

**Té de compost como control de Mildiu Lanoso
(*Peronospora belbahrii*) y suplemento
nutricional en Albahaca Dulce (*Ocimum
basilicum* -var. Genovese-)**

Olivier Francescangeli Moscoso

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Té de compost como control de Mildiu Lanoso
(*Peronospora belbahrii*) y suplemento
nutricional en Albahaca Dulce (*Ocimum
basilicum* -var. Genovese-)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Olivier Francescangeli Moscoso

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2013

Té de compost como control de Mildiu Lanoso (*Peronospora belbahrii*) y suplemento nutricional en Albahaca Dulce (*Ocimum basilicum* -var. Genovese-)

Olivier Francescangeli Moscoso

Resumen: Existe una fuerte tendencia hacia las alternativas agro-ecológicas de los fertilizantes y plaguicidas sintéticos debido al impacto que tienen en el medio ambiente y en la sociedad. El té de compost es una herramienta que ha probado ser muy efectiva para controlar algunos patógenos y ha tomado fuerza durante los últimos años. El objetivo principal de este estudio fue evaluar su efectividad para suprimir la incidencia de *Peronospora belbahrii*, un oomiceto causante de la principal enfermedad en albahaca orgánica en Zamorano donde no se ha encontrado una alternativa a los fungicidas. Se fabricó una máquina para elaborar el té y se evaluaron aplicaciones foliares de este y foliares + suelo junto con *Bacillus subtilis*, ácido salicílico y ácido peracético en dos experimentos continuos de cuatro semanas cada uno. Se inocularon las plantas con el patógeno, se hicieron aplicaciones de los tratamientos y mediciones de la incidencia semanal además del rendimiento al final de cada experimento. Se usó un diseño de bloques completamente al azar, cuatro repeticiones y 10 plantas por repetición. Las medias se separaron con la prueba de Tukey al 5%. El té de compost aplicado foliar solo difirió significativamente en una de las ocho semanas con el control, el té aplicado foliar y al suelo fue significativo en dos de las ocho semanas con el control y el resto de tratamientos no fueron significativos en ninguna semana. En rendimiento, el té de compost foliar + suelo fue significativamente mayor con 48.23 ± 6.2 g/planta en el primer experimento y mayor en el segundo aunque sin diferencias estadísticas. Se atribuyó la falta de efectividad del té de compost a niveles altos de aditivos que causaron excesos de microorganismos y por ende condiciones anaeróbicas que afectaron la calidad final y su habilidad supresiva. Se debe hacer más investigación para mejorar la calidad del té de compost y entender mejor como difiere su acción con diferentes patógenos además de probar nuevas alternativas para el control de este oomiceto que causa pérdidas económicas severas a la industria.

Palabras clave: Agricultura orgánica, control biológico, fertilizante, microorganismos, oomiceto.

Abstract: Growing concern on the use of inorganic fertilizers and pesticides has pushed investigators to find agro-ecological alternatives due to the impact on our environment and agriculture overall. Compost tea is a tool that has proven to be effective in controlling different plant pathogens and has developed much research in recent years. The aim of this study was to evaluate its effectiveness in suppressing *Peronospora belbahrii*, an oomycete responsible for the most common disease on organic basil produced in Zamorano where no alternatives to fungicides have yet been found. A compost tea brewer was built, foliar and foliar + soil applications were evaluated as well as *Bacillus subtilis*, salicylic acid and peracetic acid in two continuous experiments of four weeks each. Plants were inoculated with the pathogen; treatment applications as well as disease severity evaluations were made weekly and yield was recorded at the end of each experiment. A randomized block design was used with four repetitions consisting of ten plants each. Means separation was performed with Tukey ($P < 0.05$). Foliar spraying of compost tea reduced disease severity significantly comparing to the no application control in only one of the eight weeks and foliar + soil spraying did so in only two of the eight weeks. The other treatments were not different from the control. Foliar + soil spraying of compost tea had significant higher yields in the first experiment with 48.23 ± 6.2 g/plant and higher but not significant yields in the second experiment. Compost tea lack of suppressiveness was in part attributed to elevated microorganism food levels during the brew causing high microorganism growth resulting in fast oxygen consumption which could account for lower compost tea quality. Further research is needed in order to optimize compost tea quality with this brewer and better understand how its action differs among different pathogens. New alternatives need to be studied for controlling this pathogen which accounts for significant economic losses in the industry.

Key words: Biological control, fertilizer, microorganisms, oomycete, organic agriculture.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Contenido	v
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	vi
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
4 CONCLUSIONES.....	21
5 RECOMENDACIONES.....	22
6 LITERATURA CITADA.....	23

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Tratamientos evaluados en las semanas 1-4.....	11
2. Tratamientos evaluados en las semanas 5-8.....	11
3. Cantidad de hojas infectadas de albahaca dulce –var.Genovese- por <i>Peronospora belbahrii</i> en las semanas 1-4.....	13
4. Porcentaje de incidencia de <i>Peronospora belbahrii</i> en albahaca dulce –var. Genovese- durante las semanas 5-8.....	14
5. Rendimiento promedio en g por planta de albahaca dulce -var. Genovese- en la semana 4.....	18
6. Rendimiento promedio de albahaca dulce -var. Genovese- en la semana 8.....	19

Figuras	Página
7. Máquina de extracción de té de compost: (a) Estructura de PVC con tubos de 0.5 pulg; (b) Bidón de agua de 5 gal; (c) Tubo central de PVC de 4 pulg; (d) Máquina completa y bomba.....	6
8. Funcionamiento y partes del tubo central (PVC): (a) Salida difusor de aire y huecos de recirculación; (b) Tubo central visto desde arriba; (c) Contenedor vacío dentro del tubo central; (d) Contenedor con media nylon y compost dentro del tubo central; (e) Tubo central completo; (f) Recirculación del té a través del tubo central.	7
9. Niveles de oxígeno disuelto durante el ciclo de producción de té de compost	9
10. Variaciones en el pH durante el ciclo de producción de té de compost.	9
11. Cambios en la conductividad eléctrica durante el ciclo de producción de té de compost.....	9
12. Cantidad de hojas de albahaca dulce –var. Genovese- infectadas con <i>Peronospora Belbahrii</i> en el tratamiento con Ácido Salicílico por semana durante las semanas 1-4.....	16

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura actual es muy dependiente del uso de agroquímicos y fertilizantes sintéticos para la producción de cultivos. Cada año se utilizan aproximadamente 119 kg de fertilizantes por hectárea cultivable y más de 2 billones de toneladas de pesticidas (FAO 2012). Esto ejerce una fuerte presión sobre el medio ambiente y está provocando cada vez más cambios negativos como la degradación de suelos y la proliferación de organismos patógenos debido a la eliminación de sus controladores biológicos (Weinberg 2009).

