

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DEL PRODUCTO BACTRONE EN EL CONTROL DE ROYA (*Hemileia vastatrix*) EN EL CULTIVO DE CAFÉ

BIOLOGICAL EFFECTIVENESS OF THE BACTRONE PRODUCT IN THE CONTROL OF RUST (*Hemileia vastatrix*) IN THE COFFEE CULTIVATION

Antonio Muñoz-Santiago ¹,

¹ LIDAG S.A. de C.V. Niza 3102 Col. Narvarte, Monterrey, N.L. México, C.P. 64830.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la efectividad biológica y fitotoxicidad del fungicida comercial Bactrone en el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café. Se evaluaron tres dosis de Bactrone (1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha), un testigo regional, denominado ECO 720, a razón de 250 mL/ 100 L de agua, y un testigo absoluto. El estudio se llevó a cabo en una parcela comercial de café en el municipio de Tomatlán, Veracruz. El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. El tamaño de la unidad experimental fue de 48 m². Se efectuaron 3 aplicaciones, con diferencia de 07 días, vía foliar, con una aspersora de turbina de aire, en un volumen de agua aproximado de 371 L/ha. Se realizó una preevaluación, seguida de tres evaluaciones, a los 07, 14 y 21 DDI (días después del inicio). Las dosis de 1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha evaluadas del fungicida BACTRONE mostraron diferencias estadísticas significativas respecto del testigo absoluto, durante toda la investigación, y alcanzaron, desde la primera aspersión, el porcentaje de efectividad biológica requerido para fungicidas, ya que superaron el 50%, a los 7 días de la primera aplicación. En conclusión, se recomienda el registro del fungicida BACTRONE, en las dosis de 1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha, aplicadas para el control de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café, con aplicación foliar al momento de la aparición de la enfermedad, ya que presentó diferencia significativa respecto del testigo absoluto, y expresó porcentajes de efectividad biológica superior a los establecidos por la normatividad vigente para fungicidas microbianos. El cultivo de café no mostró daños por fitotoxicidad, tras la aplicación de BACTRONE.

Palabras clave: fungicida, roya, café.

ABSTRACT

The present study was carried out with the objective of evaluating the biological effectiveness and phytotoxicity of the commercial fungicide Bactrone for the control of rust (*Hemileia vastatrix*) in coffee cultivation. Three doses of Bactrone (1.5, 2.0 and 2.5 Kg / ha), a regional control called ECO 720 at a rate of 250 mL / 100 L of water and an absolute control were evaluated. The study was carried out in a commercial coffee plot in the municipality of Tomatlán, Veracruz. The experimental design, of five treatments and four repetitions each one, was in randomized complete blocks. The size of the experimental unit was 48 m². Three applications were made, with a difference of 07 days, via foliar, with an air turbine sprayer in an approximate water volume of 371 L / ha. A pre-assessment and three more evaluations were carried out at 07, 14 and 21 DAS (days after the start). The doses of 1.5, 2.0 and 2.5 Kg / ha evaluated for the fungicide BACTRONE showed significant statistical differences with the absolute control during the entire investigation and reached the percentage of biological effectiveness required for fungicides since the first evaluation, exceeding 50% at 7 days after the first application. In conclusion, it is recommended to register the BACTRONE fungicide at the doses of 1.5, 2.0 and 2.5 Kg / ha applied for the control of rust (*Hemileia vastatrix*) in the coffee crop with foliar application at the time of the appearance of the disease, as it presented a significant difference with the absolute control and expressed percentages of biological effectiveness above those established by current regulations for microbial fungicides. The coffee crop showed no damage due to phytotoxicity after the application of BACTRONE.

Keywords: fungicide, rust, coffee.

INTRODUCCIÓN

En el periodo 2016-2017, México se colocó en el onceavo lugar mundial como productor de café, con 1.6% del registro global, y en el doceavo lugar como exportador.

En el último año citado, el país produjo 3.5 millones de sacos de café de 60 kilos, resultado del cultivo en 717 mil 336 hectáreas productoras. Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Puebla y Guerrero fueron las principales entidades productoras.

El consumo per cápita de café en el país es de 1.6 kilogramos (*¿al año?*), y de acuerdo con la Asociación Mexicana de Cafés y Cafeterías de Especialidad, se estima que en el país existen 70 mil cafeterías de especialidad.

