorum* (Heteroptera: Miridae).

A pesar de que la humedad relativa ha sido una variable poco estudiada en insectos, algunos autores han demostrado que, de ocurrir en condiciones extremas, pueden ser perjudiciales para la reproducción, el desarrollo (Hughes, 2000; Parra, 2000; Giraldo, 2018) y la capacidad de dispersión de algunas especies (Wylie y Speight, 2012). En lo que se refiere a *Monalonion velezangeli*, un estudio determinó que tanto la temperatura como la humedad relativa tienen un efecto directo sobre la población y sobre los daños de esta plaga en cultivos de aguacate *Persea americana* Mill. variedad Hass en Colombia (Torres et al., 2015).

Comprender la relación entre los factores ambientales y la población de plagas, no solo puede ayudar a anticipar las pérdidas económicas en un cultivo, también pueden contribuir a evitarlas a través de la implementación de medidas de control oportunas (Li et al., 1964).

Los transectos altitudinales son lugares que pueden servir como análogos espaciales

para entender las interacciones entre las plagas y el clima (Bale et al., 2002). Los gradientes ecológicos que se relacionan, entre otros, con las plantas hospedantes y los enemigos naturales (Vayssières et al., 2008), así como los gradientes físicos que incluyen temperatura, lluvias y humedad (Hodkinson 2005) encontrados a lo largo de un transecto altitudinal, pueden tener impacto en la densidad, diversidad y ciclo de vida de los insectos y en las demandas por flexibilidad fenotípica y adaptabilidad genotípica de muchas especies (Bale et al., 2002). El monitoreo de plagas a través de gradientes altitudinales permite a su vez desarrollar tecnologías de alerta tempranas para su control, basados en el análisis entre las infestaciones dadas y las condiciones climáticas en un momento determinado (Li et al., 1964). Estas tecnologías tratan de predecir la distribución y las tendencias de las plagas en un período de tiempo futuro (Li, 1993). Para ello, es necesario aplicar conocimiento relevante sobre biología, ecología, estadística, matemática y sistema de análisis (Zhang et al., 2007; Si et al., 2012; Jiang et al., 2013).

Dada la falta de conocimiento sobre la influencia de las variables climáticas en la población de la chamusquina, el objetivo de esta investigación fue identificar la variable de clima asociada a la presencia y ataque de la chamusquina como base para la generación de una alerta temprana de la plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos, esta investigación se desarrolló en el departamento del Huila, en tres etapas: 1. Identificación de la variable climática asociada con la presencia de brotes afectados frescos ocasionados por la chamusquina en café, 2. Comparación de la variable de clima asociada a la presencia de afectaciones por chamusquina entre predios del departamento del Huila, con

y sin árboles afectados por la plaga, y 3. Ajuste del criterio para determinar la variable de clima asociada con la presencia de brotes afectados frescos causados por la chamusquina.

Etapas 1. Identificación de la variable asociada con la presencia de brotes afectados frescos por la chamusquina en café

En esta etapa se realizaron monitoreos de la presencia de brotes afectados frescos, causados por el insecto, y seguimiento a las variables del clima en municipios del departamento del Huila con y sin reportes históricos de la plaga atacando plantas de café. Para ello, se establecieron dos transectos altitudinales, el primero en el municipio de Pitalito (Transecto 1) sector de Bruselas, en donde no se había reportado la presencia de *M. velezangeli* y, el segundo, en los municipios de La Plata y La Argentina (Transecto 2), los cuales han sido históricamente afectados. En cada transecto se seleccionaron cuatro lotes de café variedad Castillo® en altitudes entre los 1.200 y 2.000 m, donde se realizó el seguimiento a la incidencia de los brotes afectados frescos, causados por el insecto. Adicionalmente, en cada lote se instaló una estación micro-climática automatizada, con transmisión en tiempo real, con el fin de medir la temperatura y la humedad relativa a través del tiempo. En la Tabla 1 se describen los transectos y lotes seleccionados.

El monitoreo de la plaga se realizó mensualmente, entre enero de 2017 y diciembre de 2018, en lotes que contenían entre 3.000 y 4.000 árboles de café, de tres a cinco años de edad. En cada lote se seleccionaron 60 árboles, bajo el diseño de muestreo sistemático uno en k , donde $k = N/n$ (N : número total de árboles en el lote y $n = 60$). En cada evaluación y en cada uno de los árboles seleccionados, se contaron y registraron el número de puntos con crecimiento ortotrópico y plagiotrópico (brotes) del tercio superior del árbol y el número de

Tabla 1. Latitud, longitud y altitud de lotes seleccionados en cada transecto altitudinal.

