

**Dinámica de *Lecanicillium lecanii* en el control biológico natural de *Hemileia vastatrix* en café arábigo variedad Castilla en Satipo**

Dynamics of *Lecanicillium lecanii* in the natural biological control of *Hemileia vastatrix* in arabic coffee variety Castilla in Satipo

José Manuel Alomía-Lucero<sup>1\*</sup>, Milcíades Aníbal Baltazar-Ruiz<sup>1</sup>, Hebert Nino Estrada-Carhuallanqui<sup>1</sup>, Miriam Dacia Cañari-Contreras<sup>1</sup>, Angelica Castro-Garay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú.

\*Correo electrónico: [jalomia@uncp.edu.pe](mailto:jalomia@uncp.edu.pe)

**RESUMEN**

El control biológico de *Hemileia vastatrix*, hongo causante de la roya del café es importante para mejorar la calidad del café orgánico; en el Perú no hay investigaciones de la dinámica de *Lecanicillium lecanii*; por ello se propuso investigar la presencia de este micoparásito natural en una parcela de café arábigo variedad Castilla en producción bajo sombra de paca (*Inga* sp.), donde la presencia de la roya es fuerte a una altitud de 700 msnm. Se hizo la evaluación de plantas y hojas de café según escala de evaluación para índice de severidad; asimismo, en el campo se hizo observaciones y toma de datos. Los resultados demuestran que según la fórmula de severidad por planta se obtiene un 82,60%; estando la mayor cantidad de plantas en el nivel 7 y 8 de grado de ataque. La severidad por hoja se obtiene un 38,80%, estando la mayor cantidad de plantas en los niveles 20%, 40% y 80% de grado de ataque. Se ha encontrado un 38% de control de pústulas por *L. lecanii* en hojas en plantas; un 81% de control de área de pústulas por *L. lecanii* en hojas en plantas; un 73% de control de área de pústulas por *L. lecanii* por hoja en plantas. El porcentaje de control por *L. lecanii* sobre las uredosporas de la roya en hojas vivas es menor que en en hojas caídas donde se ha observado un control del 100% de uredosporas.

**Palabras claves:** hongo, plantas, hojas, pústula, uredospora

**ABSTRACT**

Biological control of *Hemileia vastatrix*, fungus that causes coffee rust, is important to improve the quality of organic coffee; in Peru there are no investigations of the dynamics of *Lecanicillium lecanii*; For this reason, it will be possible to investigate the presence of this natural mycoparasite in a plot of Arabica coffee, Castilla variety, in production under the shade of paca (*Inga* sp.), where the presence of rust is strong at an altitude of 700 meters above sea level. The evaluation of coffee plants and leaves was made according to the evaluation scale for the severity index; since observations and data collection were made in the field. The results show that according to the severity formula per plant, 82.60% is obtained; being the greater quantity of plants in the level 7 and 8 of degree of attack. The severity per leaf is 38.80%, with the largest number of plants at levels 20%, 40% and 80% degree of attack. A 38% control of pustules by *L. lecanii* has been found on plant leaves; 81% control of pustule area by *L. lecanii* on plant leaves; 73% control of pustule area by *L. lecanii* per leaf in plants. The percentage of control by *L. lecanii* on the uredospores of the rust in leaves is lower than in fallen leaves where a 100% control of uredospores has been observed.

**Keywords:** fungus, plants, leaves, pustule, uredospora

ISSN N° 2708-9843

Recibido: 15 de setiembre de 2022

Aceptado para su publicación: 28 de octubre de 2022

## INTRODUCCIÓN

El café es un principal cultivo de la selva alta peruana, la misma que es afectada por *Hemileia vastatrix*, un hongo que parasita las hojas haciendo síntomas de manchas cloróticas en el haz y signos de pústulas anaranjadas en el envés de las hojas. Las nuevas razas vienen afectando variedades que antes eran resistentes o tolerantes como los catimores. Dentro de este contexto se tiene a *Lecanicillium lecanii*, un hongo controlador biológico que regula en forma natural a las uredosporas tanto en la planta como en el suelo.

