

USO POTENCIAL DE LIXIVIADOS Y TÉS DE VERMICOMPOST EN EL CONTROL DEL OJO DE GALLO DEL CAFETO *Mycena citricolor*

Karen Zamora*, Leida Castro*, Amy Wang**, Luis Felipe Arauz**, Lidieth Uribe^{1/*}

Palabras clave: Ojo de gallo; *Mycena citricolor*; té de vermicompost; lixiviados de vermicompost.
Keywords: American leaf spot of coffee; *Mycena citricolor*; vermicompost tea; vermicompost leachates.

Recibido: 10/11/16

Aceptado: 27/01/17

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de té y lixiviados de vermicompost obtenidos a partir de diferentes materiales de origen animal y vegetal, sobre la supresión del hongo *M. citricolor* en hojas de café (*Coffea arabica*) en condiciones de laboratorio. A las hojas de café se les aplicó té de vermicompost de diferentes estiércoles, de broza de café y de una mezcla de lixiviados de vermicompost de broza de café y estiércol bovino, previo a la inoculación con el hongo *M. citricolor*. Se evaluó la incidencia (porcentaje de hojas enfermas) y severidad (porcentaje de área foliar dañada), el número de lesiones con gemas y de estructuras reproductivas del hongo (gemas). Se observó diferencias dentro de cada grupo de abono, así, cuando se aplicaron té a base de vermicompost de estiércoles, se encontró que el té de vermicompost de estiércol caprino favoreció el desarrollo de los síntomas de la enfermedad, pues presentó un 16,5% más de área foliar dañada y un mayor número de lesiones con gemas, comparado con el tratamiento testigo; por el contrario el tratamiento con té de vermicompost de estiércol bovino presentó un 50% menos de hojas enfermas que el tratamiento

ABSTRACT

Potential use of vermicompost leachates and tea in the control of the American leaf spot of coffee *Mycena citricolor*. The aim of this study was to evaluate the effect of vermicompost teas and vermicompost leachates from different material of animal and plant origin, on the suppression of *M. citricolor* in coffee leaves (*Coffea arabica*) under laboratory conditions. Teas from vermicompost of different manures, and coffee pulp, and a mixed of vermicompost leachates from coffee pulp and cattle manure were applied to coffee leaves, prior to inoculation with *M. citricolor*. Incidence (percentage of affected leaves) and severity (percent of leaf area damage), number of gem producing lesions and fungal reproductive structures (gems) were evaluated. Differences were observed within each organic waste group, thus, when manure-based vermicompost teas were applied, the one based on goat manure resulted in 16.5% more foliar area damage and a greater number of sporulated lesions compared to the control treatment. On the other hand, the treatment with bovine manure tea showed a 50% less affected leaves that the control treatment and no sporulated lesions. The use of

1 Autora para correspondencia. Correo electrónico: lidieth.uribe@ucr.ac.cr

* Universidad de Costa Rica, Laboratorio de Microbiología Agrícola, Centro de Investigaciones Agronómicas, Costa Rica.

** Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación en Protección de Cultivos, Costa Rica.

testigo y no presentó lesiones con gemas. El uso de té de vermicompost de broza de café aumentó el desarrollo de la enfermedad con un porcentaje de hojas enfermas y del área foliar dañada superior al testigo en más de un 20%. En el caso de los tratamientos con lixiviados de vermicompost, aquellos a base de vermicompost de broza, no presentaron lesiones con formación de gemas.

coffee pulp teas increased percentage of affected leaves and leaf area damage over 20% compared to the control treatment. With respect to leachate vermicompost treatments, the ones based on coffee pulp showed no gem-producing lesions.

INTRODUCCIÓN

El cafeto es el cultivo perenne con mayor área sembrada (84 133 hectáreas) y constituye una de las principales actividades económicas en Costa Rica, especialmente para pequeños y medianos productores (Villegas 2011, INEC 2015). La producción anual es superior a los 2 millones de fanegas que representa el 11% del total de divisas generadas por el sector agropecuario. Junto con el té y las especias, ocupa el segundo puesto de importancia en las exportaciones, ya que genera 289 millones de dólares (ICAFE 2011b, PROCOMER 2015).

La enfermedad causada por *Mycena citricolor* (Berk y Curt) Sacc. conocida como “ojo de gallo”, representa uno de los problemas que más afecta la producción de café en Costa Rica y Centroamérica (Vargas 2004). El principal daño es la defoliación, a pesar de que la planta no muere, disminuye notablemente el área fotosintética y causa un debilitamiento que favorece el desarrollo de otras enfermedades (Vargas *et al.* 1990).

Esta enfermedad se caracteriza por la formación de pequeñas manchas circulares u ovoides, ligeramente hundidas, con un diámetro de 6-10 mm sobre las hojas. Las lesiones se inician como puntos café oscuro de borde indefinido, que al alcanzar su tamaño final presentan un borde

bien marcado, con poca o ninguna clorosis alrededor y pueden ser de color café claro, grisáceo o café rojizo, con apariencia papelosa y seca (López 1994). Cuando las lesiones se forman a lo largo de una vena principal, toman una forma alargada en el sentido de la vena y provocan epinastia en las hojas jóvenes. Las fructificaciones asexuales del hongo (cabecitas o gemas) se desarrollan sobre las lesiones y pueden encontrarse tanto en el haz como en el envés de las hojas, estas estructuras son las que permiten la diseminación del hongo en el campo (Carvajal 1939, Wang y Avelino 1999, González 2003).

En Costa Rica, se da un pico de infección entre setiembre y octubre, que corresponden a los meses de mayor precipitación. La enfermedad empieza a disminuir en diciembre y los niveles más bajos ocurren entre febrero y mayo, lo que coincide con la época más seca del año. Sin embargo, en algunas áreas, especialmente cerca de zonas boscosas, las condiciones de humedad permiten que la enfermedad continúe su desarrollo durante este periodo (Wang y Avelino 1999).

El ojo de gallo puede afectar seriamente cafetos que se encuentran en áreas frías, húmedas y muy sombreadas, en zonas con altitudes mayores de 650 msnm con prevalencia de humedad relativa alta y temperaturas entre 19°C y 23°C (Echeverri 1997, Barquero 2007). Según

las condiciones de humedad, el hongo puede alcanzar niveles de incidencia superiores a 40% y provocar una caída en el rendimiento de un 20-30% en el mismo año de la epidemia (Chaves 1996). Bajo condiciones climáticas favorables y sin un manejo apropiado de la enfermedad, puede ocurrir la pérdida de un 60% de la cosecha presente y una reducción del 100% en el potencial productivo en el siguiente ciclo de producción, esto debido al agotamiento que sufren las plantas por la caída masiva de hojas atacadas por *M. citricolor* (ICAFE 2011a, Barquero 2012).

En Costa Rica, el combate tradicional consiste en la aplicación de fungicidas en la época lluviosa, que corresponde al periodo de mayor incidencia de la enfermedad (ICAFE 2011a). Sin embargo, la creciente necesidad de producir con prácticas amigables con el ambiente, hace del uso de abonos orgánicos una alternativa prometedora para el combate de esta enfermedad.

Los tés de compost y lixiviados de vermicompost son abonos líquidos que se aplican por aspersión foliar o al suelo, y han sido utilizados con éxito en el combate de algunas enfermedades de plantas. El té de compost es una infusión preparada a base de compost o vermicompost y agua, en una proporción que varía de 1:3 a 1:200 y que se incuba por un periodo de tiempo definido. El té se puede producir de forma anaeróbica o aeróbica, esta última mediante el burbujeo continuo de aire. Durante el proceso los microorganismos y nutrientes solubles del vermicompost son extraídos en el té (Hoitink *et al.* 1997, Scheuerell y Mahaffee 2002, Larco 2004, Scheuerell y Mahaffee 2004, Arancon *et al.* 2007, Al-Mughrabi *et al.* 2008, Castello *et al.* 2014).

Los tés de compost pueden ser enriquecidos con materiales como algas, proteínas de pescado, ácido húmico, polvo de roca, quitina coloidal o sustancias ricas en ésta como los residuos de camarón; estos aditivos se utilizan con el fin de aumentar los contenidos de nutrientes y microorganismos benéficos. Los tés actúan como un fungicida natural que contiene poblaciones de microorganismos, quelantes orgánicos

y metabolitos (Hoitink *et al.* 1997, Scheuerell y Mahaffee 2002, Larco 2004, Scheuerell 2003, Scheuerell y Mahaffee 2004, Diáñez *et al.* 2007, Al-Mughrabi *et al.* 2008, Fritz *et al.* 2012, Castello *et al.* 2014, Marin *et al.* 2014).