Municipio	Transecto	Lote	Vereda	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Pitalito	1	1	El Maco	1° 51' 24.64" N	76° 4' 17.80" O	1.280
Pitalito	1	2	Santafé	1° 46' 22.24" N	76° 11' 26.28" O	1.524
Pitalito	1	3	Bombonal	1° 45' 32.58" N	76° 12' 49.20" O	1.659
Pitalito	1	4	Palmito	1° 44' 52.72" N	76° 13' 42.08" O	1.898
La Plata	2	1	Gallego	2° 15' 22.39" N	75° 58' 11.33" O	1.362
La Plata	2	2	Pescador	2° 13' 53.33" N	75° 58' 13.83" O	1.531
La Argentina	2	3	Betania	2° 12' 21.91" N	75° 57' 24.31" O	1.600
La Argentina	2	4	El Progreso	2° 13' 0.041" N	75° 56' 32.39" O	1.884

brotos con afectaciones frescas ocasionadas por el insecto. Los brotes afectados frescos se identificaron utilizando la descripción dada por Ramírez et al. (2008), la cual menciona la presencia de puntos negros con apariencia viscosa sobre el brote que ha servido como fuente de alimentación de la plaga.

Con el número de brotes afectados frescos y el total de brotes de cada planta, se obtuvo el porcentaje de brotes afectados frescos (variable de interés) y, con esta variable, se estimó el promedio de brotes afectados frescos por árbol en cada lote de los dos transectos, en cada evaluación, con su respectivo intervalo y con un coeficiente de confianza del 95%. Posteriormente, con base en la variable de interés, se conformaron dos grupos: lotes sin afectación de chamusquina (grupo 1) y lotes con brotes afectados frescos (grupo 2).

Durante los dos años de la evaluación de chamusquina en cada grupo y empleando los registros de temperatura media diaria (6:00 a.m. a 5:55 p.m.) y nocturna (6:00 p.m. a 5:55 a.m.) y humedad relativa media diaria y nocturna,

se procedió a identificar la diferencia de estas variables climáticas entre lotes y transectos (variables complementarias), mediante la prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

Etapa 2. Comparación de la variable de clima asociada a la presencia de chamusquina entre predios con y sin árboles afectados por la plaga en el departamento del Huila

Con un diagnóstico fitosanitario realizado por la Gerencia Técnica de la Federación Nacional de Cafeteros, en el mes de enero del 2018, se hizo una evaluación de la presencia de la chamusquina en 399 lotes seleccionados aleatoriamente en el departamento del Huila, teniendo como marco de muestreo las fincas inscritas en el Sistema de Información Cafetera SICA 2018. En cada lote se seleccionaron 50 árboles centrales, de acuerdo con el método de muestreo sistemático en surcos. En cada lote y en cada árbol se registró la presencia o ausencia de brotes afectados por chamusquina, con lo cual se obtuvo el porcentaje de árboles afectados por lote. Con esta información se realizó un mapa de distribución e incidencia

de la plaga en el departamento del Huila. Posteriormente, se realizaron visitas adicionales para corroborar la presencia de la plaga en algunos lotes. Después de identificar los predios con y sin presencia de brotes afectados por la plaga, se tomaron los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas a los lotes, para determinar si la variable de clima asociada con la presencia de brotes afectados frescos ocasionados por la chamusquina encontrada la Etapa 1, se comportaba de la misma manera en los lotes con presencia de árboles afectados por el insecto identificados en esta etapa. Se realizó la prueba de diferencia mínima significativa al 5% para comparar el comportamiento de dicha variable climática entre los lugares afectados y no afectados por la plaga.

Etapas 3. Ajuste del criterio para determinar la variable de clima asociada con la presencia de brotes afectados frescos por la chamusquina.

En esta etapa del proyecto se seleccionaron tres municipios con presencia de chamusquina y en cada municipio, un lote de café variedad Castillo[®], con historial de haber sido afectado por la plaga. En cada lote se tomaron aproximadamente 1.000 árboles, entre 2 y 4 años de edad, para hacer seguimiento del número de brotes afectados frescos por el insecto y la variable de clima que en la etapa 1, mostró estar asociada con la presencia de dichas afectaciones. El seguimiento a las afectaciones ocasionadas por la plaga se realizó quincenalmente, censando los árboles durante 10 meses. La información climática utilizada provino de las estaciones meteorológicas operadas por la Federación Nacional de Cafeteros, que estuvieran más cercanas a cada lote evaluado. Los lotes estaban ubicados en los municipios de La Plata (2° 21' 40,12" N, 75° 52' 55,32" O) a 1.642 m de altitud, Tarqui (2° 7' 10,58" N, 75° 54' 19,27" O) a 1.730 m, y La Argentina (2° 13' 0,041" N, 75° 56' 32,39" O) a 1.884 m.