Al respecto se informa de diversos micoparásitos que se reportaron como controladores de la roya del cafeto, tales como *Trichoderma* sp. y *Lecanicillium lecanii*; falta información sobre estos parásitos u otros organismos de control biológico presentes de forma natural en los ecosistemas cafeteros. (Halpay et al., 2021). La importancia de *L. lecanii* como agente de control biológico es prometedor como un componente importante del manejo integrado de plagas, la temperatura y la humedad relativa son factores que afectan la efectividad de este hongo micoparásito en el cafetal; se considera utilizar una cepa virulenta y coadyuvante para mejorar el efecto de control (Shinde et al., 2010).

El hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* se ha observado con frecuencia como hiperparásito de *Hemileia vastatrix*, en el laboratorio y en campo (Vandermeer, et al., 2009). Este efecto es más evidente hacia el final de la epidemia; siendo las condiciones microclimáticas propicias y abundancia de roya los que favorecen al regulador natural de la plaga. (Pico, 2014) Existe una red ecológica compleja que involucra el mutualismo agrupado espacialmente entre el formícido (*Azteca instabilis*) con la queresa verde (*Coccus viridis*), infectada por *L. lecanii*; lo que

motivó buscar la correlación espacial entre el ataque del entomopatógeno sobre la plaga insectil y la incidencia de la roya del café; donde se observó un efecto bajo, pero estadísticamente significativo del control de la roya, concluyendo que hay un efecto indirecto del mutualismo formícido-cóccido. (Vandermeer, et al., 2009)

Se ha encontrado también en California un aumento de las poblaciones nativas de *Lecanicillium lecanii* que eliminó el oídio de la fresa, causado por el hongo *Sphaerotheca macularis* f. sp. *fragariae* a nivel de ensayos de campo; donde los rociados repetidos redujeron significativamente la enfermedad. (Miller et al., 2004)

El hongo *L. lecanii* no solo controla insectos sino también controla las hembras, los huevos y las larvas de la garrapata *R. microplus* como el primer reporte de los efectos sobre garrapatas. (Angelo et al., 2010). También hay estudios sobre filtrados de cultivo de *L. lecanii* y *B. bassiana* aumentaron significativamente la mortalidad y los experimentos de elección de alimentación de pulgones. El filtrado del cultivo de *L. lecanii* también redujo significativamente la reproducción del pulgón *A. gossypii*. (Gurulingappa et al., 2011).

Se conoce que el hongo entomopatógeno y micoparásito *Lecanicillium lecanii* ataca en el café tanto a *Coccus viridis*, como a *Hemileia vastatrix*. Las epizootias de *L. lecanii* están asociadas con grandes poblaciones de *C. viridis*, que a su vez están asociadas con colonias de su socio mutualista, la hormiga anidadora arbórea *Azteca instabilis*. (Jackson et al., 2012)

El control biológico de conservación efectivo de *H. vastatrix* utilizando *L. lecanii* se verá reforzado por la comprensión del proceso de autoorganización que da lugar a la distribución espacial emergente del

mutualismo de *A. instabilis* – *C. viridis*. (Jackson et al., 2012)

En una investigación se encontró al purificar una quitinasa antifúngica extracelular de la cepa 43H de *L. lecanii*, la misma que inhibía la germinación conidial y el crecimiento micelial de hongos patógenos de plantas. Esto indica que la quitinasa podría usarse en reacciones enzimáticas y como un fungicida potencial contra patógenos como refiere Nguyen et al., (2015).

Gomez et al. (2018), indica que al evaluar el porcentaje de micoparasitismo in vitro de tres de los aislamientos sobre pústulas de roya del café se obtuvo 23 microorganismos asociados a pústulas: *Lecanicillium* spp. (7), *Calcarisporium* spp. (4), *Sporothrix* spp. (4) y *Simplicillium* spp. (8). Todos mostraron micoparasitismo en las uredosporas; asimismo, 120 h después de la inoculación, los mayores porcentajes ( $P=0.05$ ) se obtuvieron con *Simplicillium* sp. (89%) y *Lecanicillium* sp. (68%).