Se han encontrado resultados positivos del uso de tés para el combate de patógenos como *Botrytis cinerea*, *Pythium ultimum*, *Venturia inaequalis*, *Alternaria solani*, *Verticillium dahliae*, *Sphaeroteca pannosa*, *Phytophthora infestans*, *P. capsici*, *P. parasitica*, *Fusarium oxysporum* f. sp., *lycopersici*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia minor*, *Sclerotium rolfsii*, *Didymella bryoniae*, *Podosphaera fusca*, entre otros (Scheuerell y Mahaffee, 2002, Scheuerell 2003, Edwards *et al.* 2006, Al-Mughrabi *et al.* 2008, Marin *et al.* 2013, Marin *et al.* 2014, Castello *et al.* 2014), sin embargo, existen diferencias en la efectividad del té en el combate de patógenos, lo que se atribuye a variaciones en el método de preparación, compost utilizado, edad, tiempo de aereación, lote, población microbiana, prácticas de aplicación y patosistema evaluado (Hoitink *et al.* 1997, Scheuerell y Mahaffee, 2002, Scheuerell y Mahaffee 2004, Marin *et al.* 2013). Aunque algunos autores señalan mayor eficacia en tés de compost derivados de estiércol que de residuos vegetales (Scheuerell y Mahaffee 2002), existen informes de que los tés vegetales también son supresivos (Scheuerell 2003).

Entre los factores responsables de la supresión se señala la resistencia inducida, una mejor nutrición de la planta y la presencia de microorganismos antagonistas que por hiperparasitismo, antibiosis o competencia inhiben al hongo patógeno (Hoitink *et al.* 1997, Scheuerell y Mahaffee 2002, Scheuerell 2003, Scheuerell y Mahaffee 2004, Edwards *et al.* 2006, Al-Mughrabi *et al.* 2008, Marin *et al.* 2013, Castello *et al.* 2014).

Por otro lado, la adición de quitina durante el proceso de vermicompostaje o en la elaboración del té, podría favorecer el incremento de las poblaciones de microorganismos quitinolíticos con potencial como agentes de biocontrol de hongos fitopatógenos, ya que la pared celular de los mismos contiene quitina (Scheuerell 2003,

Salazar *et al.* 2006, Sastoque *et al.* 2007), además, la degradación microbiana de la quitina puede aportar N para las plantas y microorganismos, generar compuestos nitrogenados tóxicos como el amoníaco y el ácido nitroso o inductores de los mecanismos de defensa de las plantas como los derivados del quitosano (Cohen 2001, Scheuerell 2003, Castro *et al.* 2011). El uso de la quitina comercial o los residuos de camarón para el combate de enfermedades radicales y foliares ha sido evaluado por varios autores (Osorio *et al.* 2004, Sastoque *et al.* 2007, Farfán y Gutiérrez 2009, Oka 2010, Castro *et al.* 2011). Se desconoce su efecto sobre *Mycena citricolor*.

Los lixiviados de vermicompost son abonos líquidos que contienen nutrientes, microorganismos y ácidos húmicos por lo que se han usado principalmente como fertilizantes orgánicos en diferentes cultivos. Se generan durante el proceso de vermicompostaje producto de la transformación de la materia orgánica al ser mezclada e ingerida por la lombriz, este material es drenado y recolectado para evitar la saturación de las camas. Los lixiviados se deben diluir al menos al 50% antes de aplicarlos ya que pueden causar problemas de toxicidad por el alto contenido de sales (Ferruzi 1994, García *et al.* 2008, Gutiérrez-Miceli *et al.* 2008, Fortis *et al.* 2009, Garg y Gupta 2009, Nath *et al.* 2009, Arauz 2011, Preciado *et al.* 2011).

Según Litterick *et al.* (2004) los lixiviados se pueden utilizar para el combate de plagas y enfermedades, puesto que tienen una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos. Así mismo, contienen sustancias antimicrobianas que inhiben el crecimiento de hongos patógenos (Gutiérrez-Miceli *et al.* 2008). No se ha investigado su capacidad para suprimir el ojo de gallo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar tés y lixiviados de vermicompost obtenidos a partir de diferentes materiales de origen animal y vegetal, y su efecto sobre la supresión del hongo *M. citricolor* (Berk y Curt) Sacc en hojas de cafeto (*Coffea arabica* L.) en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología Agrícola del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Se prepararon vermicompostas a partir de estiércol equino, bovino y caprino, broza de café y broza de café con residuos de camarón y se recolectaron los lixiviados. Los abonos de origen animal fueron proporcionados por la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica; ubicada en la zona de Ochomogo, Cartago; y los abonos de origen vegetal fueron facilitados por la Cooperativa Coopepalmars localizada en Palmars, Alajuela.

Preparación de los tés de vermicompost

Se colocaron 100 g del vermicompost en una bolsa hecha con una malla, la cual se ubicó dentro de un recipiente de plástico sin tapa con capacidad para 10 litros y se agregaron 5 litros de agua desionizada con 10 ml de melaza. La mezcla se incubó bajo aeración constante por 24 horas con una bomba de pecera para 19 litros. A los tratamientos que llevaban quitina al 0,4%, se agregaron 20 g de quitina comercial marca Sigma Aldrich (Shrim Shell, practical grade) en el recipiente junto con los otros ingredientes (Rodríguez y Morgan 1987).

Preparación de las cámaras húmedas

La cámara húmeda estuvo conformada por una bandeja de plástico transparente con tapa y con capacidad para 4 702,5 cm³, dentro de la cual se colocó una capa de papel toalla estéril sobre la que se dispusieron las hojas de cafeto. El papel toalla se mantuvo humedecido con agua estéril para conservar una atmósfera con humedad relativa alta necesaria para el desarrollo de la enfermedad.

Cepa de *Mycena citricolor*

Se utilizó la cepa de *Mycena citricolor* (Berk y Curt) Sacc "My 59", proporcionada por

el Instituto Costarricense del Café (ICAFE). La reproducción del hongo in vitro, se realizó según la metodología propuesta por González (2003). Se transfirió una sección de 6 mm de diámetro de un cultivo de 12 días del hongo. Se colocaron 4 círculos con micelio en cada placa de Petri con medio de cultivo PDA (papa-dextrosa-agar) acidificado con ácido láctico al 10%. Las placas de Petri inoculadas se colocaron en una caja de plástico en un sitio con iluminación natural y a temperatura ambiente. La esporulación del hongo se produjo alrededor de 2 semanas después.

Plantas de café

Se utilizaron hojas de plantas de café (*Coffea arabica* L.) de la variedad Catuaí Rojo de un año, proporcionadas por la Cooperativa Coopepalmares. Se mantuvieron en el invernadero del Laboratorio de Microbiología Agrícola de la Universidad de Costa Rica durante el periodo de realización de los ensayos. Las plantas se trasplantaron a potes de plástico (número 400) con suelo proveniente de la misma zona, se fertilizaron con 6 g de 10-30-10 a los 7 días después del trasplante y a los 2 meses. Además se complementó la nutrición con 2 aplicaciones foliares del fertilizante fórmula 20-20-20 (Nitrógeno, Potasio y Fósforo) y elementos menores de una marca seleccionada. La primera aplicación se hizo a los 30 días después del trasplante y la segunda una semana después.

Análisis de la composición química y microbiológica de los vermicompost, tés de vermicompost y lixiviados

Se determinó la composición química y microbiológica de los vermicompost, lixiviados y tés de compost. Se tomó una muestra de 500 g de cada uno de los vermicompost en una bolsa plástica, y una muestra de un litro de cada uno de los diferentes tés y lixiviados en una botella de plástico. Todas las muestras se llevaron al Laboratorio de Suelos y Foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica para hacer un análisis químico completo que

incluía los contenidos totales de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B, el contenido de humedad y valor del pH, según la metodología propuesta por Soil and Plant Analysis Council (1998).

Además, se tomó una muestra de 500 g de cada uno de los vermicompost y 100 ml de lixiviados diluidos al 10% y tés de vermicompost para determinar mediante recuento en plato el número de bacterias y actinomicetes, hongos, levaduras y lactobacilos en los medios Albuminato de sodio, PDA, Extracto de Malta y MRS, respectivamente (Wollum 1982, Lorch *et al.* 1995, Rodríguez *et al.* 2005).

A los vermicompost se les determinó la estabilidad, para ello se ajustó el contenido de humedad al 70-85% y se pesaron 20 g del abono por duplicado en beakers que se colocaron en una jarra de incubación. Dentro de la jarra se colocó un recipiente con 10 ml de agua y otro con 20 ml de NaOH 1M. Se prepararon 4 blancos en 4 beakers que contenían 20 ml de NaOH 1M en la jarra. Los envases se cerraron herméticamente y se incubaron a 35°C. Posteriormente se determinó por titulación con HCL 0,5M la cantidad de CO₂ absorbida por el NaOH. Se determinó a cada vermicompost el peso seco y la cantidad de sólidos volátiles en la muestra, los resultados se reportaron como mg CO₂ g⁻¹SV⁻¹ d⁻¹ (TMECC 2002).