Para el análisis de esta etapa, en cada lote se partió de la fecha de la evaluación en la cual no había nuevas afectaciones por chamusquina. A partir de ese momento, con el número de brotes afectados frescos de todo el lote (variable dependiente) y el promedio de la variable de clima asociada a la presencia de dichas afectaciones, en los 15 días anteriores a cada evaluación (t-1, variable independiente), con interpolación de datos observados, se construyó un modelo estadístico para definir el valor de dicha variable climática a partir de la cual comenzó la afectación por la chamusquina en los cafetales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los resultados de esta investigación se identificó la variable climática que se encuentra asociada con la presencia de brotes afectados frescos causados por la chamusquina en el departamento del Huila. Por lo tanto, en esta sección se presentan las condiciones que favorecen y anteceden los ataques de esta plaga en el campo, como condición inicial para establecer una alerta temprana. A continuación, se describen los resultados de cada una de las etapas de esta investigación.

Etapas 1. Identificación de la variable asociada con la presencia de brotes afectados frescos por la chamusquina en café

Los lotes del transecto 1 y el lote 1 del transecto 2, no presentaron brotes afectados frescos por chamusquina. En el lote 2 del transecto 2 se evidenció la presencia de ataques ocasionados por la plaga en el mes de septiembre del 2017, con un promedio de 0,22% brotes afectados con lesiones frescas por árbol y un máximo observado de 13,3%. En los demás lotes (3 y 4) del transecto 2, se presentaron ataques de la plaga, alcanzando en el lote 3 un máximo observado de 42,85% de brotes afectados frescos y de 75,00% en el lote 4 (Tabla 2). Estos

resultados son consecuentes con lo reportado por Benavides et al. (2013), los cuales hacen referencia a la presencia de la plaga en los

departamentos de Cauca, Valle del Cauca y Huila, en plantaciones de café ubicadas por encima de 1.550 m de altitud.

Tabla 2. Promedio y máximo observado por planta, del porcentaje de brotes de café afectados frescos ocasionados por la chamusquina en los lotes 3 y 4 del transecto 2, por año y por mes evaluado.

Año	Mes	Lote 3		Lote 4	
		Media (%)	Max obs (%)	Media (%)	Max obs (%)
2017	1	0,00	0,00	4,78	75,00
2017	2	0,00	0,00	3,89	50,00
2017	3	0,00	0,00	0,67	21,43
2017	4	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	5	0,00	0,00	0,45	21,43
2017	6	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	7	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	8	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	9	0,00	0,00	3,61	58,33
2017	10	1,63	42,86	1,09	18,75
2017	11	0,00	0,00	2,33	37,50
2017	12	1,20	33,33	2,54	28,57
2018	1	0,00	0,00	2,51	50,00
2018	2	0,00	0,00	0,93	31,25
2018	3	0,00	0,00	2,35	28,57
2018	4	0,50	18,75	4,60	46,67
2018	5	0,00	0,00	0,00	0,00
2018	6	0,00	0,00	1,37	27,78
2018	7	0,95	27,78	1,97	30,00
2018	8	1,00	37,50	0,21	12,50
2018	9	0,00	0,00	0,31	18,75
2018	10	0,00	0,00	0,41	18,75
2018	11	0,30	11,11	1,62	37,50
2018	12	0,00	0,00	0,00	0,00

Para el análisis de temperatura y humedad relativa, se agruparon los lotes de los transectos de la siguiente manera: los lotes del transecto 1 y el lote 1 del transecto 2, conformaron el grupo 1 (lotes sin presencia de ataques por chamusquina); y los lotes 3 y 4 del transecto 2, conforman el grupo 2 (lotes con brotes afectados frescos por chamusquina). El lote 2 del transecto 2 no se tuvo en cuenta para este análisis, debido a que los ataques fueron menores a 0,22% y esporádicos. El comportamiento de las variables de clima enunciadas, reveló lo siguiente:

Los registros de temperatura media diurna indicaron, descriptivamente, que se presentó mayor temperatura en los lugares que conformaron el grupo 1, al ser comparados con los lugares del grupo 2 (Figura 1). No se evidenció una asociación entre la temperatura y los momentos en los cuales se presentaron ataques de la plaga (aparición de brotes afectados frescos). Adicionalmente, la temperatura media nocturna y la humedad relativa media diurna, descriptivamente, no indicaron diferencias a través del tiempo entre los lotes que conforman los grupos, según la prueba de diferencia mínima significativa al 5% (Figuras 2 y 3).

La humedad relativa media nocturna mostró diferencias estadísticas a través del tiempo entre los lugares que conformaron los dos grupos, según la prueba de diferencia mínima significativa al 5% (Figura 4). Dichas diferencias fueron hasta del 10% de humedad relativa, mostrando cambios definidos a través del tiempo en los sitios del grupo 2; observándose una disminución drástica en los meses más secos de ambos años evaluados, como fueron julio, agosto y septiembre (Figura 4). Estos resultados indican que la humedad relativa media nocturna sería la variable candidata para hacer comparaciones con los incrementos de las afectaciones por la chamusquina.