Actualmente, existen alternativas que pueden reducir la dependencia de estos compuestos sintéticos. La utilización de abonos orgánicos y extracciones líquidas es una práctica que se ha venido utilizando desde los años 1920 pero que ha tomado mucha fuerza en los últimos años, especialmente gracias al desarrollo de la agricultura orgánica. Se ha demostrado que estos son capaces de suprimir diferentes enfermedades ya sea en el suelo o en la planta en diferentes cultivos (Ingham 2005a, Scheuerell y Mahaffee 2002, 2004). A pesar de esto, la cantidad de estudios realizados es relativamente baja en comparación a otros tipos de control biológico (Evans *et al.* 2010).

El té de compost es una extracción líquida de compost de la cual se extraen los microorganismos y los nutrientes disponibles de forma aeróbica o anaeróbica. Estas dos formas de extracción tienen diferentes ventajas, sin embargo, la forma aeróbica permite extraer y multiplicar un conjunto de microorganismos más diverso (Ingham 2005b). A pesar de haber diferentes metodologías para la preparación del té de compost aeróbico (Scheuerell y Mahaffee 2002), el principio común es poner el compost en agua con una fuente de oxigenación durante un cierto periodo (24 horas o más) añadiendo aditivos para ayudar a la multiplicación de microorganismos. Estos aditivos pueden ser fuentes de carbohidratos que favorecen la reproducción de bacterias, fuentes de proteína que favorecen la multiplicación de hongos o una combinación de los dos. Además de aplicarse foliarmente, el té se puede aplicar al suelo trayendo múltiples beneficios como mejoras en la actividad biológica de este, aporte de nutrientes y creación de una barrera biológica alrededor de la raíz (Ingham 2005b). Generalmente, las plantas herbáceas anuales aprovechan mejor un té con dominancia bacteriana, y las plantas perennes leñosas prefieren un té con dominancia fúngica (Lowenfels y Lewis 2006). El control de patógenos se logra por diversos motivos. Al haber una carga microbiana tan alta, las hojas y tallos se recubren completamente por lo cual es muy difícil para un patógeno establecerse. Además existe una alta competencia por nutrientes, parasitación directa y emisiones de metabolitos secundarios (Scheuerell 2003).

La planta de Albahaca (*Ocimum basilicum* L.), de la familia Lamiaceae, es una especie originaria del sudeste de Asia que puede ser anual o perenne dependiendo de la variedad y

que tiene una alta importancia ya que es una de las hierbas aromáticas más utilizadas a nivel culinario en el mundo. Se utiliza mucho en la cocina mediterránea debido a su fuerte sabor y su alto contenido de aceites esenciales. Adicionalmente, se ha encontrado que posee propiedades antisépticas y antiinflamatorias, además de una longevidad de hasta diez meses si se almacena bajo condiciones ideales (Sanchez Govin *et al.* 2000).

En la Escuela Agrícola Panamericana, la unidad de Agricultura Orgánica produce este cultivo para la venta local a través del Puesto de Ventas Zamorano durante todo el año. Sin embargo, la producción se reduce considerablemente durante la primera parte del periodo de lluvias que va desde Mayo hasta Agosto. Según experiencias pasadas, esto se debe a la aparición del oomiceto *Peronospora belbahrii* que provoca una enfermedad conocida como Mildiú Lanoso. Este viene de la familia Peronosporaceae, y el género *Peronospora* tiene una gran variedad de especies, de las cuales muchas causan la enfermedad en diferentes plantas. Un ejemplo de esto es *Peronospora destructor* que es uno de los principales patógenos en plantas del género *Allium* como la cebolla y el ajo (Rueda y Shelton 1996). A pesar de ser muy parecidos con los hongos por la producción de hifas y esporangios, los oomicetos difieren de estos en que las paredes celulares no contienen quitina, y en que son diploides (hongos son haploides) (Heffer Link *et al.* 2002). Sin embargo, se descubrió que el modo en el que atacan las plantas es similar (Latijnhouwers *et al.* 2003), motivo por el cual se suelen llamar hongos a los oomicetos.

Peronospora belbahrii requiere de altas humedades relativas (85% o más), temperaturas moderadas (10 a 25 °C) y lluvias prolongadas para esporular (Beckerman 2009). Además, posee un ciclo de vida que dura de 11 a 15 días y la diseminación de esporas por el viento hace que su capacidad de extenderse en el cultivo sea rápida. El oomiceto se establece generalmente en la parte inferior de la hoja y provoca lesiones que pueden llegar a ser muy severas y eventualmente a matar a la planta. El síntoma más visible es la aparición de áreas cloróticas de color verde-amarillento en las hojas que pueden ser fácilmente confundibles con deficiencias nutricionales. Además, el envés de la hoja se cubre de esporas de color gris a violeta y las lesiones pueden llegar a convertirse en tejido necrótico con la posterior muerte de la hoja (McGrath 2013). Todo este ciclo resulta en una reducción considerable de los rendimientos, y puede ser especialmente dañino en la albahaca ya que la producción de esta planta recae completamente en la producción de hojas.

La enfermedad causada por *Peronospora belbahrii* apareció por primera vez en el cultivo de albahaca en Uganda en 1933. El oomiceto se contuvo durante bastante tiempo ahí, hasta que a partir de los años 2000, se encontraron brotes en diversos países como Suiza, Bélgica, Israel, Nueva Zelanda, Camerún y Sudáfrica. En Estados Unidos, su primera aparición fue en el sur de Florida en 2007. Desde entonces, se ha expandido a la mayoría de los Estados Unidos, incluyendo Hawái (Zhang *et al.* 2009). A pesar de que la espora se disemina con bastante facilidad a través del viento, las mayores fuentes de contaminación son la exportación de hojas contaminadas de albahaca al igual que la venta de semillas contaminadas. Estados Unidos importa el 20% de su consumo de este producto y se demostró que el patógeno presente en este país es igual genéticamente al encontrado en Suiza al 100% (McGrath 2013).

Existen diferentes estudios que han demostrado la efectividad del té de compost para suprimir enfermedades. Scheuerell y Mahaffee (2004) hicieron un estudio completo evaluando los efectos de aireación, uso de aditivos y la composición del compost sobre la eficacia del té en controlar *Pythium ultimum* causante de la podredumbre de raíces en pepino. Concluyeron que todas las combinaciones reducían significativamente la enfermedad pero que la combinación de aditivos era más determinante que la composición del compost. El efecto de la aireación en la incidencia de *Botrytis cinerea* en fresas fue investigado por Welke (2004) quien encontró que los dos tipos de té (aeróbico y anaeróbico) suprimían la enfermedad pero que el aeróbico generaba mayores rendimientos. Asimismo, en Australia, se probó que el uso de diferentes preparaciones de té de compost a partir de compost inmaduro es efectivo para limitar la colonización de este hongo causante de la enfermedad del moho gris en frijol (Evans *et al.* 2010). El uso de cinco diferentes fuentes de compost extraídas en dos tipos de líquidos (agua y suero de leche) fue probado *in vivo* e *in vitro* para reducir la incidencia de *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* y *Pyrenochaeta lycopersici* en tomate. Se encontró que todas las combinaciones lograban reducir significativamente la incidencia de los tres patógenos (Pane *et al.* 2012). Igualmente, un estudio realizado en dos variedades de uvas, demostró una considerable reducción en la expansión de Mildiú Polvoso causado por *Erysiphe necator*. Las plantas fueron inoculadas 7 días previos a la aplicación de té de compost y los resultados mostraron incidencias menores a 1% en las plantas tratadas con té contra 24% y 79% en las plantas control (Evans *et al.* 2012). Otro estudio sobre Mildiú Polvoso en melón, causado por *Golovinomyces cichoracearum* DC, demostró que el uso de té de compost (usando ácidos húmicos y levadura como aditivos) retrasó el establecimiento de la enfermedad e inhibió la enfermedad a niveles comparables con un fungicida comercial (Naidu *et al.* 2012).