Evaluación de la capacidad de supresión del ojo de gallo

Se hicieron 3 ensayos para evaluar la capacidad de los tés y lixiviados de vermicompost para suprimir la enfermedad del ojo de gallo. En el primer ensayo se evaluó el efecto supresor de tés a base de vermicompost de estiércoles sobre el desarrollo de *M. citricolor* inoculado en hojas de café. Se utilizaron 7 tratamientos, la aplicación de té de vermicompost de estiércol equino, té de vermicompost de estiércol bovino, té de vermicompost de estiércol caprino, té de vermicompost de estiércol equino con quitina, té de vermicompost de estiércol bovino con quitina, té de vermicompost de estiércol caprino con quitina y como testigo, se utilizó agua desionizada estéril.

En el segundo ensayo se evaluó el efecto de la aplicación de los tés de vermicompost a base de broza y su enriquecimiento con quitina y/o residuos de camarón, sobre el desarrollo del ojo de gallo mediante la aplicación de los siguientes tratamientos: té de vermicompost de broza de café, té de vermicompost de broza de café con quitina; té de vermicompost de broza de café enriquecido con camarón y té de vermicompost de broza de café enriquecido con camarón y con quitina y un testigo, para un total de 5 tratamientos.

En el tercer ensayo se evaluó el efecto de la aplicación de los lixiviados de vermicompost sobre el desarrollo del ojo de gallo. Los tratamientos utilizados fueron: lixiviados de vermicompost a base de broza de café, lixiviado de broza de café enriquecida con residuos de camarón, lixiviados de vermicompost de estiércol bovino y un testigo, para un total de 4 tratamientos. Los lixiviados se aplicaron diluidos al 10%.

Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar, la unidad experimental estuvo compuesta por 5 hojas de café dispuestas en una cámara húmeda. Se utilizaron 10 repeticiones por tratamiento. A cada unidad experimental se le roció 10 ml del tratamiento o agua desionizada estéril (en el caso del testigo), para humedecer totalmente las hojas. Se realizó una única aplicación 24 horas antes de la inoculación de las hojas de café con *M. citricolor*; ya que en ensayos preliminares se observó que la población de bacterias inoculadas disminuye significativamente a las 48 horas. Cinco de las repeticiones de cada tratamiento se sacrificaron a las 24 horas a fin de determinar el efecto de la aplicación de los abonos sobre la población microbiana en la superficie de la hoja. Las 5 repeticiones restantes se inocularon con el patógeno.

En el primer ensayo en cada hoja se hicieron 2 puntos de inoculación en los cuales se colocaron 5 cabecitas de *M. citricolor* en cada uno, en los ensayos 2 y 3 se realizaron 3 puntos de inoculación por hoja.

Variables evaluadas

Se evaluó mediante recuento en plato la cantidad de bacterias, actinomicetes, hongos, levaduras

y lactobacilos a las 24 horas en 5 de las repeticiones de cada tratamiento, para ello se tomaron las 5 hojas de café que conformaban la unidad experimental y se realizó el recuento microbiológico, las hojas se colocaron en una bolsa plástica transparente estéril con 90 ml de agua desionizada estéril. Luego se colocaron dentro del Stomacher® 400 Circulator por un periodo de 3 minutos y a 300 revoluciones por minuto. Se realizaron diluciones seriadas y se utilizaron los medios albuminato de sodio, PDA, extracto de malta y MRS (Wollum 1982, Lorch *et al.* 1995, Rodríguez *et al.* 2005). Los datos de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de los recuentos microbiológicos se transformaron con el Log10, previo al análisis de varianza y se procedió a separar las medias con la prueba LSD Fisher ($p < 0,05$) con el programa Infostat.

Se evaluó el número de hojas con lesiones (incidencia), número de lesiones totales, número de lesiones con gemas y número de estructuras reproductivas (cabecitas o gemas), 2 veces por semana durante 3 semanas. Los datos obtenidos se transformaron con la “transformación de promedios alineados” y se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para una $p < 0,10$ (Wobbrock *et al.* 2011).

En la última evaluación se determinó porcentaje del área foliar dañada (severidad). Para la obtención del área de la hoja y el área de la hoja con lesiones, se tomó una fotografía a cada una de las hojas junto con una referencia de longitud (regla de 30 cm) y se analizaron con el programa Image J. Los datos se analizaron por medio del análisis de varianza y se procedió a separar las medias con la prueba LSD Fisher ($p < 0,05$) con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.* 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características químicas y biológicas de los vermicompost, tés y lixiviados de vermicompost

Existe variabilidad en la composición química de los vermicompost utilizados en la preparación de los tés y lixiviados (Cuadro 1), estas

Cuadro 1. Caracterización química y microbiológica de los vermicompost utilizados para la preparación de tés y lixiviados.

Análisis	Vermicompost				
	Estiércol equino	Estiércol bovino	Estiércol caprino	Broza	Broza camarón
N%	1,90	2,00	1,43	4,59	4,36
P%	0,95	1,60	1,51	0,38	0,58
K%	1,79	1,75	2,22	4,08	5,07
Ca%	1,40	2,33	2,65	2,39	3,18
Mg%	0,54	0,75	0,73	0,38	0,43
S%	0,34	0,37	0,42	0,58	0,61
Fe (mg.kg ⁻¹)	5497	1929	12619	11481	11432
Cu (mg.kg ⁻¹)	60	101	82	76	79
Zn (mg.kg ⁻¹)	345	267	486	139	178
Mn (mg.kg ⁻¹)	397	314	521	517	494
B (mg.kg ⁻¹)	20	13	39	110	108
pH	8,4	8,9	9,2	9,8	9,8
Porcentaje de humedad %	80	80	73	55	58
Estabilidad (mgCO ₂ g ⁻¹ SV ⁻¹ t ⁻¹)	2,5	4,3	5,3	0,4	2,8
Bacterias (LogUFC.g ⁻¹)	8,8	9,0	8,8	7,4	7,7
Actinomicetes (LogUFC.g ⁻¹)	8,2	6,9	8,7	6,6	7,0
Hongos (LogUFC.g ⁻¹)	4,5	4,1	5,0	4,9	6,0
Levaduras (LogUFC.g ⁻¹)	5,4	5,9	6,1	5,3	5,7
Lactobacilos (LogUFC.g ⁻¹)	7,3	7,2	<4,0	6,9	6,6

diferencias se deben a las condiciones de elaboración, materia prima, proporción del residuo y estado de descomposición del material (Durán y Henríquez 2007, Artavia *et al.* 2010). Los vermicompost a base de broza de café tuvieron un mayor contenido de N, K y B, y un menor contenido de P y Zn que los elaborados con estiércoles.

El pH varió de 8,4 a 9,8 (Cuadro 1), los vermicompost a base de estiércol presentaron un pH más bajo que el mostrado por los de broza. Fortis *et al.* (2009) y Otero (2010) encontraron valores similares de pH en vermicompost de estiércoles, mientras que Durán y Henríquez (2007) y Siles (1997) obtuvieron para un vermicompost de

broza de café pH neutros. En términos generales, el pH del vermicompost tiende a ser alcalino debido a la secreción de carbonato cálcico por las glándulas de Morren de la lombriz (Bollo 1999), además, los estiércoles presentan generalmente pH básico por liberar nitrógeno en forma de urea, que se descompone y forma amoniaco (Moreno-Caselles *et al.* 2002), así mismo, durante el proceso de descomposición de la broza se generan pH alcalinos. Si bien las lombrices operan eficientemente a un pH entre 5 y 9, un rango de 7,5 a 8,0 es considerado óptimo (Garg y Gupta 2009).

El porcentaje de humedad estuvo entre 55% y 80% y fue mayor en los vermicompost de

estiércol que en los de broza, lo que coincide con lo observado por Artavia *et al.* (2010) al evaluar abonos de origen vegetal y animal. Los vermicompost utilizados clasificaron como estables y muy estables (TMECC 2002), la menor actividad la presentó el vermicompost de broza (Cuadro 1). Artavia *et al.* (2010) reportó valores de 1,1 y 7,1 $\text{mgCO}_2\text{g}^{-1}\text{SV}^{-1}\text{d}^{-1}$ para vermicompost de broza y de estiércol bovino respectivamente.