En 2016, la producción mundial de café creció a una tasa promedio anual de 2.7%, lo que significó una cosecha global de 153.3 millones de sacos de café de 60 kilos; 56.3% de variedad arábica y 43.7% de variedad robusta.

Esta industria es generadora de empleos. Por ejemplo, en 2009, 12 mil cafeterías tenían 59 mil personas empleadas; mientras que, en 2013, integrados los negocios de neverías, refresquerías, barras de café y cafeterías, el personal empleado fue de 144 mil 259 personas.

Sin embargo, en México, la producción de café reportó su nivel mínimo desde que se tiene registro. Los principales factores que explican la disminución de la producción nacional durante la década reciente son la reducción de la superficie cosechada, así como de la productividad de los cafetales, debida principalmente a la avanzada edad de las plantaciones, a las afectaciones climatológicas, y a la roya del café. Para 2016/17, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) estimaba que la producción de café en México disminuiría a una tasa anual de 8.0 por ciento, y que el consumo se incrementaría 1.5 por ciento respecto del ciclo previo.

Así, de acuerdo con estimaciones del USDA, durante el ciclo 2016/17, por primera vez desde que se tiene registro (1960/61), la producción de café en México sería inferior al consumo nacional, en 2.1 por ciento. Asimismo, también por primera ocasión, el volumen de las exportaciones mexicanas de café, en su equivalente en café verde, serían inferiores a las importaciones, en 2.7 por ciento. Lo anterior resultaría en un déficit comercial de 50 mil sacos de 60 kg, en café verde.

Por tal motivo, es indispensable generar alternativas que permitan contrarrestar este panorama y volver más eficiente la producción nacional de café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio de efectividad biológica del fungicida BACTRONE se realizó en una parcela comercial correspondiente a una plantación de café en el municipio de Tomatlán, Veracruz. La ubicación geográfica es: Latitud: 18° 59' 44.7" N, Longitud: 96° 59' 01.4" O.

Características del producto

Bactrone es un producto catalogado como fungicida biológico, formulado a base de *Bacillus subtilis* en los laboratorios de la empresa LIDAG, S.A. de C.V. Las características principales de Bactrone se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización del fungicida Bactrone.

Propiedades	
Plaguicida	Fungicida
Nombre común	<i>Bacillus subtilis</i>
Nombre comercial	Bactrone
Formulación	Polvo humectable
Contenido en peso (%)	Ingrediente activo: <i>Bacillus subtilis</i> en soporte sólido ...10% en peso
Equivalente	<i>Bacillus subtilis</i> en soporte sólido para un contenido de 10×10^{10} UFC/g

Parámetros de evaluación de la efectividad biológica y de la fitotoxicidad

La efectividad biológica de Bactrone se determinó con base en los siguientes parámetros:

- 1). Incidencia: se determinó de acuerdo con el número de plantas infectadas por muestra, dividido entre el total de plantas por muestra y multiplicado por 100.
- 2). Severidad: para determinar la severidad de la enfermedad en las hojas de la planta, se utilizó la escala de 7 valores, propuesta en la DGSV (Ficha técnica No. 40).

Cuadro 2. Escala para evaluar severidad de la roya en hojas de cafeto.

Valor	Síntomas
0	0% de la superficie de la hoja dañada
1	Puntos cloróticos en la superficie de la hoja
2	2.0% de la superficie de la hoja dañada
3	7.0% de la superficie de la hoja dañada
4	20.0% de la superficie de la hoja dañada
5	45.0% de la superficie de la hoja dañada
6	Más del 70% de la superficie de la hoja dañada

Por su parte, la fitotoxicidad se cuantificó con base en la escala de la ERWS (European Weed Research Society) cuadro 3.

Cuadro 3. Escala de puntuación modificada, propuesta por la EWRS (European Weed Research Society) para evaluar la fitotoxicidad al cultivo, y su interpretación agronómica y porcentual.

Escala puntual	Efectos sobre el cultivo	Escala porcentual de fitotoxicidad al cultivo
1	Sin efecto	0.0-1.0
2	Síntomas muy ligeros	1.0-3.5
3	Síntomas ligeros	3.5-7.0
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento	7.0-12.5
	Límite de aceptabilidad	
5	Daño medio	12.5-20.0
6	Daños elevados	20.0-30.0
7	Daños muy elevados	30.0-50.0
8	Daños severos	50.0-99.0
9	Muerte completa	99.0-100.0

Dosis, momento y forma de aplicación

Las dosis utilizadas de los productos evaluados se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4.- Dosis y tratamientos de los productos.