Etapa 2. Comparación de la variable de clima asociada a la presencia de chamusquina entre predios con y sin árboles afectados por la plaga, en el departamento del Huila

Con el diagnóstico de la chamusquina realizado en el departamento del Huila se observó que el 11% de los lotes de café evaluados estaban afectados por la plaga, donde el 6% tenían entre 2% y 20% de árboles afectados y el 5% restante entre 21% y 100% (Figura 5). En el año 2008, Cenicafé reportó en Huila la presencia de

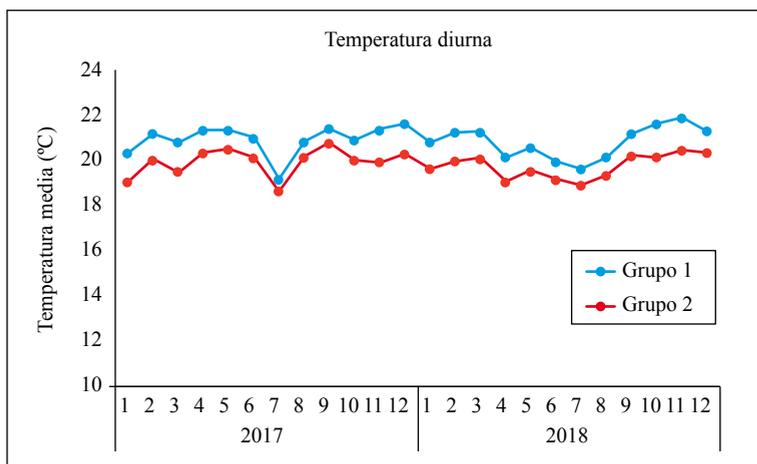


Figura 1. Comportamiento de la temperatura media diurna mensual, durante los años 2017 y 2018, en los lotes sin ataques por chamusquina (grupo 1) y con brotes afectados frescos por chamusquina (grupo 2).

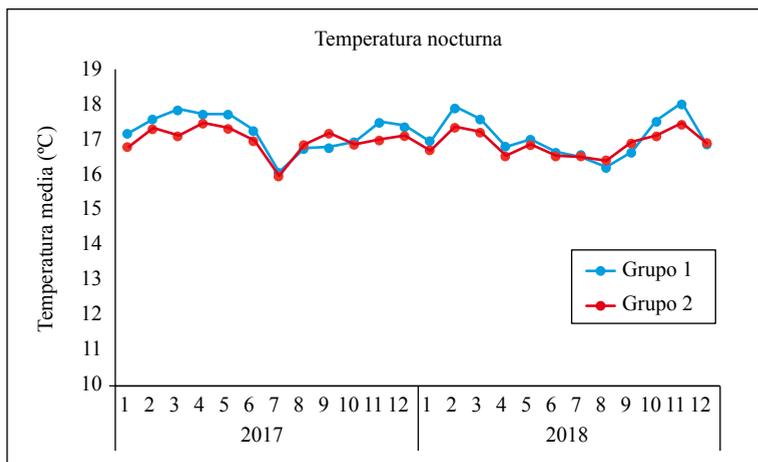


Figura 2. Comportamiento de la temperatura media nocturna mensual, durante los años 2017 y 2018, en los lotes sin ataques por chamusquina (grupo 1) y con brotes afectados frescos por chamusquina (grupo 2).

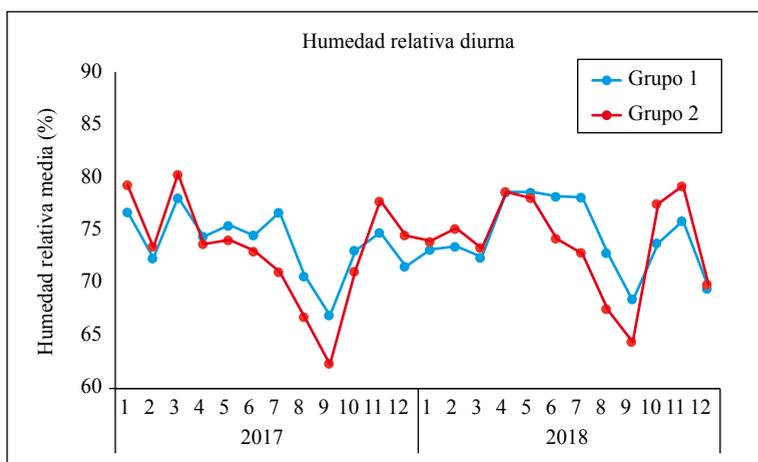


Figura 3. Comportamiento de la humedad relativa media diurna mensual, durante los años 2017 y 2018, en los lotes sin ataques por chamusquina (grupo 1) y con brotes afectados frescos por chamusquina (grupo 2).