Las poblaciones microbianas presentes en los vermicompost se ven influenciadas por la materia prima utilizada, las transformaciones de los desechos al ser mezclados e ingeridos por la lombriz, la inoculación con la flora microbiana presente en la misma y los cambios en el pH (Domínguez *et al.* 1997, Bollo 1999, Durán y Henríquez 2007, Uribe *et al.* 2009). En este estudio las bacterias dominaron las poblaciones de microorganismos cultivables (Cuadro 1), encontrándose una mayor cantidad en los abonos de estiércoles que en los obtenidos a partir de broza. Scheuerell (2003) indica que es posible encontrar en algunos compost de estiércoles una mayor población de microorganismos que en los de residuos vegetales debido a la alta biomasa

microbiana presente en los estiércoles. Por otro lado, el menor número de lactobacilos se encontró en el vermicompost caprino ($<4,0 \text{ Log}_{10} \text{ UFC.g}^{-1}$, dilución más baja evaluada), mientras que los valores más altos de hongos se obtuvieron en el abono enmendado con residuos de camarón.

Cuando se evaluó la composición química de los téis de vermicompost (Cuadro 2), se observó el mayor contenido de N en el té de vermicompost de broza con camarón y el menor en el té de vermicompost de estiércol caprino. La concentración de K se relacionó en los téis sin quitina con el contenido de este elemento en los vermicompost ($y = 76,838x$, $R^2 = 0,9446$). El Ca varió de 38 a 102 en los téis a base de estiércol, y en los téis de origen vegetal, solo logró detectarse en la broza con quitina (10 mg.ml^{-1}). Los elementos P, Mg, Cu, Zn y Mn no se encontraron en los téis de vermicompost mientras que el S, Fe y B se observaron en pequeñas cantidades y únicamente en algunos de los téis. El pH varió de 5,3 a 7,2. En términos generales, el contenido de nutrientes presente en los téis de vermicompost fue más bajo que el obtenido por Preciado *et al.* (2011) en un té preparado con un vermicompost comercial.

Cuadro 2. Caracterización química y microbiológica de los tés y lixiviados de vermicompost.

Abono	Té											Lixiviado		
	TVEE	TVEEQ	TVEB	TVBEQ	TVEC	TVECQ	TVB	TVBQ	TVBC	TVBCQ	LVB	LVBC	LVEB	
N (mg.l ⁻¹)	69	68	69	101	56	84	73	97	105	79	45	76	20	
P (mg.l ⁻¹)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	19	21	14	
K (mg.l ⁻¹)	156	105	148	129	203	177	310	459	367	315	427	668	352	
Ca (mg.l ⁻¹)	47	38	102	76	91	62	--	10	--	--	--	--	--	
S (mg.l ⁻¹)	--	--	--	88	--	--	--	--	--	38	62	33	29	
Fe (mg.l ⁻¹)	1	--	--	--	--	--	8	6	8	4	92	24	2	
B (mg.l ⁻¹)	1	--	2	--	--	--	3	4	2	1	2	1	--	
pH	5,3	6,1	7	6,2	5,3	5,3	6,7	6,3	7,2	7	8	8,2	9,5	
Bacterias (LogUFC.ml ⁻¹)	8,5	8,5	8,3	8,5	>8,5	>8,5	>8,5	>8,5	>8,5	>8,5	6	6,9	6,1	
Actinomicetes (LogUFC.ml ⁻¹)	6,3	6,5	<5,0	<5,0	7,7	6,3	6,3	6,6	7,3	7,3	4,3	5,8	4,1	
Hongos (LogUFC.ml ⁻¹)	3,5	3,3	2,9	2,6	4,7	4,3	2,3	4	2,8	2,3	2	2,3	2	
Levaduras (LogUFC.ml ⁻¹)	7	7	6	5,7	6,3	6,6	>7,5	5,6	>7,5	>7,5	2	3,2	2,5	
Lactobacilos (LogUFC.ml ⁻¹)	6,6	7	6	6,2	7,1	6,7	7,1	5	7,1	7,7	6,1	6,5	3,8	

TVEE= Té de vermicompost de estiércol equino.

TVEEQ= Té de vermicompost de estiércol equino con quitina.

TVEB= Té de vermicompost de estiércol bovino.

TVBEQ= Té de vermicompost de estiércol bovino con quitina.

TVBC= Té de vermicompost de estiércol caprino.

TVBCQ= Té de vermicompost de estiércol caprino con quitina.

TVB= Té de vermicompost de broza de café.

TVBQ= Té de vermicompost de broza de café con quitina.

TVBCQ= Té de vermicompost de broza de café con camarón.

TVBCQ= Té de vermicompost de broza de café con camarón y quitina.

LVB= Lixiviado de vermicompost de broza de café.

LVBC= Lixiviado de vermicompost de broza de café con camarón.

LVEB= Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino.

Durante el proceso de elaboración del té, a medida que los materiales son descompuestos por los microorganismos que los utilizan como fuente de energía en el caso del C o para la formación de proteínas y crecimiento celular como el N, la biomasa microbiana aumenta, por lo que los contenidos de N y P disponibles se reducen al ser inmovilizados, ya que los microorganismos actúan como sumidero y fuente importante de nutrimentos como el C, N y P (Paul y Clark 1996). Un caso similar puede ocurrir con el Mg, K y S, lo cual explicaría por qué algunos elementos no se detectaron en los té. Así mismo el pH disminuye, lo que afecta las poblaciones microbianas y la solubilidad de los elementos. Por otro lado, la adición de quitina, material rico en nitrógeno, incrementó el contenido de este elemento en el té de vermicompost de estiércol bovino, caprino y en el de vermicompost de broza, mientras que los contenidos de K y Ca se redujeron en los té de estiércoles a los que se adicionó quitina, probablemente el aporte de N propició la utilización de estos elementos por la flora microbiana.

Fritz *et al.* (2012) encontraron que el número de microorganismos en los té aumenta durante el proceso de extracción y que se ve afectado por la adición del sustrato. En todos los té se observa que las bacterias constituyen el grupo más importante de microorganismos (mayor a Log 8,3 UFC.ml⁻¹), esto se debe a su alta concentración en los vermicompost y a su capacidad competitiva en la presencia de sustratos fácilmente degradables, lo que concuerda con lo indicado por Scheuerell y Mahaffee (2004) al estudiar té de compost con diferentes aditivos. La población de bacterias fue superior al rango de Log 6,8 a Log 7,7 UFC.ml⁻¹ reportado por Mansour y El-sayed (2011) en té de compost preparados a partir de una mezcla de estiércoles animales con grana de arroz y al 5,16 a 8,01 Log UFC.ml⁻¹ observado por Castello *et al.* (2014). Si bien los lactobacilos presentaron números menores a Log 4,0 UFCg⁻¹ en el vermicompost caprino, probablemente el cambio en las condiciones ambientales al hacer el extracto (por ej.,

la disminución del pH) favoreció su incremento a 7,1 Log UFC.ml⁻¹. Así, la preparación del té constituye un factor selectivo para las poblaciones de microorganismos.

Los actinomicetes se encontraron dentro del rango de 5,8 a 6,8 Log₁₀ (UFC.ml⁻¹) obtenido por Mansour y El-sayed (2011) con excepción de los té de vermicompost de estiércol bovino con y sin quitina, que presentaron un valor menor de 5,0 Log₁₀ UFC.ml⁻¹ (dilución más baja evaluada), el bajo contenido de estos organismos se debe a su menor cantidad en el vermicompost de estiércol bovino, a que crecen lentamente en comparación con las bacterias y a que en presencia de sustratos fácilmente degradables su número disminuye por la presión de competencia con otros grupos (Lazcano *et al.* 2008, Farfán y Gutiérrez 2009). Al igual que lo indicado por Scheuerell y Mahaffee (2004) las poblaciones de hongos fueron menores en los té con y sin aditivos que en los vermicompost. Los hongos son aeróbicos, crecen lentamente y compiten con dificultad en medios líquidos con fuentes de C fácilmente disponibles.

Con respecto a los lixiviados (Cuadro 1), el mayor contenido de N y K se encontró en el lixiviado de broza de café con residuos de camarón; mientras que el lixiviado de estiércol bovino mostró los menores valores de dichos elementos. El mayor contenido de S y Fe se presentó en el lixiviado de vermicompost de broza. El pH de todos los lixiviados fue superior al 7,8 reportado por García *et al.* (2008) en un lixiviado de vermicompost de estiércol bovino.

Los lixiviados presentaron valores de bacterias y levaduras menores que los observados en los té de vermicompost. Estos resultados pueden deberse a los altos valores de pH de estos abonos y a que se utilizaron lixiviados diluidos 1/10. La mayor cantidad de microorganismos cultivables se encontró en el lixiviado de broza enriquecido con camarón lo que se debe probablemente a una mayor fuente de sustratos en este tratamiento. El lixiviado de vermicompost de estiércol bovino presentó una población de lactobacilos 1000 veces menor que los lixiviados de broza lo que atribuimos al alto pH presente en este lixiviado.