Tratamiento	Producto	Dosis
T1	Testigo absoluto	No aplica
T2	Bactrone	1.5 Kg/ha
T3	Bactrone	2.0 Kg/ha
T4	Bactrone	2.5 Kg/ha
T5	ECO 720	250 mL/100 L de agua

La aplicación, tanto de Bactrone, como de Eco 720, se realizó cuando se detectaron los primeros síntomas de la enfermedad; para ello, se realizó un muestreo previo a la primera aplicación. Se realizaron tres aplicaciones de los productos (0, 7 y 14 días después del inicio de la prueba) vía foliar, con ayuda de una aspersora de turbina de aire, calibrada para aplicar las dosis exactas, de acuerdo con el cuadro de dosis y tratamientos

Diseño experimental

Para la evaluación del producto, se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a tres dosis de BACTRONE, un testigo regional y un testigo absoluto. El tamaño de la unidad experimental constó de 4 hileras de 6 m de largo, con una distancia entre ellas de 2 m, lo que dio un total de 48m²; la parcela útil se conformó con las 2 hileras centrales, evitando 1 m de cada orilla. El tamaño de la superficie experimental fue de 960m².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia

Muestreo previo: al iniciar el estudio, la incidencia de *Hemileia vastatrix* expresó un promedio de 56.67% en la parcela experimental; la prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha=0.05$) demostró que el estudio inició en igualdad de condiciones, al expresarse todos los tratamientos en el mismo grupo estadístico (A).

Primer muestreo: 07 DDI (días después del inicio), la incidencia en el testigo absoluto aumentó considerablemente,

hasta llegar a un 70.83%. Los tratamientos en los que se aplicó el fungicida BACTRONE tuvieron valores de incidencia no mayores a 54.17%. La menor incidencia la expresó el testigo regional ECO 720, con 33.33%. Las dosis baja y media de BACTRONE (T2 y T3) se expresaron en el Grupo BA, mientras que la dosis alta (T4) y el testigo regional (T5) también fueron estadísticamente iguales entre sí (Grupo B), todos distintos al testigo absoluto (Grupo A).

Segundo muestreo: en la segunda evaluación, de acuerdo con la prueba de medias Tukey ($\alpha=0.05$) todos los tratamientos fungicidas presentaron diferencias estadísticas significativas respecto del testigo absoluto. La incidencia en los tratamientos probados de BACTRONE mostró el mismo promedio de 45.83%; en el testigo regional hubo una ligera disminución respecto a la primera evaluación, al presentar un 29.17%; por su parte, la incidencia en el testigo absoluto fue de 70.83%.

Tercer muestreo: la incidencia de *Hemileia vastatrix* en los tratamientos con BACTRONE expresó porcentajes entre el 41.67% y el 37.50%. El testigo regional ECO 720 tuvo el 20.83% y el testigo absoluto alcanzó el 75.0% de incidencia a los 21 DDI. Todos los tratamientos en los que se aplicó fungicida fueron iguales entre sí y estadísticamente distintos al testigo absoluto durante la tercera evaluación.

Al finalizar el estudio para el parámetro de incidencia, los resultados del análisis estadístico (ANOVA $\alpha=0.05$) demostraron que la aplicación del fungicida Bactrone tiene un efecto positivo en el control de *Hemileia vastatrix* en el cultivo de café. El porcentaje de incidencia disminuyó en los tratamientos en los que se aplicó el producto evaluado y el testigo regional; no obstante, los tratamientos T3 BACTRONE 2.0 Kg/ha y T4 BACTRONE 2.5 Kg/ha tuvieron diferencias estadísticas significativas respecto del testigo absoluto y de la dosis baja (T2) en las dos últimas evaluaciones.

Cuadro 5. Comportamiento de la incidencia de *Hemileia vastatrix*, tras la aplicación del fungicida BACTRONE, en

tres dosis, en comparación con un testigo regional y un testigo absoluto, en el cultivo de café.