En otra investigación Díaz (2018) refiere que al aislar el hongo *Verticillium hemileiae* Bouriquet de pústulas de *Hemileia vastatrix* en muestras del municipio de Cacaohatan, Chiapas, México creció únicamente *V. hemileiae*; siendo el mejor medio de cultivo para propagar (*V. hemileiae*) fue Sabouraud Dextrosa Agar más extracto de malta; donde la germinación llegó al 90% y la patogenicidad a 92,2%; al ser aplicado en plantas de vivero y campo, la mayor infección y número de pústulas mostró el testigo.

En otro trabajo de investigación con el objetivo de seleccionar en condiciones de laboratorio de aislamientos promisorios de *Lecanicillium lecanii* (Zare y Gams) como agente de control biológico. (González & Surís 2007). En otra investigación se comprobó la amplia diseminación de la roya del café en la Comunidad Nativa Huascayacu, con una incidencia del 100%; a nivel de planta las incidencias oscilaron

entre 11,5% a 29,8%; mientras que las severidades resultaron entre los grados 1 y 3. (Montalvan, 2005)

En una investigación se encontró la presencia natural de *Verticillium* spp., en todas las parcelas evaluadas, donde se presentaron las más altas incidencias de roya del café, así como del parasitismo natural de *Verticillium* spp; debido a las condiciones de las plantaciones como edad del cultivo, prácticas o labores culturales (podas de sombra, deshierbas) y condiciones ambientales que favorecieron al desarrollo epidemiológico del patógeno y su hiperparásito. (Montalvan, 2005)

La sombra densa en el cafetal presenta mayor intensidad de roya que el pleno sol con incidencias máximas de 94,5% y 74,8%, severidades de 3,6% y 1,92%; la sombra media con manejo orgánico tiene menor intensidad de epidemia que la sombra densa, con incidencias máximas de 72,0% y 82,5%, severidades máximas de 1,2% y 3,6. (Pico, 2014)

La sombra densa favorece más la actividad reguladora de *Lecanicillium lecanii* sobre roya que una sombra media con parasitismo promedios de 8,9% y 4,6% respectivamente, en un manejo orgánico; la sombra media favorece más que pleno sol con parasitismo promedios de 8,3% y 4,3% respectivamente, en manejo convencional sin fungicidas. (Pico, 2014)

Al evaluar en condiciones de campo 6 aislados nativos del género *Lecanicillium* spp., siendo el crecimiento radial promedio de *Lecanicillium* sp. a los 20 días posteriores a la inoculación de 18 mm en PDA, 15 mm en EMA y de 16 mm en SDA. (Romero, 2020)

El aislado Jinotega presentó el mayor micoparasitismo de uredosporas en platos Petri con 16,61%; el mayor porcentaje de parasitismo sobre las pústulas lo presentó el aislado La Gotera con 88,33%; todos los aislados lograron parasitar las uredosporas logrando disminuir la enfermedad de

57,18% a 18,41%; asimismo, el aislado San Ramón presentó el mayor porcentaje de parasitismo en hojas con 21,47% y 15,83% en pústulas. (Romero, 2020)

En aplicaciones de campo se determinaron que el porcentaje de infección de *L. lecanii* sobre *H. vastatrix* oscila entre 46% y 65% según la localidad y no existe diferencia significativa entre utilizar dosis de 300 g y 600 g de inóculo con concentración de conidios de  $1,02 \times 10^8$  ( $9,97 \times 10^1$ ) UFC/g ( $p > .05$ ). (Ramírez, 2018)

La sombra densa tiene efectos opuestos en el cafetal por su condición de microclima favorece la incidencia, severidad y cantidad de inóculo, pero al mismo tiempo favorece el efecto de *Lecanicillium lecanii* sobre la

roya, y por el efecto regulador de la carga fructífera desfavorece la epidemia de la roya. (Granados et al. 2012)

Al aplicar en plantas de café Catimor en producción con *L. lecanii* a hojas y *Trichoderma* spp. al suelo, se ha encontrado que *L. lecanii* aplicado a hojas registró 35% de incidencia y 0.93 y 1.20 grados de severidad; mientras el testigo presentó 96% de incidencia y 4.70 grados de severidad, lo que evidencia la capacidad de hiperparasitismo y antagonismo de los hongos *L. lecanii* y *Trichoderma* spp. contra *H. vastatrix*, los que contribuyen a disminución de la incidencia y severidad de la roya. (Alomia y Cosinga 2021)

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en una parcela café arabigo variedad Castilla en producción en la zona de Timarini Bajo, distrito y provincia de Satipo. El material usado pertenece al Fundo Buenos Aires.