De la misma forma, diferentes experimentos encontraron que no hay resultados significativos al usar té de compost para inhibir ciertas enfermedades. Un estudio comparó el uso de fungicidas sintéticos en base a cobre y productos orgánicos como el té de compost, entre otros, para controlar *Septoria lycopersici* en tomate demostraron que los fungicidas sintéticos eran significativamente más efectivos en reducir la incidencia y resultaron en un 60% de incremento en la producción (Joslin *et al.* 2004). La continuación de este estudio demostró que el té de compost no tuvo ningún efecto en controlar este hongo (Bates 2007). Un estudio fue realizado por Al- Mughrabi (2006) para determinar el efecto antagónico del té de compost en diferentes enfermedades foliares y del suelo en el cultivo de la papa. La aplicación al suelo y foliar de té fue el tratamiento que obtuvo un incremento en la incidencia de *Phytophthora infestans* y los tratamientos que involucraron el uso de té de compost presentaron *Helminthosporium solani* y *Rhizoctonia solani*. Además, ningún tratamiento tuvo ningún efecto en el control de *Fusarium* sp, *Alternaria solani*, *Streptomyces scabiei* y *Erwinia carotovora* sub. *Carotovora*. El uso de té de compost fue inefectivo para controlar *Alternaria tomatophila* causante de Tizón Temprano en campo pero demostró ser efectivo para controlar este mismo patógeno bajo invernadero y en laboratorio (Kouyoumjian 2007). Este estudio refuerza claramente la variabilidad que existe al utilizar té de compost para suprimir enfermedades.

Además de los estudios sobre el control de patógenos, existen estudios sobre el posible aporte nutricional que puede traer el té de compost. Una investigación realizada en Chile

sobre el efecto de diferentes combinaciones de compost con o sin té de compost y otros fertilizantes en Raigrás perenne (*Lolium perenne*), demostró que el té solo no tenía ningún efecto en comparación con el control pero concluyeron que al combinar este con alguna fuente de carbono (compost o estiércol bio-estabilizado), se lograba la mayor eficiencia de uso de nitrógeno entre todos los tratamientos (Hirzel *et al.* 2012). Un estudio similar fue realizado en fresas, donde se evaluó el efecto nutricional del té de compost anaeróbico comparado con dos diferentes fuentes de compost y fertilizantes inorgánicos. Los resultados mostraron que, en general, el aporte de macro y micronutrientes fue muy similar entre tratamientos, a pesar de haber ciertas diferencias en algunos elementos como el potasio, donde el aporte al suelo de los otros tratamientos fue mayor que el del té de compost (Hargreaves *et al.* 2009).

Si se pudiera controlar el daño de este oomiceto, la producción de albahaca en el módulo de Agricultura Orgánica sería mayor. Por esto, el objetivo principal del estudio es evaluar el uso de té de compost y otros tratamientos orgánicos para suprimir o reducir la incidencia de este patógeno sobre el cultivo. Debido a que no existía un sistema para la extracción de té de compost en Zamorano, se puede convertir en una excelente herramienta para el manejo de plagas y como restaurador de la microbiología de los suelos. Esto, debido a que el alto uso de maquinaria y pesticidas afecta la microbiología de los suelos por lo que la inoculación de estos con microorganismos en altas cantidades, puede ayudar a su rehabilitación. Es por esto que otro de los objetivos del estudio es fabricar una máquina que sea eficiente en la extracción de té de compost para lograr una cantidad y calidad de microorganismos óptima.

Por otro lado, al extraer los microorganismos del compost, extraemos también los nutrientes disponibles en el compost, lo cual mejora los rendimientos. Se quiere evaluar entonces, que tan bueno es el té de compost como suplemento nutricional.

Adicionalmente, este estudio puede abrir las puertas para muchos años de investigación ya que, el té de compost tiene muchas variables que pueden cambiar su eficiencia. Dependiendo del tipo de aditivos y del tiempo de extracción que se usen, se puede cambiar la composición microbiológica del té y esto puede traer diferentes beneficios en el suelo y en la planta. Se espera entonces, impulsar en Zamorano el uso de estos tipos de tecnología agro-ecológica que sustituyen en parte el uso de químicos y fertilizantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo entre los meses de Julio a Septiembre del 2013, en la Unidad de Agricultura Orgánica de Zamorano, Honduras. El lugar está localizado a 30 km al este de Tegucigalpa, a 800 msnm con una precipitación promedio anual de 1200 mm y una temperatura promedio de 25 ± 2 °C.

Fabricación de máquina de té de compost y principios de funcionamiento. Para la elaboración de este extractor, se utilizó como base el “simple airlift – Vortex ” (Wilson s.f). El principio de este es tener una fuente de aireación desde la base para poder crear una columna de agua oxigenada que recaiga dentro del tanque de agua, logrando así una circulación continua y uniforme. Para esto, se utilizó un bidón plástico de cinco galones como tanque de agua que contiene un tubo central de policloruro de vinilo (PVC) de cuatro pulgadas, todo sobre estructura fabricada a medida con de tubos de PVC de 0.5 pulgadas (Figura 1). El tubo central de PVC tiene hoyos de 0.5 pulgadas en la base y al final del tubo para la recirculación de agua y un difusor de aire en la base conectado a una bomba de aire (112 Watts, 110 L/min, 0.035 Mpa presión) (ActiveAQUA, Hydrofarm Horticultural Products, Petaluma, CA, Estados Unidos).