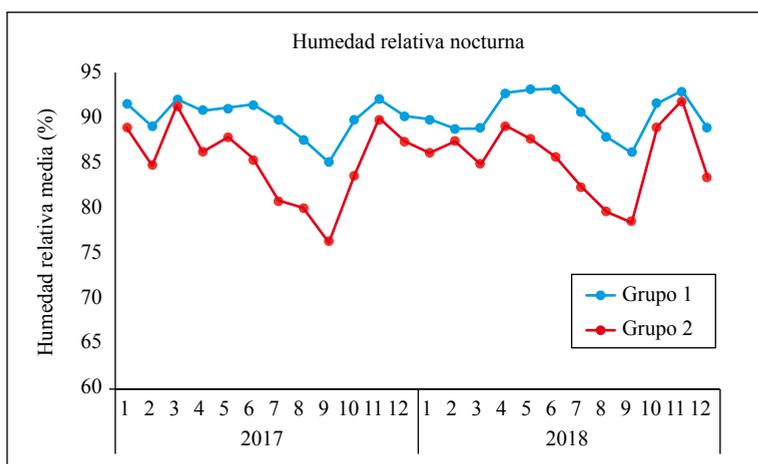


Figura 4. Comportamiento de la humedad relativa media nocturna mensual, durante los años 2017 y 2018, en los lotes sin ataques por chamusquina (grupo 1) y con brotes afectados frescos por chamusquina (grupo 2).

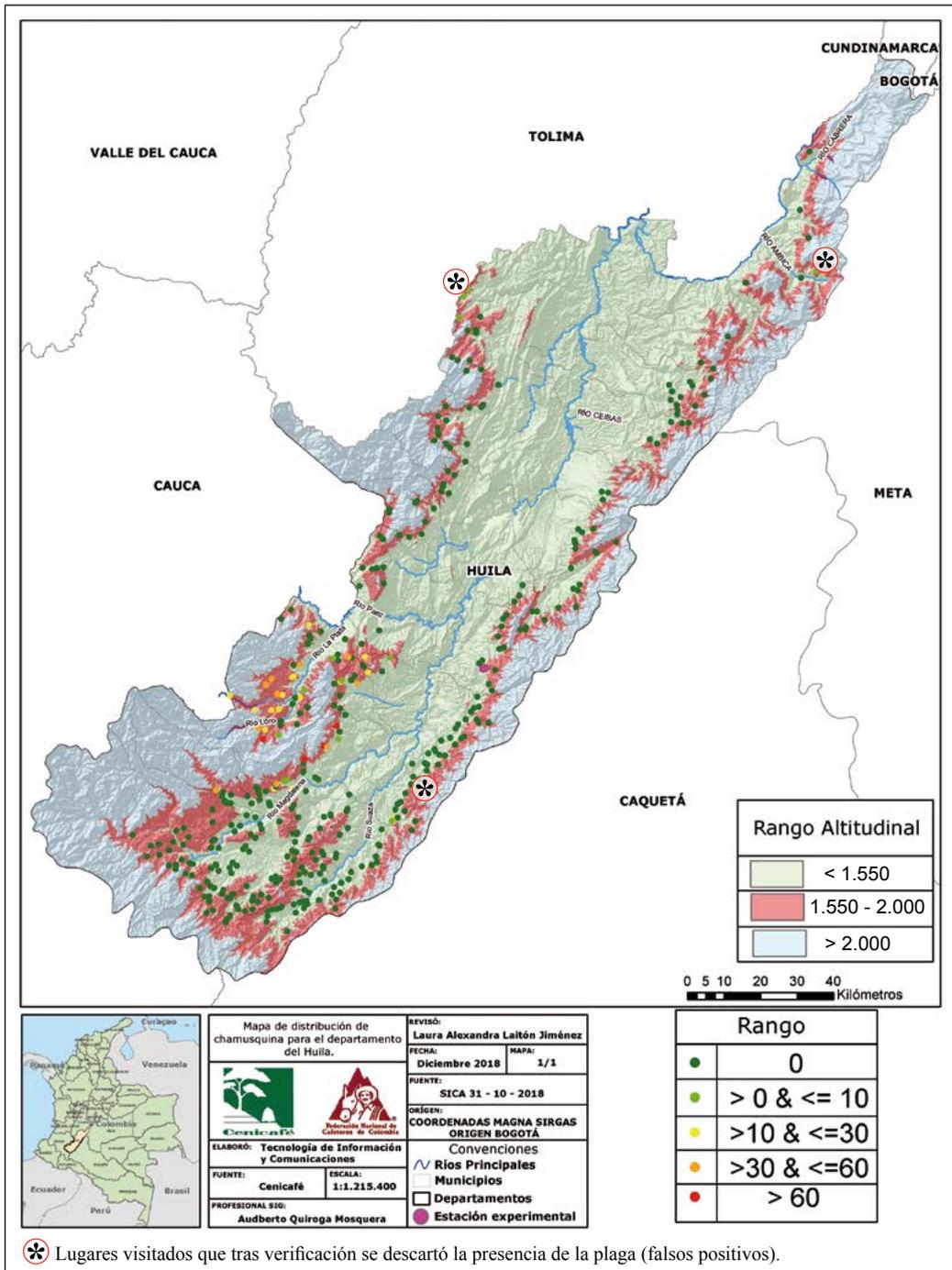


Figura 5. Mapa del diagnóstico de la chamusquina en el departamento del Huila de enero de 2018. El rango se refiere al porcentaje de árboles afectados por la plaga.