Efecto de la aplicación de tés de vermicompost a base de estiércoles sobre las hojas de café

Se encontró una población residente de microorganismos cultivables sobre las hojas de café, según se evidencia en el tratamiento testigo (Figura 1), lo que obedece a que en el filopiano hay numerosos micrositios que permiten el establecimiento y desarrollo de una población

epífita compuesta primordialmente por bacterias, actinomicetes y hongos filamentosos (Blakeman y Fokkema 1982, Arauz 2011). Los resultados del estudio coinciden con lo observado por Mora (1987) quien señala a las bacterias como el grupo más numeroso en la hoja de café, resultado que atribuye al crecimiento rápido y habilidad de estos organismos para utilizar diferentes nutrientes.

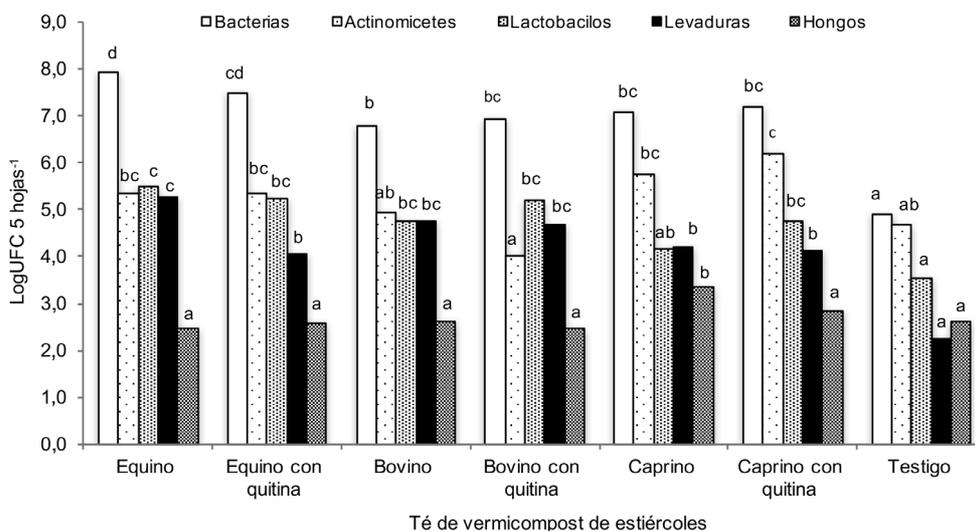


Fig. 1. Población de microorganismos en hojas de café tratadas con tés de vermicompost de excretas animales.

La aplicación de los tés incrementó el número de bacterias y levaduras en la superficie de las hojas, este aumento se debe a la adición de los microorganismos presentes en el té y a los nutrientes que sirven de sustrato tanto a los microorganismos inoculados (Al-Mughrabi *et al.* 2008), como a los que se encuentran naturalmente sobre las hojas. Los microorganismos compiten por nutrientes y la colonización del filopiano, y son favorecidos los que logren usar los recursos más eficientemente y enfrentar interacciones como la inhibición, antagonismo, depredación y antibiosis que influyen en la dinámica poblacional (Arauz 2011, Marin *et al.* 2013).

Los lactobacilos aumentaron en todos los tratamientos excepto en las hojas aplicadas con el

té de vermicompost de estiércol caprino a pesar del alto número de microorganismos presentes en el mismo. Las hojas inoculadas con el té de origen equino presentaron el valor más alto de bacterias, lactobacilos y levaduras, mientras que la adición del té de vermicompost de estiércol caprino con quitina aumentó significativamente la población de actinomicetes. El mayor número de hongos se encontró en el tratamiento al que se aplicó té de vermicompost de estiércol caprino, lo que coincidió con la concentración más alta de estos organismos en el té (Figura 1, Cuadro 2).

Al estudiar el efecto de los tés sobre la enfermedad, se encontró que las hojas a las que se aplicó el té de vermicompost de estiércol caprino presentaron una incidencia mayor que

las inoculadas con los téis de vermicompost de estiércol equino, bovino, bovino con quitina y caprino con quitina (Cuadro 3), y una severidad significativamente mayor que el testigo y demás

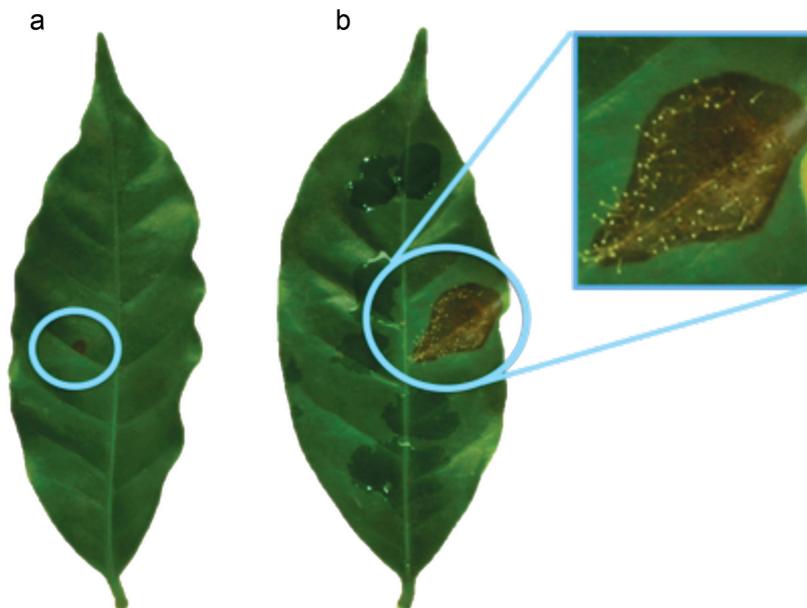
tratamientos. El uso de este té aumentó significativamente el número de hojas con lesión, y número de cabecitas (Cuadro 3, Figura 2) con respecto al tratamiento té de vermicompost de estiércol

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de los téis de vermicompost de estiércoles sobre el desarrollo de la enfermedad en hojas de café.

Té vermicompost estiércol	Incidencia* %	Severidad* %	Lesiones**	Lesiones con gemas**	Gemas/lesión**
Equino	20 a	2,6 a	7,0 a	1,4 abc	23,4 ab
Equino quitina	40 ab	6,6 a	12,6 a	1,8 bc	10,4 b
Bovino	16 a	1,3 a	2,0 a	0,0 a	0,0 a
Bovino quitina	28 a	4,2 a	8,0 a	1,8 bc	14,2 b
Caprino	60 b	19,0 b	24,2 a	5,2 c	65,0 b
Caprino quitina	20 a	1,3 a	5,8 a	1,0 abc	2,8 ab
Testigo	40 ab	2,5 a	6,8 a	0,4 ab	1,4 ab

*Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

**Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,10$). Kruskal Wallis.



a. Lesión sin gemas en hojas tratadas con el té de vermicompost de estiércol bovino.

b. Lesión con gemas en hojas tratadas con el té de vermicompost de estiércol caprino.

Fig. 2. Efecto del té de vermicompost a base de estiércol sobre la producción de gemas en las lesiones causadas por *M. citricolor* a los 19 días de la aplicación.

bovino, así como las lesiones con gemas en comparación con este mismo tratamiento y con el testigo (Cuadro 3). Como se mencionó anteriormente, el té de origen caprino presentó un número mayor de hongos que los otros tés (Cuadro 2), así como el mayor número de hongos en la superficie de la hoja (Figura 1). Al respecto varios autores señalan que el uso de aditivos podría neutralizar el potencial de control biológico del té al quedar nutrientes disponibles que pueden beneficiar el crecimiento de patógenos que posean una fase saprofítica eficiente, o por otro lado, suprimir la producción de antibióticos o la actividad parasítica de microorganismos antagonistas, al promover un metabolismo saprofítico (Hoitink *et al.* 1997, Scheuerell y Mahaffee 2004, Scheuerell y Mahaffee 2006). Es probable que el uso del té caprino favoreciera el crecimiento de los hongos presentes en el té y en la superficie de la hoja incluyendo al patógeno *Mycena citricolor*.

Por otro lado, la adición de quitina al té de vermicompost de estiércol caprino redujo la incidencia y severidad del ojo de gallo con respecto al tratamiento sin quitina. Este resultado podría deberse a cambios en la composición química o microbiana que redujeran el efecto conductivo de este té, el N aumentó de 56 a 84 mg.l⁻¹ mientras que el K se redujo de 203 a 177 mg.l⁻¹ y disminuyó significativamente la población de hongos sobre la hoja con respecto al té sin este aditivo.