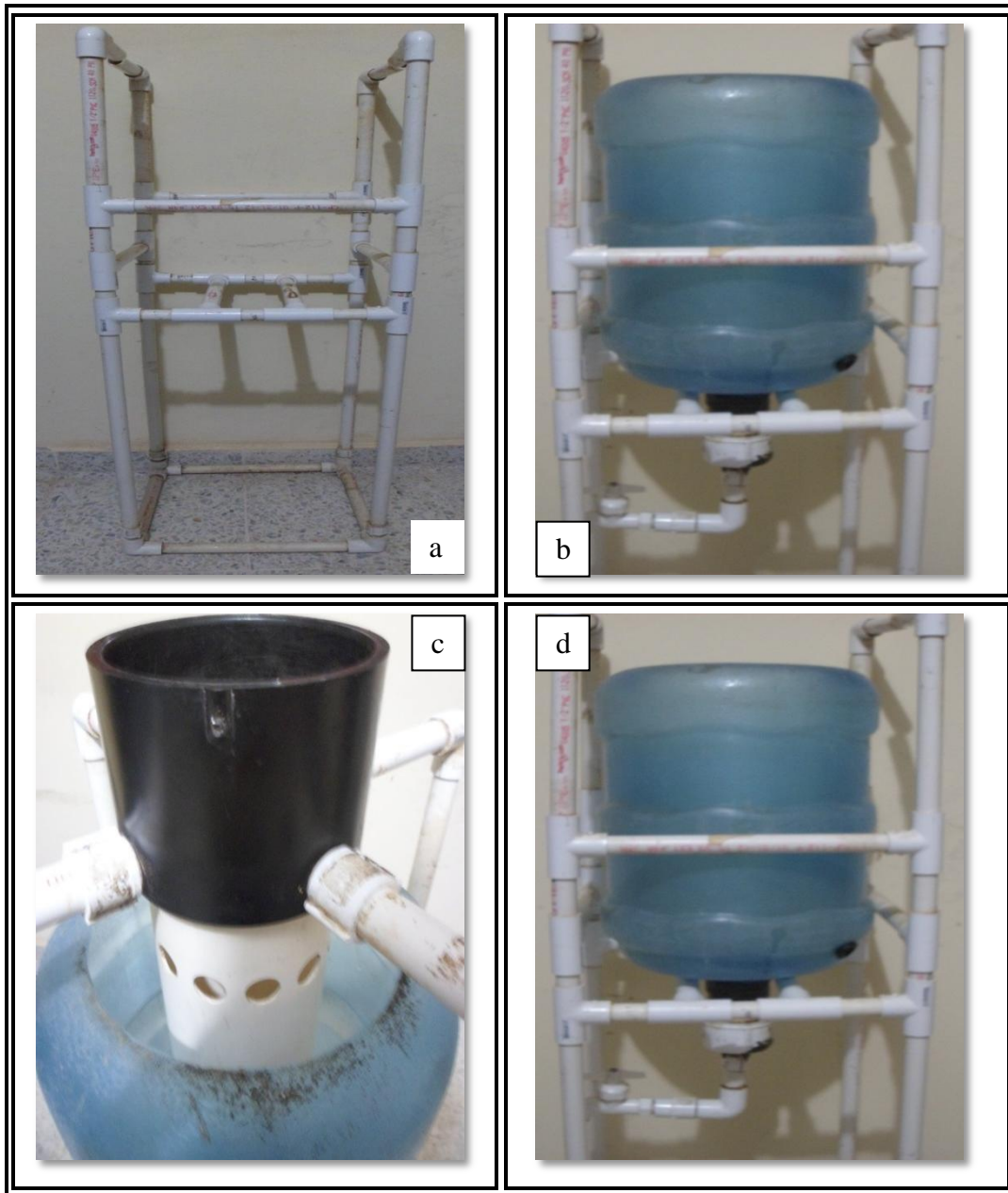


Figura 1. Máquina de extracción de té de compost: (a) Estructura de PVC con tubos de 0.5 pulg; (b) Bidón de agua de 5 gal; (c) Tubo central de PVC de 4 pulg; (d) Máquina completa y bomba.

El principio de extracción de los microorganismos y nutrientes disponibles funciona debido a que el compost se encuentra en el tubo central dentro de una media nylon en un contenedor con huecos; cuando el agua y burbujas de aire que salen de la base pasan por este tubo con presión, fuerzan la separación mecánica de las partículas de compost, extrayendo así los microorganismos y compuestos minerales. Al llegar arriba del tubo central, estos caen al tanque de agua, logrando una recirculación uniforme (Figura 2).



Figura 2. Funcionamiento y partes del tubo central (PVC): (a) Salida difusor de aire y huecos de recirculación; (b) Tubo central visto desde arriba; (c) Contenedor vacío dentro del tubo central; (d) Contenedor con media nylon y compost dentro del tubo central; (e) Tubo central completo; (f) Recirculación del té a través del tubo central.

Producción de té de Compost. Se produjeron cinco galones de té de compost semanalmente. Debido a que es necesario eliminar el cloro del agua (Ingham 2005b), esta se aéreo en la máquina una hora previo a la producción de té de compost. Se midió con un kit de medición de cloro (pH and Chlorine test kits R151083, Pentair, Los Angeles, California, Estados Unidos) que este tiempo es suficiente para eliminar los 3 mg/L (ppm) de cloro que contiene el agua potable de Zamorano.

El requerimiento principal para la efectividad del té de compost, es la reproducción eficiente de los microorganismos. Se utilizó como fuente de estos una libra de una mezcla de 25% de compost, 25% de vermicompost, 25% de bocashi y 25% de olote descompuesto (todos producidos por la Unidad de Agricultura Orgánica, Zamorano) colocada en una media nylon de 40 denieres como filtro.

Debido a que no existe una aparente relación entre el tipo de microorganismos y la enfermedad exacta a suprimir (Evans *et al.* 2010), se trató de establecer una relación 1:1 entre bacterias y hongos. Para esto, se añadieron 50 gramos de azúcar blanco (El Cañal, CISA, Tegucigalpa, Honduras) y 25 gramos de semolina de arroz (Planta de Concentrados, Zamorano, Honduras) al inicio de la extracción como fuentes de carbohidratos y proteínas respectivamente (Ingham 2005b).

Se determinó, a través de análisis cualitativos en microscopio, que la duración ideal de esta extracción era de 72 horas ya que se obtenían mayores cantidades de microorganismos al igual que mayor diversidad de estos mismos. Se midieron el oxígeno disuelto (YSI 55 Dissolved Oxygen Meter, YSI Incorporated, Yellow Springs, Ohio, Estados Unidos) (Figura 3), pH y conductividad eléctrica (HI 98130 pH and EC meter, Hannah Instruments, Woonsocket, Estados Unidos) (Figura 4 y 5) cada cuatro horas. El error de medición del medidor de oxígeno disuelto es de ± 0.3 mg/L, el del pH es de ± 0.02 unidades y el de la conductividad eléctrica es de $\pm 2.0\%$.

Debido a que la calidad del té se reduce considerablemente desde el momento que se lo saca de la máquina debido a la falta de oxígeno (Ingham 2005b), las aplicaciones se hicieron inmediatamente después de completado el ciclo. Posteriormente, se lavó la máquina por completo con agua solamente evitando dejar cualquier residuo debido a que estos pueden crear condiciones anaeróbicas con patógenos que contaminen el siguiente ciclo de producción (Ingham 2005b).