la chinche de la chamusquina en veredas de los municipios de La Plata, La Argentina, Paicol y El Pital (Ramírez et al., 2008); y en este estudio se observó que hay más municipios afectados, es decir, la plaga se está distribuyendo desde el centro hacia el sur del departamento, mediante desplazamiento entre cafetales contiguos ubicados en altitudes superiores a los 1.550 m, favorecida por las condiciones orográficas encontradas en el mismo gradiente y rango altitudinal. Menores altitudes actuarían como barreras geográficas que impedirían el paso natural de la plaga hacia otras regiones que climáticamente pudieran ser favorables para su desarrollo.

Si bien es cierto que la plaga se presenta en altitudes superiores a 1.550 m, no todos los lotes evaluados mostraron la presencia de ella. Por ello, al tomar los datos de ocho estaciones climáticas cercanas a cafetales con chamusquina y seis estaciones climáticas cercanas a lotes sin chamusquina, en altitudes superiores a 1.550 m (Tabla 3), se evidenció el resultado mostrado en la etapa 1 para lotes con presencia de brotes afectados frescos por chamusquina. Es decir, en los lugares afectados y no afectados se mantuvieron para cada mes las diferencias del promedio entre la humedad relativa nocturna mensual entre lotes con y sin árboles afectados por chamusquina, según prueba de diferencia mínima significativa al 5%, con diferencias entre 7,51% y 8,0% de humedad relativa, en los meses de julio, agosto y septiembre (Tabla 4). La disminución drástica de humedad relativa nocturna en los lugares con presencia de afectaciones por chamusquina (iniciando en 85,44% y disminuyendo hasta 75,56%), se presentaron en los mismos meses que mostró el análisis de la información descrita en la etapa 1.

Etapa 3. Ajuste del criterio para determinar la variable de clima asociada con la presencia de brotes afectados frescos por la chamusquina

Para describir el comportamiento del número de brotes afectados frescos (*TBA*), en función del promedio de la humedad relativa nocturna en el tiempo $t-1$ (HR_{n-1} %), para cada uno de los lotes se obtuvo la expresión estadística lineal (Tabla 5), con coeficientes de regresión diferentes de cero, según prueba t al 5% y con coeficientes de determinación mayores del 86%.

Con esta expresión, para cada altitud, se obtuvo la estimación de la humedad relativa nocturna a partir de la cual, 15 días después, ocurrirá la afectación por chamusquina. Este valor se encontró entre 68,6% y 78,0%, estando directamente relacionado con la altitud. Torres et al. (2015) también reportaron que la población de *M. velezangeli* y las afectaciones ocasionadas por el insecto en el cultivo de aguacate Hass se vieron influenciados por la humedad relativa promedio de los días anteriores a cada evaluación realizada.

Puede concluirse que la chamusquina es una plaga que ataca el árbol de café en lugares ubicados en altitudes mayores a 1.550 m. La variable climática humedad relativa nocturna se asoció con la aparición y aumento de brotes de café afectados por la chamusquina, cuando la humedad relativa disminuye en promedio hasta 75%. Adicionalmente, pudo determinarse el valor de la humedad relativa a partir del cual, 15 días después, comenzarían los ataques del insecto en el campo. La variable humedad relativa estuvo asociada con la altitud del lugar y osciló entre 68,6% y 78,0% para altitudes entre 1.642 y 1.884 m, respectivamente. Así, estos cambios en la humedad relativa nocturna

Tabla 3. Ubicación de las estaciones climáticas por municipio, latitud y longitud cercanas a lotes con y sin presencia de afectaciones por la chamusquina del café, según diagnóstico fitosanitario del 2018.

Estación cercana a	Municipio	Estación climática	Altitud (m)	Latitud	Longitud	
Lotes con afectaciones por chamusquina	La Argentina	La Argentina	1.851	2° 10' 44,11" N	76° 02' 22,70" O	
	Nátaga	Nátaga	1.933	2° 34' 00,19" N	75° 46' 10,99" O	
	Oporapa	Oporapa	1.652	2° 02' 04,69" N	76° 00' 44,20" O	
	Paicol	Paicol	2.007	2° 20' 49,41" N	75° 47' 08,69" O	
	La Plata	Simón Campos	1.730	2° 20' 55,70" N	75° 52' 53,29" O	
	Tarqui	Tarqui	1.600	2° 06' 18,14" N	75° 54' 48,50" O	
	La Plata	TransPla3	1.600	2° 12' 33,90" N	75° 57' 12,49" O	
	La Plata	TransPla4	1.884	2° 12' 55,00" N	75° 56' 32,60" O	
	Lotes sin afectaciones por chamusquina	Colombia	Colombia	1.649	3° 18' 02,13" N	74° 46' 31,25" O
		Pitalito	El Mirador	1.696	1° 57' 50,00" N	76° 08' 19,28" O
Palestina		Palestina	1.553	1° 44' 36,31" N	76° 06' 42,08" O	
San Agustín		San Agustín	1.808	1° 54' 04,29" N	76° 18' 15,40" O	
Pitalito		TransPit3	1.646	1° 45' 27,93" N	76° 12' 49,67" O	
Pitalito		TransPit4	1.837	1° 44' 47,65" N	76° 13' 41,77" O	

Tabla 4. Humedad relativa media nocturna mensual en estaciones cercanas a lotes, con y sin afectaciones por chamusquina, con su respectivo error estandar (E.E.).