El tratamiento al que se aplicó té de vermicompost de estiércol bovino tendió a presentar los menores valores en las variables evaluadas. Es posible que el resultado se deba a que este té mostró el mayor contenido de Ca y un pH más alto que los otros tés, según Vargas (1996), la aplicación de formulaciones de Ca a las hojas de café tiene un efecto positivo en el combate de la enfermedad al contribuir a reducir el efecto del ácido oxálico. Se considera que el mecanismo patogénico del hongo es por medio de la producción de ácido oxálico, el cual captura el calcio estructural de los pectatos de las paredes celulares debilitándolas y facilitando la entrada de la hifa de *M. citricolor* (Rao y Tewari 1988, Tewari 1990). Resultados positivos con el uso de

té de vermicompost de estiércol bovino fueron observados por Edwards *et al.* (2006) sobre *Verticillium* en tomate.

Cabe señalar que no se produjeron lesiones con gemas en el tratamiento al que se aplicó el té de vermicompost de estiércol bovino, este hallazgo es importante si se considera que las cabecitas son las estructuras de diseminación de *M. citricolor* en el campo, y que una forma de limitar su reproducción es a través de la disminución en la formación de estas estructuras de propagación. A partir de ese aspecto, se ha sugerido para el control de la enfermedad el uso de productos químicos que inhiban la formación de las gemas (Vargas *et al.* 1990, Wang y Avelino 1999, Wang y Arauz 1999, Barquero 2012, Granados 2015).

Efecto del té de vermicompost a base de residuos de café sobre el ojo de gallo

Con la aplicación de los diferentes tés de origen vegetal se elevó significativamente el número de bacterias, levaduras y lactobacilos en la superficie de las hojas, encontrándose la mayor población de bacterias y levaduras en las hojas inoculadas con el té de broza de café y el mayor contenido de hongos en las inoculadas con el té de broza con camarón y quitina (Figura 3).

La incidencia y severidad de la enfermedad del ojo de gallo, fue igual o mayor en las hojas inoculadas con los tés de vermicompost a base de broza, que en el tratamiento testigo (Cuadro 4). Un 80 a 92% de las hojas inoculadas con los tés presentaron lesiones, las cuales abarcaron de un 13,6 a un 24,3% del área de la hoja, mientras que en el tratamiento testigo se infectaron un 60% de las hojas y el área foliar dañada fue del 5,4%. La mayor incidencia y severidad se encontró en el té de vermicompost de broza a pesar de que este tuviera las poblaciones más altas de bacterias y levaduras cultivables. Todos los tratamientos con tés presentaron un mayor número de lesiones que el testigo, mientras que el número de lesiones con gemas y el número de cabecitas por lesión no se diferenció del testigo. Los tratamientos inoculados con el té de vermicompost de broza de café con quitina y el té enriquecido con camarón y

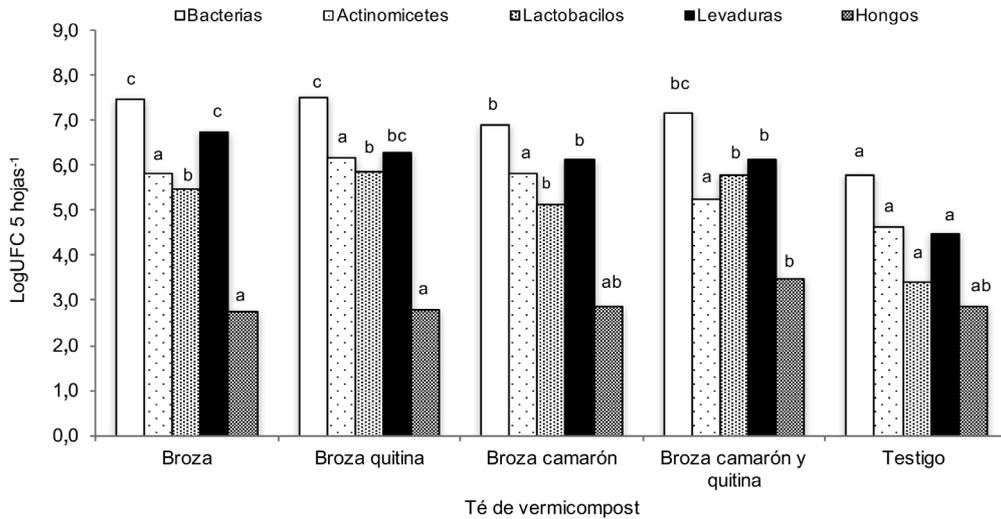


Fig. 3. Población de microorganismos en hojas de cafeto tratadas con té de vermicompost de broza de café.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de los té de vermicompost de broza sobre el desarrollo de la enfermedad en hojas de cafeto.

Té de vermicompost	Incidencia* %	Severidad* %	Lesiones**	Lesiones con gemas**	Gemas/lesión**
Broza	92 b*	24,3 c	57,8 b	2,4 a	12,6 a
Broza quitina	88 b	13,6 ab	48,8 b	5,0 a	43,6 ab
Broza camarón	80 ab	16,7 bc	51,6 b	4,4 a	111,8 b
Broza camarón quitina	88 b	22,3 bc	51,4 b	5,2 a	95,4 b
Testigo	60 a	5,4 a	22,0 a	3,2 a	47,8 ab

*Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

**Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,10$). Kruskal Wallis

quitina presentaron el mayor número de cabecitas diferenciándose del tratamiento inoculado con el té de vermicompost de broza. Contrario a lo esperado, la adición de quitina a los té de vermicompost no produjo un efecto supresivo sobre el patógeno, así como tampoco la alta cantidad de microorganismos inoculados en el té inhibió el desarrollo de la enfermedad.

Es probable que el uso de estos té favoreciera la mojadura de la hoja y con ello el desarrollo de las lesiones, al permanecer una película de líquido por un mayor tiempo que en el tratamiento testigo. Granados (2015) indica que la aplicación de tratamientos que favorezcan la mojadura foliar puede beneficiar el desarrollo de la enfermedad. Según indica Barquero (2012),

se necesita al menos 15 horas de mojadura foliar para el progreso de la enfermedad.

Por otro lado, el uso de aditivos como la melaza puede en algunos casos favorecer el crecimiento del patógeno. Al respecto, Scheuerell y Mahaffee (2004) encontraron que la adición de 0,01 a 0,30% de melazas a un té aerado redujo la supresión del mismo. Por su parte, Fritz *et al.* (2012) encontraron, mediante análisis de la comunidad microbiana por medio de la técnica de Electroforesis en gel de gradiente desnaturante (DGGE por sus siglas en inglés), que la composición microbiológica del té fue influenciada por la fuente de C utilizada, los autores identificaron la adición de C como un factor de gran relevancia. Debido a que los compost son materiales microbiológicamente diversos, los aditivos utilizados para producir té de compost actúan como fuerzas selectivas que afectan la diversidad microbiana (Scheuerell y Mahaffee 2002).

Efecto de lixiviados de vermicompost sobre el ojo de gallo

La adición de los lixiviados de vermicompost de broza aumentó significativamente la población de bacterias y lactobacilos en la

superficie de la hoja, en comparación con el lixiviado de vermicompost de estiércol bovino y el testigo, lo que coincide con la mayor cantidad de lactobacilos encontrados en los lixiviados de vermicompost de broza que en el de origen bovino. Al respecto, se obtuvo una correlación negativa (-0,97, $r^2=0,93$) entre el pH del lixiviado y la población de lactobacilos en la hoja. Por otro lado, la población de actinomicetes fue significativamente mayor en las hojas de café inoculadas con el lixiviado de vermicompost de broza con camarón, que en las inoculadas con el testigo y con el lixiviado de vermicompost de estiércol bovino (Figura 4). Únicamente el tratamiento con el lixiviado de origen bovino aumentó significativamente la población de levaduras con respecto al testigo, mientras que no se presentaron diferencias significativas en la población de hongos.

En este ensayo, la infección de las hojas de café por *M. citricolor* fue más baja en el tratamiento testigo, comparado con los resultados obtenidos en las pruebas de supresión con los tés de vermicompost, a pesar de que se mantuvieron condiciones similares a las utilizadas para los otros ensayos. Esto se debe probablemente, a la pérdida de capacidad infectiva de los hongos mantenidos en laboratorio (Granados 2015).