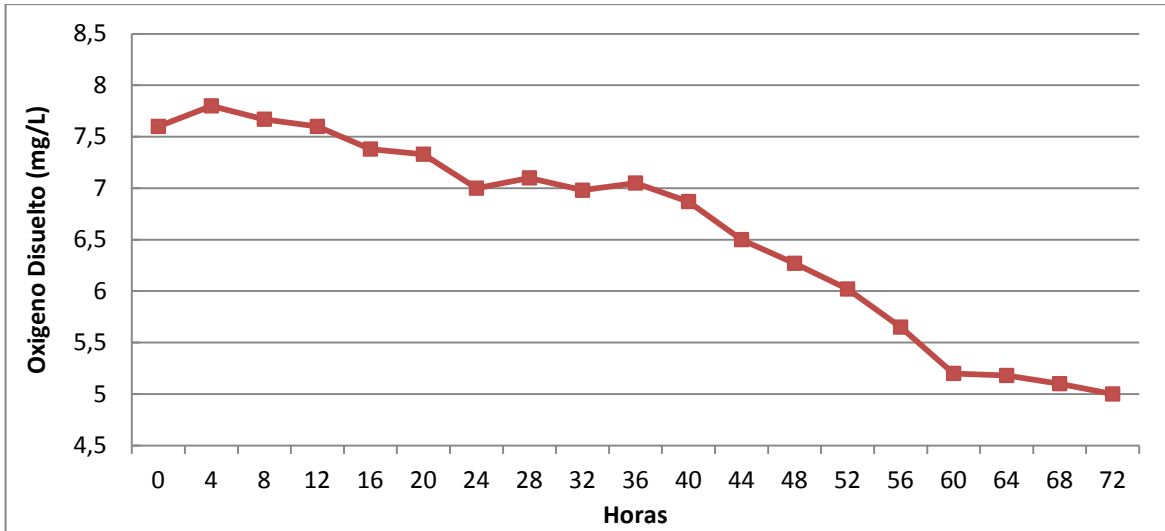


Figura 3. Niveles de oxígeno disuelto durante el ciclo de producción de té de compost

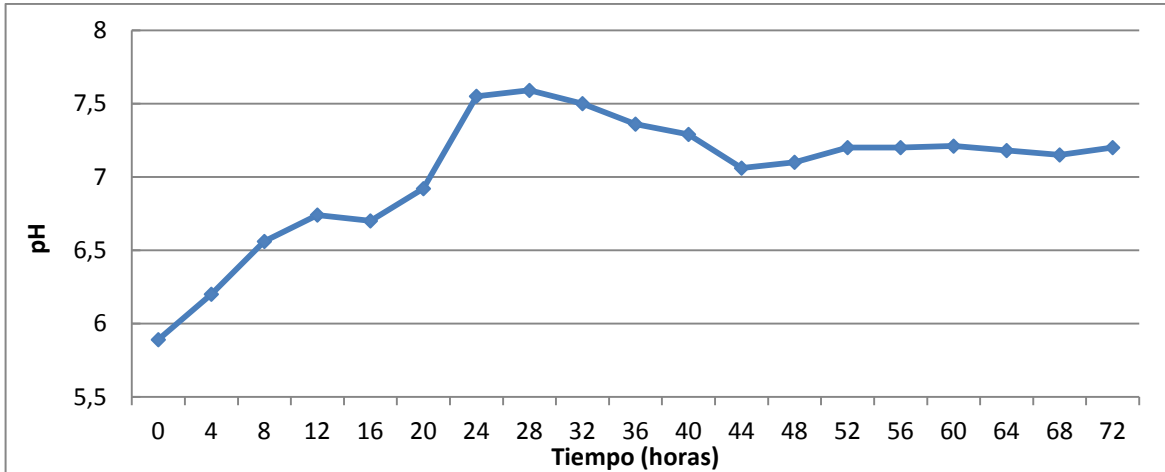


Figura 4. Variaciones en el pH durante el ciclo de producción de té de compost.

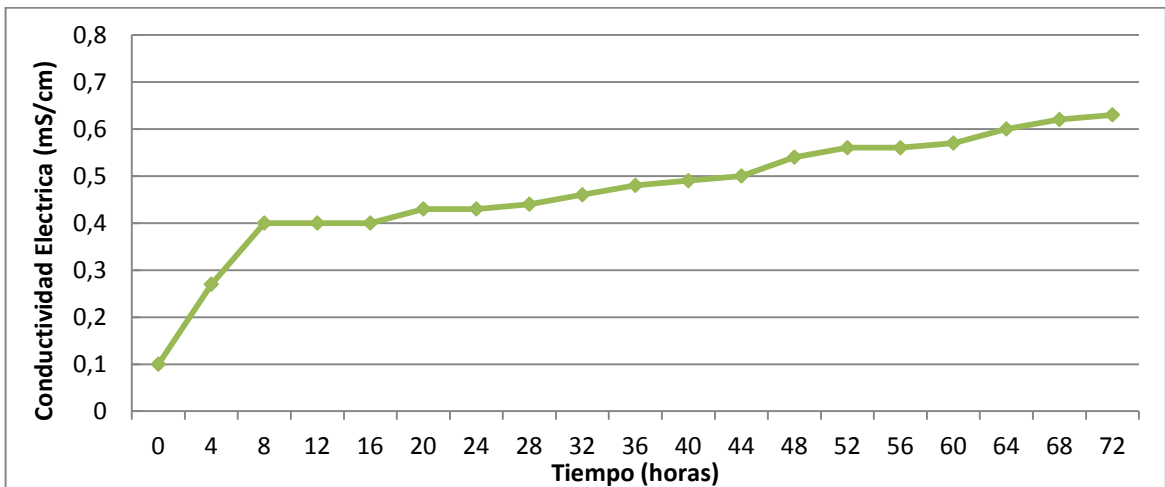


Figura 5. Cambios en la conductividad eléctrica durante el ciclo de producción de té de compost.

Producción de plántulas. La producción de plántulas previo a trasplante se realizó en los invernaderos de producción del Módulo de Ornamentales, Plantas y Propagación de Zamorano. Se sembraron semillas de *Ocimum basilicum* cultivar “Genovesa” de la casa de semillas Johnny’s Selected Seeds en bandejas multiceldas de 62 × 32 cm con capacidad de 200 celdas cada una. En total, se sembraron siete bandejas para garantizar una buena selección y uniformidad de plántulas al momento de trasplante. Estas plántulas pasaron 2 días en cámaras de germinación y 21 días en invernadero.

Diseño Experimental. Se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) donde se evaluaron cinco tratamientos en cuatro bloques dando un total de 20 unidades experimentales. Se utilizaron cuatro bancales (bloques) de 15 × 1.2 metros, orientados de norte a sur y a un metro de distancia entre ellos. Cada unidad experimental constó de 18 plantas sembradas en bolsas plásticas negras de 9 × 12 pulgadas espaciadas a 40 × 40 cm entre ellas y a un metro entre cada tratamiento en un mismo bancal.

Trasplante en campo. Durante las tres semanas previas a trasplante en campo, se realizó el control de malezas en los cuatro bancales a través de deshierba con azadón y la aplicación de una capa de 5 cm de aserrín posterior al deshierbe. Esto se realizó tres veces, una vez cada semana. Al momento de trasplante se sembró una plántula por bolsa en 800 g de Peat Moss (Pindstrup Mosebrug A/S) y se regó inmediatamente. Además, se aplicaron 100 g por planta de una mezcla de 25% de compost, 25% de vermicompost, 25% de bocashi y 25% de olote descompuesto como fertilizante.