Tratamientos	Nivel de incidencia en muestreos (%)			
	Previo	Primero	Segundo	Tercero
T1 Testigo absoluto	62.50 ^a	70.83 ^a	70.83 ^b	75.00 ^a
T2 Bactrone 1.5 kg/ha	54.17 ^a	50.00 ^{ab}	45.83 ^b	37.50 ^b
T3 Bactrone 2.0 kg/ha	62.50 ^a	54.17 ^{ab}	45.83 ^b	37.50 ^b
T4 Bactrone 2.5 kg/ha	50.00 ^a	45.83 ^b	45.83 ^b	41.67 ^b
T5 Eco 720 250 ml/100 l de agua	54.17 ^a	33.33 ^b	29.17 ^b	20.83 ^b

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes

Al finalizar el estudio para el parámetro de incidencia, los resultados del análisis estadístico demostraron que la aplicación del fungicida BACTRONE tiene un efecto positivo en el control de *Hemileia vastatrix* en el cultivo de café. El porcentaje de incidencia disminuyó en los tratamientos en los que se aplicaron el producto evaluado y el testigo regional, donde se obtuvieron valores menores a 41.67% en el caso de BACTRONE, y de 20.83% en el caso del testigo regional.

Severidad

Muestreo previo: al iniciar el estudio, la severidad de *Hemileia vastatrix* fue estadísticamente homogénea en la parcela experimental, con un promedio de 27.31% (Grupo A), por lo que se determinó que el estudio comenzó en igualdad de condiciones en todas las unidades experimentales.

Primer muestreo: los resultados de la primera evaluación demuestran que la aplicación de BACTRONE tiene un efecto positivo sobre el control de *Hemileia vastatrix* en el cultivo de café. El porcentaje de severidad mostrado por T1 BACTRONE 1.5 Kg/ha, fue de 15.28%; por T2 BACTRONE 2.0 Kg/ha, de 14.35% y de T3 BACTRONE 2.5 Kg/ha, de 13.43%. El T5, ECO 720 225 mL/100 L de agua tuvo un 5.32%; en la prueba de separación de medias Tukey ($\alpha=0.05$). Los tratamientos en los que se aplicó el fungicida BACTRONE fueron estadísticamente iguales (Grupo B) y distintos al testigo regional ECO 720 (Grupo C) y al testigo absoluto (Grupo A).

La efectividad biológica en los tratamientos con BACTRONE (T2, T3 y T4) durante la primera evaluación fue de 50.75%, 53.73% y 56.72%, respectivamente; el testigo regional ECO 720 expresó un 82.84%, todos con respecto al testigo absoluto.

Segundo muestreo: a los 14 DDI, de la misma manera que en la evaluación anterior, los tratamientos con BACTRONE, en sus dosis de 1.5, 2.0 y 2.5 Kg/ha fueron estadísticamente iguales (Grupo B), y presentaron promedios de severidad de 12.96%, 12.73% y 12.73%, respectivamente; por su parte, el testigo regional fue estadísticamente distinto a todos los tratamientos (Grupo C) con un porcentaje de severidad de 3.01%. El testigo absoluto (Grupo A) alcanzó el 37.96% de severidad, y fue estadísticamente distinto a los tratamientos fungicidas.

Durante el segundo muestreo, los porcentajes de efectividad expresados por las tres dosis probadas de BACTRONE alcanzaron los valores mínimos requeridos por la normatividad vigente: el T2 tuvo un 65.85%; T3 y T4 expresaron un 66.46%, en tanto que la efectividad del testigo regional fue de 92.07%, todos en comparación con el testigo absoluto.

Tercer muestreo: durante la última evaluación, 21 días después del inicio del estudio, la severidad en el tratamiento T2 BACTRONE 1.5 Kg/ha fue de 11.57%; la de T3 BACTRONE 2.0 Kg/ha, de 9.95%, y la de T4 BACTRONE 2.5 Kg/ha, de 8.56%. La dosis alta del fungicida evaluado fue significativamente distinta a los demás tratamientos (Grupo CB); las dosis media y baja de BACTRONE fueron estadísticamente iguales (Grupo B), y el testigo regional también expresó diferencias estadísticas significativas respecto de los demás tratamientos; el testigo absoluto fue estadísticamente distinto a los anteriores (Grupo A).

La efectividad biológica alcanzada por BACTRONE osciló entre el 68.15% y el 76.43%, y la del testigo regional fue de 94.27%, todos en comparación con el testigo absoluto.

Cuadro 6. Comportamiento de la severidad de *Hemileia vastatrix* y efectividad biológica de la aplicación del fungicida BACTRONE en tres dosis.