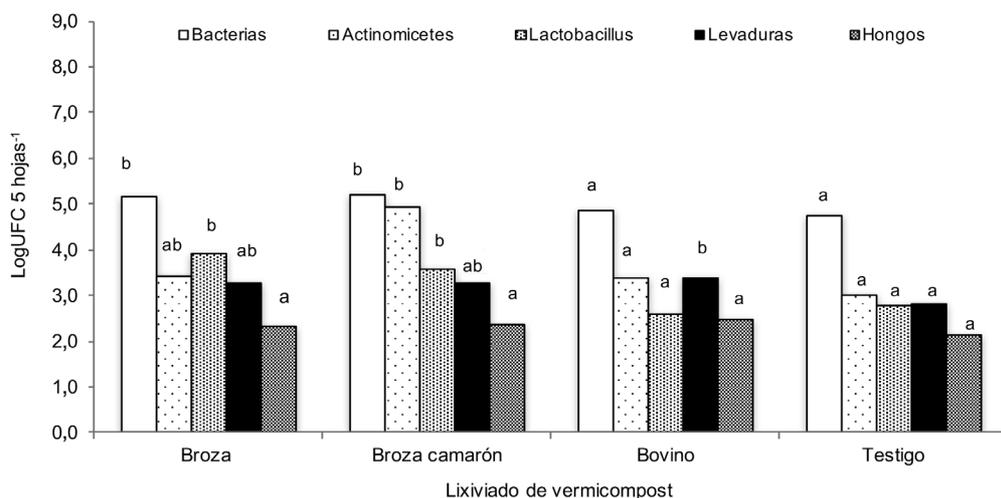


Fig. 4. Población de microorganismos en hojas de café tratadas con lixiviados de vermicompost.

La aplicación de los lixiviados de vermicompost sobre las hojas de cafeto no tuvo un efecto significativo sobre la incidencia, severidad y número de hojas con lesión (Cuadro 5), sin embargo, se observa una tendencia a un menor porcentaje de hojas enfermas en los tratamientos inoculados con los lixiviados de vermicompost

de broza y de broza con camarón. Estos mismos tratamientos no presentaron lesiones con gemas, diferenciándose significativamente del testigo. Este efecto podría deberse a la presencia en los lixiviados de microorganismos antagonistas y químicos antimicrobianos (Litterick *et al.* 2004, Gutiérrez-Miceli *et al.* 2008).

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de los lixivados de vermicompost de broza sobre el desarrollo de la enfermedad en hojas de cafeto.

Lixiviado de vermicompost	Incidencia* %	Severidad* %	Hojas con lesión**	Lesiones**	Lesiones con gemas**	Gemas/lesión**
Broza café	4 a	1,2 a	1,0 a	2,0 a	0,0 a	0,0 a
Broza camarón	8 a	0,8 a	2,6 a	2,6 a	0,0 a	0,0 a
Estiercol bovino	16 a	1,3 a	5,4 a	6,0 a	0,4 ab	1,0 ab
Testigo	24 a	0,8 a	5,6 a	5,6 a	1,6 b	17,0 b

*Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

**Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,10$). Kruskal Wallis

Muchos de los géneros de microorganismos residentes en la superficie de las hojas presentan actividades de biocontrol que pueden reducir la enfermedad de las plantas (Barh *et al.* 2015). La adición de lactobacilos en los lixiviados a base de broza de café pudo afectar de manera negativa la presencia del hongo; estas bacterias se encuentran naturalmente en las superficies de las plantas y pueden competir por espacio y nutrientes o producir metabolitos secundarios.

Por otro lado, es posible que el alto pH encontrado en los lixiviados, contribuyó al efecto sobre la formación de gemas. Al respecto Mora *et al.* (1997), consideran entre las estrategias de control de Ojo de Gallo la alcalinización del medio con NaOH, para lograr un pH superior a 8 en el caldo de atomización junto con la mezcla de fungicidas protectores y curativos aplicados. Los autores encontraron un mejor comportamiento en el combate del hongo cuando se utilizó el pH 8

con una mayor retención de hojas, una marcada disminución de la incidencia del patógeno y de la reinfección (control del inóculo secundario).

Ya que el uso de lixiviados de vermicompost de broza, broza con camarón y del té de vermicompost de estiércol bovino podrían tener un efecto inhibitorio sobre las cabecitas, es de gran importancia realizar estudios en planta a fin de determinar si estos productos pueden ser utilizados como inhibidores de la producción de gemas.

AGRADECIMIENTOS

La investigación fue financiada por los proyectos VI-733-A9-012 y VI-813-B1-551.

LITERATURA CITADA

Al-Mughrabi, KI; Bertheleme, C; Livingston, T; Burgoyne, A; Poirier, R; Vikram, A. 2008. Aerobic compost

- tea, compost and a combination of both reduce the severity of common Scab (*Streptomyces scabiei*) on Potato tubers. *Journal of Plant Sciences* 3(2):168-175.
- Arancon, NQ; Edwards, CA; Dick, R; Dick, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle* 48:51-52.
- Arauz, LF. 2011. Fitopatología un Enfoque Agroecológico. 2 ed. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 519 p.
- Artavia, S; Uribe, L; Saborío, F; Arauz, LF; Castro, L. 2010. Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquizque (*Xanthosoma sagittifolium*). *Agronomía Costarricense* 34(1):17-29.
- Barh, D; Khan, MS; Davies, E. 2015. Plant Omics: The omics of plant science. New Delhi, India, Springer. 825 p.
- Barquero, M. 2007. Algunas consideraciones sobre el ojo de gallo. *Revista informativa del Icafé* 1:11-15.
- Barquero, M. 2012. Sistema de alerta temprana para el ojo de gallo. *Revista informativa Icafé* 2 6:2-4.
- Blakeman, JP; Fokkema, NJ. 1982. Potential for biological combat of plant disease on the phylloplane. *Annual Reviews Phytopathology* 20:167-192.
- Bollo, E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Quito, Ecuador. Soboc Grafic. 149 p.
- Carvajal, BF. 1939. Ojo de gallo (*Omphalia flavida*). *Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica* 7 (52):535-576.
- Castello, P; Celano, G; Zaccardelli, M. 2014. Metabolic patterns of bacterial communities in aerobic compost teas associated with potential biocontrol of soilborne plant diseases. *Phytopathologia Mediterranea* 53(2):277-286.
- Castro, L; Flores, L; Uribe, L. 2011. Efecto del vermicompost y quitina sobre el control de *Meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero. *Agronomía Costarricense* 35(2):21-32.
- Chaves, OC. 1996. Características biológicas del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo del café en Costa Rica y su control. Hojas divulgativas. San José, CR. Sandoz Agro S. A. 4 p.
- Cohen, E. 2001. Chitin synthesis and inhibition: a revisit. *Pest Management Science* 57:946-950.
- Di Rienzo, JA; Casanoves F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. INFOSTAT versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
- Diáñez, F; Santos, M; Tello, JC. 2007. Suppressive effects of grape marc compost on phytopathogenic oomycetes. *Archives of phytopathology and plant protection* 40(1):1-18.
- Domínguez, J; Edwards, E; Subler, S. 1997. A comparison of vermicomposting and composting. *BioCycle* 38(4):57-59.
- Durán, L; Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- Echeverri, RJ. 1997. ¿Cómo vivir con el ojo de gallo? I Parte. *Noticiero del Café Costa Rica* 100:1-4.
- Edwards, CA; Arancon, NQ; Greytak, S. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *Biocycle* 47(5):28.
- Farfán, DM; Gutiérrez, C. 2009. Determinación de la actividad quitinolítica de cepas nativas de actinomicetos y su efecto antagonico sobre microorganismos fitopatogenos. Tesis de grado Microbiología Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 154 p.
- Ferruzi, C. 1994. Manual de lombricultura. Madrid, España, Mundi-Prensa. 137 p.
- Fortis-Hernández, M; Leos-Rodríguez, JA; Preciado-Rangel, P; Orona-Castillo, I; García-Salazar, JA; García-Hernández, JL; Orozco-Vidal, JA. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana* 27(4):329-336.
- Fritz, JI; Franke-Whittle, IH; Haindl, S; Insam, H; Braun, R. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian journal of microbiology* 58(7):836-847.
- García, RC; Dendooven, L; Gutierrez, FA. 2008. Vermicomposting leachate (Word Tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *Assian Journal for Plant Sciences* 7(4):360-367.
- Garg, VK; Gupta, R. 2009. Vermicomposting of agro-industrial processing waste. In *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*. Netherlands. Springer p. 431-456.
- González, M. 2003. Cultivo in vitro de Ojo de gallo. Hoja Técnica. N° 44. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica). (67):91-93.
- Granados, MM. 2015. Estudio de la epidemiología y alternativas de manejo agroecológico del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café bajo sistemas agroforestales en Costa Rica. Sistema de Estudios de Posgrado, Programa de Doctorado en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible. 205 p.
- Gutiérrez-Miceli, FA; García-Gómez, RC; Rosales, RR; Abud-Archila, M, Angela, OLM; Cruz, MJG.; Dendooven, L. 2008. Formulation of a liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresource technology* 99(14): 6174-6180.
- Hoitink, HAJ; Stone, AG; Han, DJ. 1997. Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. *Agronomía Costarricense* 21(1):25-33.