Inoculación. Se hicieron cuatro inoculaciones de *Peronospora belbahrii* durante las dos primeras semanas después de trasplante. Para esto, se tomaron hojas de plantas de albahaca infectadas por el oomiceto y se pusieron en bolsas transparentes cerradas conteniendo papel toalla húmedo en la base. Estas bolsas se colocaron en el invernadero de plántulas de la Unidad de Agricultura Orgánica en Zamorano durante un día para pregerminar las esporas. Posteriormente, se lavaron las hojas en agua para extraer estas esporas las cuales se aplicaron a nivel foliar en las plantas con una bomba de mochila diluidas en 3.6 L de agua (10 ml/planta). Las plantas presentaron síntomas en la tercer semana después de trasplante, momento en el cual se comenzaron a tomar datos.

Tratamientos. El ensayo constó de cinco tratamientos y tuvo una duración total de ocho semanas. Sin embargo, se decidió cambiar el uso de ácido salicílico por ácido peracético

en la semana cinco por lo que se dividió el ensayo en dos bloques de cuatro semanas, cada uno que fue evaluado por separado (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en las semanas 1-4.

Tratamiento	Dosis/planta
Control (sin aplicaciones)	
Té de compost foliar	100 ml
Té de compost foliar + suelo	100 ml + 50 ml
Ácido Salicílico	25 mg
<i>Bacillus subtilis</i>	30 ml

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en las semanas 5-8.

Tratamiento	Dosis/planta (ml)
Control (sin aplicaciones)	
Té de compost foliar	100
Té de compost foliar + suelo	100 + 50
Ácido Peracético	0.05
<i>Bacillus subtilis</i>	30

Aplicaciones. Los tratamientos de té de compost y ácido peracético se aplicaron a través de una bomba de mochila (P-15, Productos Tecnológicos, El Salvador) con una boquilla de abanico y una presión de trabajo de 4 kg/cm². El té de compost fue aplicado directamente sin dilución en agua. El ácido peracético (Tsunami[®] 100, Ecolab Incorporated, St Paul, Minnesota, Estados Unidos) fue diluido a 1 ml/ L de agua aplicando así 50 ml de la mezcla por planta. El ácido salicílico se diluyó a una dosis de 100 g/ 200 L de agua que es equivalente a 25 mg/ 50 ml de agua por planta y fue aplicado en copa directamente a la bolsa de la planta. Todas las aplicaciones foliares fueron acompañados por un adherente, poliéter polimetilsiloxano copolímero (BREAK[®] THRU, BASF Mexicana, Ciudad de Mexico, Distrito Federal, Mexico) a una dosis de 0.5 ml/ L de agua. El *Bacillus subtilis* (producido por Zamorano) se aplicó en copa al medio de la planta diluido a una dosis de 30 ml/ 70 ml de agua, aplicando así 100 ml de la mezcla por planta. Las aplicaciones se hicieron a partir de la primera semana después de trasplante.

Control de malezas, fertilización y riego. El control de malezas se hizo manual una vez por semana, eliminando así malezas en las bolsas y bancales. De igual forma, la fertilización se hizo semanal aplicando la mezcla de 25% de compost, 25% de vermicompost, 25% de bocashi y 25% de olote descompuesto a una dosis de 50 g por

planta. Debido a que el estudio se realizó durante la época de lluvia, se regaron las plantas únicamente en los días secos. El riego se hizo con una manguera y se regaron las bolsas hasta llenarlas completamente.

Variables determinadas.

Hojas enfermas. Durante las primeras cuatro semanas del ensayo, se hicieron conteos semanales de hojas enfermas de cualquier tamaño por planta. Se utilizó como criterio de conteo únicamente la presencia de esporas en el envés de la hoja. A pesar de que esta presencia de esporas es generalmente acompañada por un amarillamiento en el haz de las hojas (McGrath 2013), esto no se tomó como criterio debido a que deficiencias nutricionales y otras enfermedades también son causantes de un amarillamiento parcial en albahaca.

Debido a que a partir de la semana cinco comenzó la segunda parte del experimento con un tratamiento nuevo, se decidió contar el número de hojas sanas además del número de hojas enfermas para evaluar el porcentaje de incidencia. Esto se debió a un cambio en la uniformidad de las plantas debido a la manipulación por conteo y cosecha.

Rendimiento. Para evaluar los efectos nutricionales en la planta de los diferentes tratamientos, se hicieron cosechas en las semanas cuatro y ocho. Para esto, en la semana cuatro, se utilizaron las ocho plantas restantes por unidad experimental que no se utilizaron para hacer conteos de hojas enfermas. En la semana ocho, se utilizaron estas mismas plantas, sin embargo solo se cosecharon seis plantas ya que algunas de estas se perdieron por daño de zompopos (*Atta* spp.). Para la cosecha, se cortaron todas las ramas a 10 cm siempre y cuando tuvieran más de ese tamaño y hubiera brotes de hojas jóvenes más abajo (Cansing Andrade y Santillán Nicola 2012).

Análisis Estadístico. Los datos fueron analizados con el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS[®] 2009) mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) usando el Modelo Lineal General (GLM) y una prueba de separación de medias de Tukey con un nivel de significancia estadística de 5% ($P \leq 0.05$). Dado que el análisis en el tiempo y el análisis de hojas totales presentaron una interacción significativa entre los tratamientos con el tiempo, se ejecutaron las pruebas estadísticas separadas por semana.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hojas Enfermas. Durante la primera fase del ensayo (semanas 1-4), se observó que el tratamiento té de compost aplicado foliar obtuvo una cantidad menor de hojas infectadas para las cuatro semanas (Cuadro 3). Sin embargo, esta diferencia no fue significativa con todos los tratamientos, en especial con el control que presentó medias similares durante las cuatro semanas.

Cuadro 3. Cantidad de hojas infectadas de albahaca dulce –var.Genovese- por *Peronospora belbahrii* en las semanas 1-4.

Tratamiento	Media ± D.E ψ				
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	
Control	3.75 ± 4.8	n.s §	7.50 ± 10.0 b *	34.78 ± 13.5 bc	52.20 ± 27.5 bc
Té de compost foliar	2.55 ± 4.8		5.85 ± 9.7 b	31.30 ± 13.6 c	50.18 ± 27.2 c
Té de compost foliar + suelo	4.05 ± 4.7		11.63 ± 9.7 ab	40.95 ± 13.5 ab	56.15 ± 27.2 bc
Ácido Salicílico	5.78 ± 4.4		14.05 ± 8.6 a	43.13 ± 13.1 a	61.90 ± 26.8 b
<i>Bacillus subtilis</i>	3.50 ± 4.7		10.90 ± 9.4 ab	39.43 ± 12.6 ab	76.55 ± 27.0 a
Probabilidad	0.10		<0.001	<0.001	<0.001

ψ Desviación Estándar

§ No significativo

* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤0.05)

La primera semana no presentó diferencias estadísticas debido a que las plantas estaban pequeñas por lo que la incidencia del oomiceto no fue lo suficientemente severa para crear diferencias.