La parcela de investigación cuenta con una extensión de 200 m<sup>2</sup> con 53 plantas de café en producción, bajo sombra de paca, exclusivo para la investigación en condiciones naturales para favorecer el control biológico del hongo. La población fue de 53 plantas de café del cual se tomaron todas para evaluar severidad en plantas; para hojas se tomaron 123 como muestra al azar para evaluar pústulas.

El método de análisis se utilizó fueron los cuadros porcentuales que nos permiten percibir proporciones y comportamiento de la plaga; así como la presencia del micoparásito.

Los procedimientos fueron: evaluación de plantas en el campo según escala de severidad para plantas de café y para hojas. Las recolecciones de datos se hicieron durante la época de finalizada la cosecha, en el mes de agosto, cuyos datos fueron registrados en el cuaderno de campo. Se hizo el conteo de pústulas y la medición del

diámetro en milímetro de pústulas sanas y controladas por *L. lecanii*.

Para el cálculo del índice de severidad en plantas de café se utilizó la siguiente fórmula:

$$IS (\%) = \frac{\sum nPxg}{NG} \times 100$$

ISP (Severidad en plantas)

nP (Número de plantas por cada grado)

N (Número de plantas evaluadas)

g (Grado de daño)

G (Grado de mayor escala)

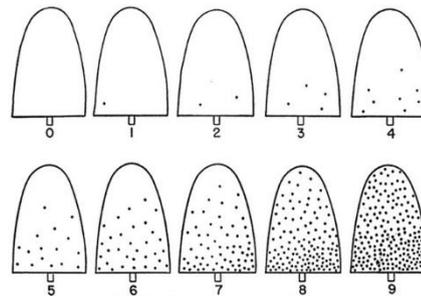


Figura 1. Categorías para la evaluación de la severidad de la roya del café en plantas propuestas por Eskes y Toma-Braghini (1989).

La figura 1, muestra 9 categorías porcentuales propuestas por Eskes y Toma-Braghini (1989) mencionado por Avelino et

al., (2019).

Para el cálculo del índice de severidad en hojas de café se utilizó la siguiente fórmula:

$$IS (\%) = \frac{\sum nHxg}{NG} \times 100$$

IS (Severidad en hojas)

nH (Número de hojas por cada grado)

N (Número de hojas evaluadas)

g (Grado de daño)

G (Grado de mayor escala)

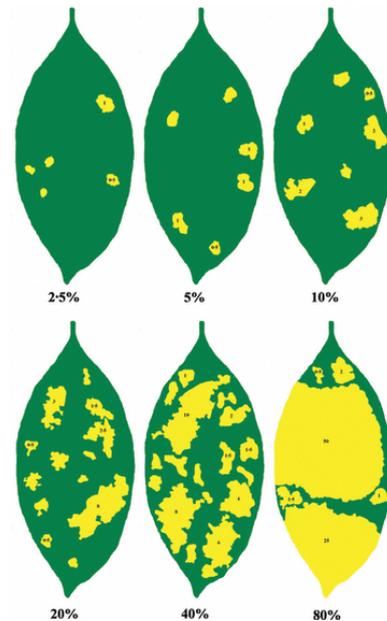


Figura 2. Escala para la evaluación de la severidad de la roya del café propuesta por Capucho et al. (2011).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### De la severidad de la roya en plantas de café.

Tabla 1.