- ICAFAE (Instituto del Café de Costa Rica). 2011a. Guía Técnica para el Cultivo del Café. ICAFAE-CICAFAE. Heredia, Costa Rica. 2011. 72 p.
- ICAFAE (Instituto del Café de Costa Rica). 2011b. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. Preparado en el Instituto del Café de Costa Rica para los Delegados al XL Congreso Nacional Cafetalero Ordinario San José, Costa Rica 4 de diciembre, 2011. 35 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos, Costa Rica). 2015. VI Censo Nacional Agropecuario 2014. Resultados generales. INEC-MAG. 42 p.
- Larco, E. 2004. Preparación de lixiviados de compost y lombricompost. Hoja Técnica N° 49. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) N° 73. 79-82 p.
- Lazcano, C; Gómez-Brandón, M; Domínguez, J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 72:1013-1019.
- Litterick, AM; Harrier, L; Wallace, P; Watson, CA; Wood, M. 2004. The role of uncomposted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production A Review. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23(6):453-479.
- López, LM. 1994. Uso de entomopatógenos y parasitoides como control biológico de plagas y enfermedades en el cultivo del café. MAG, Costa Rica. 97 p.
- Lorch, HJ; Benckieser, G; Ottow, JCG. 1995. Basic methods for counting microorganisms in soil and water, pp 146-191. In: Alef, K; Nannipieri, P. (eds.). *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. Academic Press.
- Mansour, FS; El-Sayed, GAM. 2011. Soil amendment and seed treatments with compost tea as alternative fungicide for controlling root rot disease of bean plants. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 21(1):19-26.
- Marín, F; Diane, F; Santos, M; Carretero, F; Castañeda, C; Navarro, MJ. 2014. Control of *Phytophthora capsici* and *Phytophthora parasitica* on pepper (*Capsicum annuum* L.) with compost teas from different sources, and their effects on plant growth promotion. *Phytopathologia Mediterranea* 53(2):216-228.
- Marín, F; Santos, M; Diáñez, F; Carretero, F; Gea, FJ; Yau, JA; Navarro, MJ. 2013. Characters of compost teas from different sources and their suppressive effect on fungal phytopathogens. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 29(8):1371-1382.
- Mora, F. 1987. Combate Biológico del Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) Berk y Curt Saac, en café mediante bacterias antagonistas. Tesis Lic. San José, CR. UCR. 56 p.
- Moreno-Caselles, J; Moral, R; Perez-Murcia, R; Perez-Espinosa, A; Rufete, B. 2002. Nutrient value of animal manures in front of environmental hazards. *Communications In Soil Science And Plant Analysis* 33(15-18):3023-3032.
- Nath, G; Singh, K; Singh, DK. 2009. Chemical analysis of vermicomposts/vermiwash of different combinations of animal, agro and kitchen wastes. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(4):3672-3676.
- Oka, Y. 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendment. A review. *Applied Soil Ecology* 44(2):101-115.
- Osorio, L.; Patiño, LF; Bustamante, E; Rodríguez, P. 2004. Selección y evaluación de bacterias quitinolíticas provenientes de la zona de Urabá, para el control de la Sigatoka Negra. *Boletín Técnico de Cenibano* 6:8-13.
- Otero, O. 2010. Producción y evaluación de vermicomposta en Hormigueros Sierra Nanchitilla, México. Tesis de Lic. Ciencias Ambientales. México. Universidad Autónoma del Estado de México. 52 p.
- Paul, E.; Clark, F. 1996. *Soil microbiology and biochemistry*. 2 ed. San Diego, CA, USA, Academic Press. 340 p.
- Preciado, P; Fortis, M; García, JL; Rueda, E; Esparza, JR; Lara, A; Segura, MA; Orozco, J. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36(9):689-693.
- PROCOMER (Promotora Comercio Exterior, Costa Rica). 2015. Estadísticas de comercio exterior de Costa Rica 2014. PROCOMER. 239 p.
- Rao, DV; Tewari, JP. 1988. Suppression of the symptoms of American leaf spot of coffee with calcium hydroxide. *Plant disease* 72(8):688-690.
- Rodríguez, E; Gamboa, MM; Hernández, F; García, JD. 2005. *Bacteriología General*. San José, Costa Rica, Editorial Universidad de Costa Rica. 370 p.
- Rodríguez, R; Morgan, G. 1987. Biological control of nematodes: Soil amendments and microbial antagonist. *Plant and Soil* (100):237-247.
- Salazar, LM; Patiño, LF; Bustamante, E. 2006. Sustratos foliares para el incremento de bacterias quitinolíticas y glucanolíticas en la filósfera de banano. *Revista Facultad Nacional de agronomía-Medellín* 59(2):3449-3465.
- Sastoque, L; Mercad, M; Martínez, MM; Quevedo, B; Pedroz, AM. 2007. Producción de quitinasas extracelulares con una cepa alcalófila halotolerante de *Streptomyces* sp., aislada de residuos de camarón. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* 6(2):137-146.
- Scheuerell, SJ; Mahaffee, W. 2002. Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Compost Science and Utilization* 10(4):313-338.

- Scheuerell, SJ. 2003. Understanding how compost tea can control disease. *Biocycle Journal of composting and organic recycling*. BioCycle 44(2):20-26.
- Scheuerell, SJ; Mahaffee, WF. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 94(11):1156-1163.
- Scheuerell, SJ; Mahaffee, WF. 2006. Variability associated with suppression of gray mold (*Botrytis cinerea*) on geranium by foliar applications of nonaerated and aerated compost teas. *Plant Disease* 90(9):1201-1208.
- Siles, J. 1997. Producción de abono orgánico con pulpa de café mediante el lombricompostaje. CATIE. Postgrado, Turrialba, Costa Rica. 93 p.
- Soil And Plant Analysis Council. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. Ed. K Yash. CRC Press. Washington DC. 320 p.
- Tewari, JP. 1990. Mecanismo de patogénesis del ojo de gallo causado por *Mycena citricolor*. Taller regional sobre roya, ojo de gallo y otras enfermedades del café. Resúmenes IICA-PROMECAFE, Costa Rica. 48 p.
- TMECC (Test methods for the examination of composting and compost, USA). 2002. The Composting Council Research and Education Foundation. Disponible en: <http://www.compostingcouncil.org>
- Uribe, L; Arauz, LF; Mata, M; Meneses, G; Castro, L. 2009. Efecto del vermicompostaje sobre las poblaciones de *Colletotrichum acutatum* y *Pectobacterium carotovorum* presentes en residuos de plantas. *Agronomía Costarricense* 33(1):91-101.
- Vargas, E; Vargas, A; Umaña, G; Gonzalez, M. 1990. Descripción de *Mycena citricolor* (Berk. y Curt) Sacc. Taller Regional sobre roya, ojo de gallo y otras enfermedades del café. San José, CR, UCR. 48 p.
- Vargas, E. 1996. Opciones al uso de fungicidas en el combate del ojo de gallo en café. In: Memoria X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, III Congreso Nacional de Fitopatología, II Congreso Nacional de Suelos. San José, Costa Rica. Editorial EUNED. Volumen II. pp 3-6.
- Vargas, LG. 2004. Bases epidemiológicas para el desarrollo de un sistema de pronóstico en Ojo de Gallo (*Mycena citricolor* Berk. Y Curt) Sacc. en café (*Coffea arabica*). Tesis MSc. San José, CR. UCR. 118 p.
- Villegas, W. 2011. Caficultores se preparan ante el cambio climático. *Revista informativa ICAFE* 1-2011 5 (1):7-8.
- Wang, A; Arauz, LF. 1999. Aplicación de principios epidemiológicos para el combate de ojo de gallo en café. In Memoria XI congreso Agronómico/IV congreso Nacional de Fitopatología. p. 9-12.
- Wang, A; Avelino, J. 1999. El ojo de gallo del café *Mycena citricolor*. In Desafíos de la caficultura en Centroamérica. Centro de Investigación en Protección de Cultivos, Universidad de Costa Rica. Centre de Cooperatio Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement, France. IICA-PROMECAFE. Bertrand, B; Rapidel, B. (eds.). p 243-260.
- Wobbrock, JO; Findlater, L; Gergle, D; Higgins, JJ. 2011. The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only anova procedures. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems p. 143-146. ACM.
- Wollum, AG. 1982. Cultural methods for soil microorganisms. In: Page, AL; Miller, R.H; Keeney, KR (eds.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. pp. 781-802. ASA y SSSA.