Durante las semanas dos, tres y cuatro, se pudo ver un patrón en cuanto a las diferencias estadísticas. Los tratamientos control y té de compost foliar presentaron menores tasas de infección que los tratamientos con Ácido Salicílico y *Bacillus subtilis* y el tratamiento té de compost foliar + suelo no presenta diferencias con ninguno de los otros tratamientos.

Este patrón no concuerda con los resultados de porcentaje de incidencia obtenidos en las semanas 5-8 (Cuadro 4). Los resultados obtenidos en las semanas seis y siete mostraron diferencias significativas entre los tratamientos de té de compost y el resto. A pesar de esto, los resultados no fueron consistentes con los de la semana cinco y con los resultados

de la semana ocho en donde no se encontraron diferencias entre ninguno de los tratamientos.

Cuadro 4. Porcentaje de incidencia de *Peronospora belbahrii* en albahaca dulce –var. Genovese- durante las semanas 5-8.

Tratamiento	Media ± D.E ψ			
	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Control	68.44 ± 12.5 ab *	39.13 ± 11.4 ab	45.54 ± 15.4 a	28.57 ± 12.8 a
Té de compost foliar	60.78 ± 15.9 b	34.57 ± 10.2 bc	34.68 ± 11.3 b	32.47 ± 17.4 a
Té de compost foliar + suelo	67.20 ± 11.9 ab	28.65 ± 7.0 c	27.66 ± 9.3 b	27.30 ± 12.0 a
Ácido Peracético	74.03 ± 11.2 a	40.87 ± 11.9 a	48.69 ± 14.0 a	27.10 ± 14.3 a
<i>Bacillus subtilis</i>	67.65 ± 15.7 ab	37.94 ± 12.0 ab	43.35 ± 19.0 a	29.39 ± 12.7 a
Probabilidad	0.007	<0.001	<0.001	0.321

ψ Desviación Estándar

* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas (P≤0.05)

Al comparar la evolución entre el tratamiento de té de compost foliar y el tratamiento control sin aplicaciones, se encontraron diferencias significativas en solamente una de las ocho semanas (semana 7). De igual forma, el tratamiento de té de compost foliar + suelo y el tratamiento control sin aplicaciones solo tuvieron diferencias significativas en dos de las ocho semanas (semanas 6 y 7). Estos resultados son congruentes con un estudio similar que probó diferentes alternativas orgánicas (incluyendo té de compost y *Bacillus subtilis*) para el control de *Peronospora belbahrii* en albahaca donde no se encontraron diferencias entre estos y el control sin aplicaciones (Westerveld y Filotas 2012). De la misma forma, en un estudio realizado en el cultivo de papa, no se encontraron diferencias entre las aplicaciones foliares y al suelo de té de compost con el tratamiento sin aplicaciones para la supresión de hongos del suelo (Al-Mughrabi 2006). El té de compost no fue efectivo para el control de *Podosphaera xanthii* causante de Mildiu Polvoso en calabaza cuando fue aplicado solo pero si fue efectivo cuando se combinó con leche (DeBacco 2007).

Diferentes estudios en los que se dieron reducciones significativas en la incidencia de patógenos utilizando té de compost mostraron una supresión casi completa del patógeno con menos de 1% de incidencia de *Erysiphe necator* en uvas versus 77% en el tratamiento sin aplicaciones (Evans *et al.* 2012). Así mismo, hubo una reducción de 75% de incidencia de *Botrytis cinerea* y *Alternaria alternata* en tomate en comparación con el tratamiento control (Pane *et al.* 2012). Estos estudios sugieren que, en caso de suprimir la enfermedad, el té de compost es efectivo y genera diferencias estadísticas notorias.

Una de las explicaciones a estas diferencias en la efectividad del té de compost para suprimir enfermedades es que los patógenos difieren en su fisiología, biología y

requerimientos para sobrevivir por lo que responden de forma diferente a los efectos antagónicos de otros microorganismos (Nelson y Boehm 2002; Scheuerell 2003).

Es necesario hacer conteos microbiológicos del té de compost en laboratorio para evaluar si cumple los estándares de un té de compost capaz de suprimir enfermedades (Ingham 2005b). La falta de un laboratorio en la región capaz de hacer estos conteos evitó que se hicieran, por lo que la potencial baja calidad del té producido pudo ser una de las razones de su inefectividad.

Por otro lado, los niveles de oxígeno disuelto durante el proceso de extracción del té de compost no fueron óptimos. Niveles debajo de 6 mg/L pueden ser perjudiciales para una parte de la carga diversidad microbiana (Ingham 2005b). Este consumo creciente de oxígeno indica una proliferación y crecimiento de los microorganismos que puede considerarse positiva, sin embargo es necesario controlar la cantidad de aditivos en el té para evitar esta proliferación excesiva y las condiciones perjudiciales (Ingham 2005b). En este caso, los niveles bajaron hasta 5 mg/L durante las últimas 12 horas del proceso (Figura 1), lo cual sugiere que estas condiciones pueden haber sido un factor importante en reducir la efectividad del té de compost.

Hay que tomar en cuenta que la medición de oxígeno disuelto durante todo el proceso solo se realizó una vez. A pesar que se estandarizó el proceso, las condiciones ambientales y la diversidad de la fuente de microorganismos varía entre cada preparación de té de compost. Esto sugiere que los niveles bajos de oxígeno no fueron una constante, sin embargo las variaciones no pueden ser lo suficientemente grandes como para variar de una forma significativa la calidad del té. Fue reportado que el 85% de la capacidad de suprimir enfermedades del té viene de la cobertura bacteriana de las hojas (Ingham 2005a) pero que los niveles bajos de oxígeno afectan principalmente a hongos y protozoarios (Ingham 2005b). Un estudio similar fue realizado por Bates (2007) donde el té de compost no fue efectivo para controlar *Septoria lycopersici* causante de Septoriosis en tomate. El autor atribuye esta inefectividad, además de las variables mencionadas en este estudio, a otras variables como la temperatura, el tiempo de extracción, la hora de aplicación y la edad del compost.

Hay que tomar en cuenta también el tipo de aditivos utilizados. A pesar de que las bacterias consumen azúcares simples (como el azúcar blanco utilizado en este estudio) y los hongos fuentes de proteína (como la semolina de arroz usada en este estudio) (Ingham 2005b), la mayoría de ensayos con té de compost utilizan melaza como fuente de azúcares y algas líquidas, ácidos húmicos o pescado hidrolizado como fuente de proteínas para los hongos (Bates 2007, Al-Mughrabi 2006, Scheuerell y Mahaffee 2004, Kouyoumjian 2007). No se atribuyen los aditivos usados a la baja efectividad porque cumplen con los requisitos establecidos por Ingham (2005b) pero se deben efectuar estudios evaluando

diferentes aditivos en diferentes concentraciones para ver los efectos en la población microbiana.