Mes	Lotes sin afectaciones por chamusquina		Lotes con afectaciones por chamusquina	
	Media (%)	E.E.	Media (%)	E.E.
1	87,41 A	0,27	84,75 B	0,37
2	85,69 A	0,33	82,99 B	0,35
3	86,57 A	0,28	84,98 B	0,31
4	88,64 A	0,27	85,44 B	0,28
5	89,19 A	0,26	85,20 B	0,25
6	90,04 A	0,25	84,21 B	0,25
7	89,00 A	0,27	80,92 B	0,25
8	84,92 A	0,32	76,96 B	0,28
9	83,07 A	0,33	75,56 B	0,31
10	86,58 A	0,28	83,57 B	0,30
11	89,56 A	0,24	89,26 A	0,24
12	87,58 A	0,28	84,53 B	0,38

Para cada mes, letras no comunes implica diferencia entre promedios, según prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

Tabla 5. Coeficientes de regresión y coeficiente de determinación, por municipio, para el modelo estadístico que describe el comportamiento de brotes afectados frescos por lote, en función del promedio de la humedad relativa media nocturna, ocurrida 15 días antes de la aparición de brotes afectados frescos por chamusquina (t-1).

Municipio	Altitud (m)	Coeficientes de regresión		r ² (%)	a/b
		A	b		
La Plata	1.642	- 551,18	8,03	94,1	68,6
Tarqui	1.730	-327,31	4,64	86,5	70,5
La Argentina	1.884	-156,88	2,01	94,3	78

serían el evento de alerta temprana frente al ataque de la plaga que permitirían tomar decisiones para iniciar los monitoreos y control oportuno de la chamusquina en los municipios y altitudes vulnerables.

Se recomienda realizar más estudios que busquen relacionar esta variable, a escala microclimática, con la biología y reproducción de *M. velezangeli* sobre café y, posteriormente, idear estrategias de control que incluyan la modificación del ambiente para influir en el desempeño biológico del insecto.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio hizo parte del proyecto de investigación ENT107006, financiado con recursos del Sistema General de Regalías del

departamento de Huila, mediante el convenio 0244 del 2014. Los autores agradecen a Adriana Gómez, Wilmar Osorio, Jonathan Muñoz y Rigoberto Ochoa por la ayuda en la recolección de los datos en el campo; a la directora del proyecto Zulma Nancy Gil; a la Disciplina de Agroclimatología, especialmente a Ninibeth Gibelli Sarmiento y a Jonnier Hoyos, y el equipo de Bienes y Servicios. Adicionalmente, agradecen a los caficultores Clemente Gaviria, Pedronel Cabezas, Yaneth Cruz, Ludibia Arias, Reinaldo Ñañez, Víctor Ramírez, María de Jesús Muñoz, Máximo Gúzman, Libardo Saavedra, Orlando Suárez, Uriel Betancurt y Carlos Palomino, quienes permitieron realizar esta investigación en sus predios. Gratificación al Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros del Huila quienes nos acompañaron durante el tiempo de este proyecto con sus valiosos aportes.