	Muestreos					
	1ro		2do		3ro	
	S%	EB%	S%	EB%	S %	EB%
T1	31 ^a	0	37 ^a	0	36 ^a	0
T2	15 ^b	50	12 ^b	65	11 ^b	68
T3	14 ^b	53	12 ^b	66	9 ^b	72
T4	13 ^b	56	12 ^b	66	8 ^{bc}	76
T5	5 ^c	82	3 ^c	92	2 ^c	94

Valores con la misma letra no son significativamente diferentes.

Al finalizar el estudio, se demostró que la aplicación de BACTRONE en sus tres dosis tiene efectos positivos sobre el control de *Hemileia vastatrix* en el cultivo de café; la efectividad biológica tuvo valores superiores al 50% desde los 07 días después de la instalación. Todos los tratamientos con el fungicida evaluado, así como con el testigo regional, fueron estadísticamente distintos al del testigo absoluto durante el periodo de evaluación del presente estudio.

Fitotoxicidad

No se registró ninguna evidencia de que el producto BACTRONE tenga efectos fitotóxicos en el cultivo de café.

CONCLUSIONES

Dadas las condiciones agroclimáticas en las que fue conducido el presente estudio de efectividad biológica, se concluye lo siguiente:

Los resultados obtenidos de la presente investigación se encuentran dentro de los valores de efectividad biológica aceptados en la normatividad vigente para plaguicidas microbianos, por lo que se recomienda el registro del fungicida Bactrone en las dosis de 2.0 y 2.5 Kg/ha, para el control de *Hemileia vastatrix* en el cultivo de café, con un

volumen de aplicación aproximado de 371 L/ha, por haber sido estadísticamente distintas a la dosis baja y al testigo absoluto durante las dos últimas evaluaciones.

Ninguno de los tratamientos con el fungicida Bactrone causó daños visibles a los árboles de cacao, por lo que se descarta algún efecto fitotóxico sobre el cultivo.

LITERATURA CITADA

Abbott, W. S. 1923. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.

Agámez R.M., Bejarano A.C., Piedrahita W. J., Chaves B. 2007. El efecto de tres coadyuvantes sobre la eficiencia de dos fungicidas en el control de *Septoria apiicola* Speg. en apio (*Apium graveolens* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. Vol.1. No.2. pp. 201-213. Colombia

Bahena-Delgado, G. y Tornero-Campante, M. A. 2009. Diagnóstico de las unidades de producción familiar en pequeña irrigación en la subcuenca del río Yautepec, Morelos. *Economía, Sociedad y Territorio* 9(29): 165-184.

Borboa, F. J., Rueda, P. E., Acedo, F. E., Ponce, M. J. F., Cruz, M., Grimaldo, J. O. y García, O. A. 2009. Detección de *Clavibacter michiganensis* subespecies michiganensis en el tomate del Estado de Sonora, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 32: 319-326.

Calle B. J., 2005. Caracterización morfológica y molecular de hongos fitopatógenos de suelo e identificación de bacterias foliares en el cultivo de cebolla. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.

Cardona L. N y Castaño Z. J. 2011. Evaluación *in vitro* de la eficacia de bactericidas sobre *Pseudomonas sp. migula*, causante de la muerte descendente del tomate de árbol *Agron*. 19(1): 31 – 41.

Flores-Vichi, F. 2015. La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas, en *Espacio I+D*. Disponible en: <http://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/num7/L>

La producción de café en México, ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas.php.

González, G. R. y Ramírez, Á. M. 2013. Manual técnico para el manejo preventivo de la roya del café. Dirección General de Sanidad Vegetal. SENASICA.

Medina-Meléndez, R. E. Ruiz N., J. C. Gómez C., J. M.M Sánchez Y., G. Gómez A. y O. Pinto M. 2016. Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. *Ciencia UAT* vol.10 no.2

OIC, Organización Internacional del Café. 2014. Producción total de los países exportadores de los años de cosecha de 2014/15. [En línea]. Disponible en: <http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1a-total-production.pdf>.

Rivera V. L. I. 2012. Conjunto tecnológico para la producción de cebolla: Enfermedades. Estación experimental agrícola. Universidad de Puerto Rico.

SIAP, Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera. 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. [En línea]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> Cierre de la producción agrícola por Estado/.