Cantidad de plantas según nivel de ataque de la roya del café

NIVEL	CANTIDAD	nPxg
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	1	4
5	2	10
6	5	30
7	16	112
8	23	184
9	6	54
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>	<b>394</b>

Cálculo del índice de severidad en plantas:

$$IS (\%) = \frac{\sum nPxg}{NG} \times 100$$

IS (Severidad)

nP (Número de plantas por cada grado)

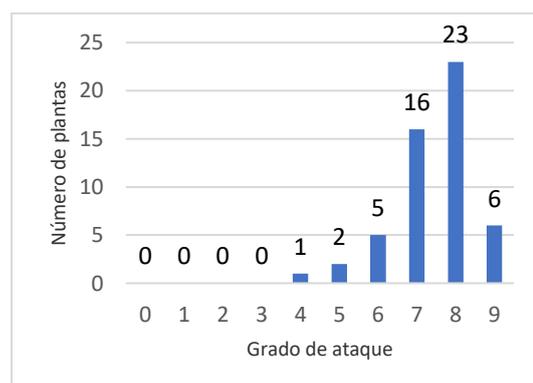
N (Número de plantas evaluadas) = 53

g (Grado de daño)

G (Grado de mayor escala) = 9

%IS = 82,60%

De la Tabla 1 y la fórmula de severidad por planta se obtiene un 82,60% de severidad de la roya del café.



*Dinámica de Lecanicillium lecanii en el control biológico natural de Hemileia vastatrix en café arábico variedad Castilla en Satipo*

Figura 3. Número de plantas de café con roya según grado de ataque.

La figura 3, muestra que la mayor cantidad de plantas están en el nivel 7 y 8 de grado de ataque por roya del café.

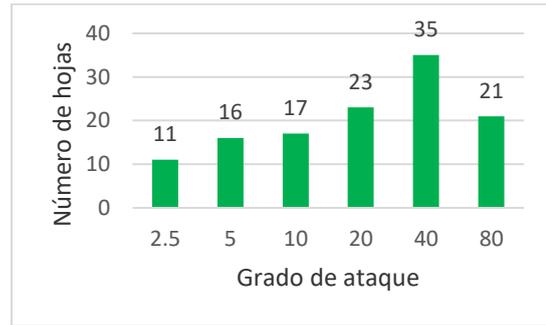


Figura 2. Número de hojas de café con roya según grado de ataque.

La figura 2, muestra que la mayor cantidad de plantas están en el nivel 20, 40 y 80% de grado de ataque por roya del café.

Tabla 2.

Cantidad de hojas de café según grado de ataque de la roya del café.

Nivel de ataque	Cantidad de hojas	nHxg
2.5	11	27.5
5	16	80
10	17	170
20	23	460
40	35	1400
80	21	1680
<b>TOTAL</b>	<b>123</b>	<b>3817.5</b>



Figura 3. Porcentaje de número de pustulas de roya sanas y controladas con *Lecanicillium lecanii*.

Cálculo del índice de severidad en hojas:

$$IS (\%) = \frac{\sum nHxg}{NG} \times 100$$

IS (Severidad)

nH (Número de hojas por cada grado) =

N (Número de hojas evaluadas) = 123

g (Grado de daño)

G (Grado de mayor escala) = 80

$$\%IS = 38,80\%$$

De la Tabla 2 y la fórmula de severidad por hoja se obtiene un 38,80% de severidad de la roya del café.

La figura 3, indica que hay un 38% de control de pustulas por *Lecanicillium lecanii* en hojas de café en la plantas.



Figura 4. Porcentaje promedio del área de pustula de roya sanas y controladas con *Lecanicillium lecanii*.

La figura 4 indica que hay un 81% de control de área de pústulas por *Lecanicillium lecanii* en hojas de café en la plantas.

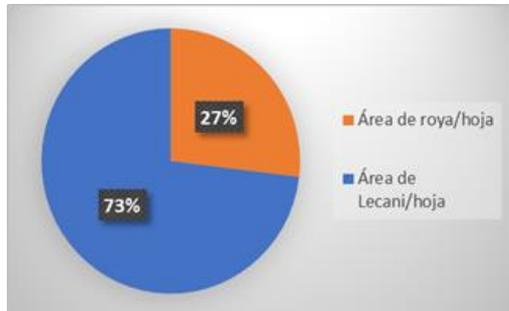


Figura 5. Porcentaje promedio del área de pústulas de roya sanas y controladas con *Lecanicillium lecanii* por hoja.