LITERATURA CITADA

- Bale, J. S., Masters, G. J., Hodkinson, I. D., Awmack, C., Bezemer, T. M., Brown, V. K., Butterfield, J., Buse, A., Coulson, J. C., Farrar, J., Good, J. E. G., Harrington, R., Hartley, S., Jones, T. H., Lindroth, R. L., Press, M. C., Symrnioudis, I., Watt, A. D., & Whittaker, J. B. (2002). Herbivory in global climate change research: Direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biology*, 8(1), 1–16. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00451.x>
- Benavides Machado, P., Gil Palacio, Z. N., Constantino, L. M., Villegas García, C., & Giraldo Jaramillo, M. (2013). Plagas del café. Broca, minador, cochinillas harinosas y monaloniion. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Ed.), *Manual del cafetero colombiano: investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 2, pp. 215–260). Cenicafé.
- Gilbert, N., & Raworth, D. A. (1996). Forum: insects and temperature—a general theory. *The Canadian Entomologist*, 128(1), 1–13. <https://doi.org/10.4039/Ent1281-1>
- Giraldo, M. (2018). Efecto de la humedad relativa sobre la duración y sobrevivencia de *Hypothenemus hampei* en dieta artificial Cenibroca. *Revista Cenicafé*, 69(1), 32–39. <http://hdl.handle.net/10778/1090>
- Hodkinson, I. D. (2005). Terrestrial insects along elevation gradients: Species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80(03), 489–513. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006767>
- Hodkinson, I. D. (2009). Life cycle variation and adaptation in jumping plant lice (Insecta: Hemiptera: Psylloidea): a global synthesis. *Journal of Natural History*, 43(1–2), 65–179. <https://doi.org/10.1080/00222930802354167>
- Hughes, L. (2000). Biological consequences of global warming: Is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution*, 15(2), 56–61. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01764-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01764-4)
- Jiang, X. F., Chen, J., Zhang, L., Sappington, T. W., & Luo, L. Z. (2013). Increased Long-Flight Activity Triggered in Beet Armyworm by Larval Feeding on Diet Containing Cry1Ac Protoxin. *PLoS ONE*, 8(5), e63554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063554>
- Li, K. B. (1993). The Survey and Main Progress of *Mythimna separatea* in China. *Plant Prot.* 19, 2–4.
- Li, K. B., Wang, H. X., & Hu, W. X. (1964). Route of seasonal migration of the oriental armyworm moth in the eastern

- part of China as indicated by a three year result of releasing and recapturing of marked moths. *Journal of Plant Protection*, 3, 101–110.
- Li, Q.S., Liu, Q.X., & Deng, W.X. (1994). Effects of temperature and humidity on the laboratory population of *Adelphocoris lineolatus* Geoze. *Acta Ecologica Sinica*, 14, 312–317.
- Lu, Y., & Wu, K. (2011). Effect of relative humidity on population growth of *Apolygus lucorum* (Heteroptera: Miridae). *Applied Entomology and Zoology*, 46(3), 421–427. <https://doi.org/10.1007/s13355-011-0058-6>
- Mishra, M. K., & Slater, A. (2012). Recent advances in the genetic transformation of coffee. *Biotechnology Research International*, 2012, 580857. <https://doi.org/10.1155/2012/580857>
- Parra, J. R. P. (2000). A biologia de insetos e o manejo de pragas: da criação em laboratório à aplicação em campo. En J.V.C Guedes, I. D. Da Costa, & E. Castiglioni (Eds.). *Bases e Técnicas do Manejo de Insetos*. (pp.59–61). UFSM/CCR/DFS.
- Pellegrino, A. C., Peñafior, M. F. G. V., Nardi, C., Bezner-Kerr, W., Guglielmo, C. G., Bento, J. M. S., & McNeil, J. N. (2013). Weather forecasting by insects: modified sexual behaviour in response to atmospheric pressure changes. *PloS One*, 8(10), e75004. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075004>
- Ramírez, H., Bustillo, A. E., Gil, Z., & Benavides, P. (2008). La chinche de la chamusquina del café *Monalonion velezangeli*, una nueva plaga del café en Colombia. En A. E. Bustillo (Ed.), *Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana* (pp. 374–380). Cenicafé.
- Régnière, J., Powell, J., Bentz, B., & Nealis, V. (2012). Effects of temperature on development, survival and reproduction of insects: Experimental design, data analysis and modeling. *Journal of Insect Physiology*, 58(5), 634–647. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.01.010>
- Si, S., Zhou, L., Wang, S., Jiang, X., Xu, Z., Mu, W., Wang, D., Wang, X., Chen, H., Yang, Y., & Ji, X. (2012). Progress in research on prevention and control of beet armyworm, *Spodoptera exigua* in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(6), 1432–1438. http://www.ent-bull.com.cn/viewmulu_en.aspx?qi_id=861&mid=25744
- Torres, L. F., Cartagena, J. R., Correa, G. A., Monsalve, D. A., & Londoño, M. E. (2015). Relationship between the presence and damage of *Monalonion velezangeli* Carvalho & Costa and some climatic factors in avocado cv. Hass crops. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(1), 79–85. https://doi.org/10.21930/rcta.vol16_num1_art:381
- Vayssières, J. F., Carel, Y., Coubes, M., & Duyck, P. F. (2008). Development of Immature Stages and Comparative Demography of Two Cucurbit-Attacking Fruit Flies in Reunion Island: *Bactrocera cucurbitae* and *Dacus ciliatus* (Diptera Tephritidae). *Environmental Entomology*, 37(2), 307–314. <https://doi.org/10.1093/ee/37.2.307>
- Wylie, F. R., & Speight, M. R. (2012). *Insect Pests in Tropical Forestry* (2nd ed.). CABI. <https://www.cabi.org/bookshop/book/9781845936365/>
- Zhang, Y., Chen, L., Cheng, D., Zhang, Y., Jiang, Y., & Jiang, J. (2007). Radar observation and population analysis on the migration of the clover cutworm, *Scotogramma trifolii* Rottemberg (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 50, 494–500. https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-KCXB200705009.htm