La figura 5 indica que hay un 73% de control de área de pústulas por *Lecanicillium lecanii* por hojas de café en la plantas.



Según la fórmula de severidad por planta se obtiene un 82,60% de severidad de la roya del café; estando la mayor cantidad de plantas en el nivel 7 y 8 de grado de ataque al final de la cosecha, que es el momento donde se incrementa la infección de la roya de su controlador como señala Pico, (2014). La severidad por hoja se obtiene un 38,80%, estando la mayor cantidad de plantas en el nivel 20, 40 y 80% de grado de ataque por roya del café. Este porcentaje concuerda con Montalvan, (2005) quien encontró datos

Figura 6. Hoja de café en la planta con pústulas de roya infestadas por *Lecanicillium lecanii*.

La figura 6 muestra el crecimiento de *Lecanicillium lecanii* sobre las pústulas de roya. A medida que crecen en diametro las pústulas crecen las areas de *L. lecanii*.



Figura 7. Hoja de café en el suelo con pústulas de roya infestadas por *Lecanicillium lecanii*.

La figura 7, muestra la presencia de pústulas de roya en el envés de la hoja del café y muestra la presencia de *Lecanicillium lecanii* sobre las uredosporas de la roya. En el suelo *L. lecanii* controla al 100% a las uredosporas de la roya.

similares con un 35% de severidad por hoja. La escala de severidad pertenece para plantas se tomó de Eskes y Toma-Braghini (1989), citado Avelino et al., (2019); mientras que la escala para la evaluación de la severidad de la roya del café a nivel de hojas se tomó la propuesta de Capucho et al., (2011). El cafetal estuvo bajo sombra de paca (*Inga* sp.) y ello ha favorecido la infección por *Hemileia vastatrix* y su micoparásito *Lecanicillium lecanii* como señala Granados et al., (2012). Según Ramírez, (2018) el

porcentaje de infección de *L. lecanii* sobre *H. vastatrix* oscila entre 46% y 65% al ser aplicados artificialmente a nivel de campo. Se ha encontrado un 38% en promedio de control de pústulas por *L. lecanii* en hojas de café en las plantas en producción; un 81% de control de área de pústulas por *L. lecanii* en hojas, lo que se aproxima a los resultados obtenidos por Romero, (2020) con 88,33% de control con este micoparásito; asimismo, se encontró un 73% de control de área de pústulas por *L. lecanii* por hoja, que

coinciden con Díaz (2018) quien encontró los efectos de control de la roya.

El porcentaje de control *L. lecanii* sobre las uredosporas de la roya en hojas vivas es menor que en el suelo en hojas caídas donde se ha observado un control del 100% a las uredosporas de la roya. Estos resultados demuestran lo mencionado por Romero, (2020) quien indica que el mayor porcentaje de parasitismo en hojas fue 21,47% y en pústulas 15,83%.

### CONCLUSIONES

Los resultados muestran que según la fórmula de severidad por planta se obtiene un 82,60% de severidad de la roya del café; estando la mayor cantidad de plantas en el nivel 7 y 8 de grado de ataque. La severidad por hoja se obtiene un 38,80%, estando la mayor cantidad de plantas en el nivel 20, 40 y 80% de grado de ataque por roya del café. Se ha encontrado un 38% de control de pústulas por *L. lecanii* en hojas de café en las plantas; un 81% de control de área de

pústulas por *L. lecanii* en hojas de café en las plantas; un 73% de control de área de pústulas por *L. lecanii* por hoja de café en las plantas.

El porcentaje de control por *L. lecanii* sobre las uredosporas de la roya en hojas vivas es menor que en el suelo en hojas caídas donde se ha observado un control del 100% a las uredosporas de la roya.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alomia - Lucero, J. M., & Cosinga - Eslava, R. (2021). Hiperparasitismo y antagonismo de *Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome en cafetales de Satipo - Perú. *Revista Investigación Agraria*, 3(2), 50–62. <https://doi.org/10.47840/ReInA.3.2.1116>

Angelo I. C., Fernandes É. K.K., Bahiense T. C., Perinotto W. M.S., Moraes A. P. R., Terra A. L.M. & Pinheiro V. R. E. (2010). Efficiency of *Lecanicillium lecanii* to control the tick *Rhipicephalus microplus*. *Veterinary Parasitology*. Volume 172, Issues 3–4. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.04.038>.

Avelino J., Treminio E., Casanoves F., Vílchez S., Cárdenas J., Lizardo C. (2019). Guía para la vigilancia de la roya

del café (*Hemileia vastatrix*). Extraído de: [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefndmkaj/https://agritrop.cirad.fr/595182/1/Gu%C3%ADa%20vigilancia%20-%20VF.pdf](https://chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefndmkaj/https://agritrop.cirad.fr/595182/1/Gu%C3%ADa%20vigilancia%20-%20VF.pdf)

Capucho AS, Zambolim L, Duarte HSS, Vaz GRO. 2011. Development and validation of a standard area diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *C. canephora*. *Plant Pathology* 60: 1144-50

Díaz-Vicente, V. (2018). El hongo *Verticillium hemileiae* Bouriquet, Alternativa para el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.). *Agro Productividad*, 7(3). Recuperado a partir de <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/525>

- Gomez-De la Cruz, I. et al. (2018). Selección in vitro de micoparásitos con potencial de control biológico sobre roya del café (*Hemileia vastatrix*). *Rev. mex. fitopatol* [online]. 2018, vol.36, n.1, pp.172-183. ISSN 2007-8080. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1708-1>.
- González E. y Surís M. (2007). Selección in vitro de aislamientos promisorios de *Lecanicillium lecanii* (Zare y Gams) para la lucha biológica de *Hemileia vastatrix* (BERK. et Br.) *Rev. Protección Veg.* v.22 n.2. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-27522007000200010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522007000200010)
- Granados, E. Tapia, A. Virgilio, EM. Avelino, J. Efecto de la Sombra y el Manejo Agronómico del Café (*Coffea arabica* L.) Sobre la Incidencia, Severidad y Cantidad de Inóculo de *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5468>
- Gurulingappa P., McGee P.A. & Sword G. (2011). Endophytic *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* reduce the survival and fecundity of *Aphis gossypii* following contact with conidia and secondary metabolites. *Crop Protection*, Volume 30, Issue 3, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.017>.
- Jackson D., Skillman J. & Vandermeer J. (2012). Indirect biological control of the coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix*, by the entomogenous fungus *Lecanicillium lecanii* in a complex coffee agroecosystem. *Biological Control*, Volume 61, Issue 1, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.01.004>.
- Miller T. C., Gubler W. D., Laemmlen F. F., Geng S. & Rizzo D. M. (2004). Potential for using *Lecanicillium lecanii* for suppression of strawberry powdery mildew, *Biocontrol Science and Technology*, 14:2, 215-220, DOI: 10.1080/09583150310001639204
- Montalvan Chanzapa C. (2005). Parasitismo natural del hongo *verticillium* spp. en el control de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*), en la comunidad nativa Huascayacu Alto Mayo. URI <http://hdl.handle.net/11458/1581>
- Nguyen H.Q., Quyen D. T., Nguyen S.L.T., Vu V.H. (2015). An extracellular antifungal chitinase from *Lecanicillium lecanii*: purification, properties, and application in biocontrol against plant pathogenic fungi. *Turkish Journal of Biology*. Vol. 39 (2015) > No. 1. DOI 10.3906/biy-1402-28
- Pico Rosado J. T. (2014). Efecto de la sombra del café y el manejo sobre la incidencia, severidad, cantidad de inóculo y dispersión de *Hemileia vastatrix* en Turrialba, Costa Rica. Turrialba: CATIE, 79 p. Tesis Magister: Scientiae. Agroforesteria Tropical: Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Ensenanza. <https://agritrop.cirad.fr/575882/>
- Ramírez Barillas S. S. (2018). Formulación y evaluación de *Lecanicillium lecanii* biocontrolador de *Hemileia vastatrix*. [digi.usac.edu.gt](http://digi.usac.edu.gt)
- Romero, Santos D. (2020) Aislados nativos de *Lecanicillium* sp para el manejo de la roya *Hemileia vastatrix* (Berk & Broome) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). Maestría thesis, Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/4136/>