La baja efectividad del ácido salicílico para controlar *Peronospora belbahrii* corresponde con estudios previos que evaluaron el uso de varios inductores de resistencia adquirida para el control de esta patógeno en albahaca donde no se encontraron diferencias significativas entre el uso de ácido salicílico con el tratamiento sin aplicaciones (Zhang *et al.* 2012). El uso de otro inductor de resistencia adquirida, acibenzolar-S-methyl (ASM) en dosis de 5 mg/L tres veces por semana redujo la incidencia en 93.8% y el uso de ácido aminobutírico DL-3 en dosis de 125 mg/L redujo significativamente la incidencia en comparación con el tratamiento control. Al igual que en el estudio anterior, el uso del inductor de resistencia acibenzolar-S-methyl (ASM) fue efectivo para controlar la enfermedad en comparación con otros inductores de resistencia, controladores biológicos y productos naturales (Gilardi *et al.* 2013). Los inductores de resistencia adquirida funcionan debido a que, al ser atacada por un patógeno externo, la planta genera una serie de proteínas y activaciones de genes que le confieren la habilidad de memorizar la enfermedad y defenderse de esta durante un periodo aproximado de 20 días (Conrath University 2006). Se puede constatar entonces que, en el caso del Ácido Salicílico en este ensayo, este mecanismo de defensa no tuvo efecto ya que la incidencia fue creciente en el tiempo (Figura 4).

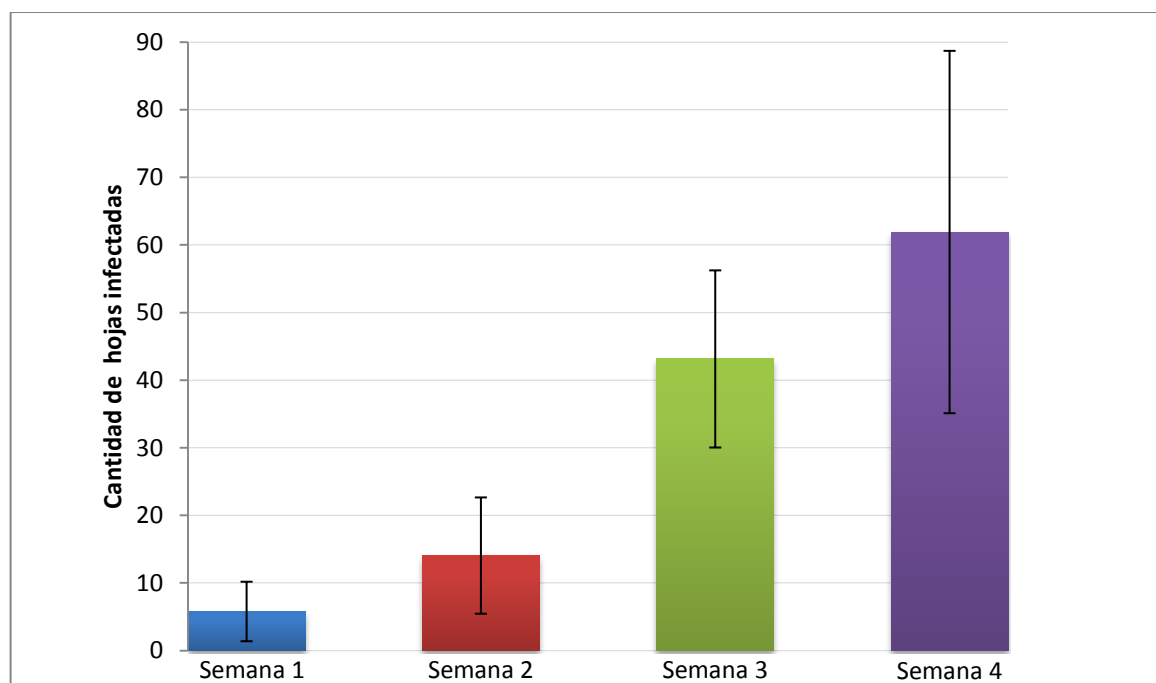


Figura 6. Cantidad de hojas de albahaca dulce –var. Genovese- infectadas con *Peronospora Belbahrii* en el tratamiento con Ácido Salicílico por semana durante las semanas 1-4.

Al igual que los otros tratamientos, el *Bacillus subtilis* no generó ningún control significativo sobre la enfermedad. Un estudio reciente probó el uso de diferentes fungicidas a base de cobre, agentes naturales, inductores de resistencia y controladores biológicos (Gilardi *et al.* 2013). Los autores encontraron que, al igual que en este estudio, el *Bacillus subtilis* no fue efectivo para controlar *Peronospora belbahrii* en albahaca debido a la inconsistencia de sus resultados.

En este estudio se aplicó el *Bacillus subtilis* directamente al sustrato a pesar que se trató de controlar un patógeno que afecta la hoja. Esta bacteria protege la planta a través de la generación de biopelículas que, junto con la acción de surfactina (lipopeptido antibacteriano), colonizan y protegen las raíces de la planta de diferentes patógenos (Bais *et al.* 2004). Esto sugiere que su efecto funciona únicamente por contacto directo con el organismo objetivo. Sin embargo, se ha demostrado que la presencia de la sepa FB17 de la bacteria en las raíces de *Arabidopsis thaliana* activa señales a través del ácido salicílico y el ácido abscísico para que la planta cierre los estomas y evite la entrada de *Pseudomonas syringae* (Kumar *et al.* 2012). Al igual, otro estudio demostró que la presencia de *Bacillus* spp. genera resistencia adquirida sistémica en la planta lo cual ayuda a controlar enfermedades generadas por diferentes hongos foliares y del suelo, bacterias, virus y nematodos (Choudhary y Johri 2009).

A pesar de esto, diferentes estudios han demostrado que el uso de *Bacillus subtilis* es mayormente eficiente cuando entra en contacto directo con la planta. La acción de esta bacteria para el control de mildiu lanoso y polvoso en pepino fue significativamente reducida cuando fue aplicado simultáneamente debido a la acción de diferentes metabolitos generados por el *Bacillus subtilis* (Elsayed *et al.* 2013). Otro estudio demostró que dos productos comerciales de *Bacillus subtilis* fueron eficaces en controlar *Phytophthora infestans* causante de tizón tardío en tomate a través de la acción de diferentes metabolitos, pero que este efecto se potenciaba en parte por la resistencia inducida generada por la presencia de *Bacillus subtilis* (Sultan 2012).

Se requiere entonces, generar más investigación sobre el modo de acción de *Bacillus subtilis* en *Peronospora belbahrii*, para evaluar si realmente no logra controlarlo o si el problema fue el tipo de aplicación realizada.

El ácido peracético es usado en la industria como desinfectante para el agua (Flores *et al.* s.f), como bactericida y fungicida en el procesamiento de alimentos donde se ha demostrado que es muy eficiente (Kyanko *et al.* 2010). Además ha sido aprobado por la OMRI (Organic Materials Review Institute) para su uso en la agricultura orgánica. El uso del fungicida orgánico OxyDate[®] (peróxido de hidrógeno + ácido peroxiacético) fue recomendado para el control de *Peronospora belbahrii* en albahaca (McGrath 2013). Este producto, al ser aplicado, libera radicales de hidroxilo y ácido peracético (Enviro Tech s.f)

por lo que se podría predecir que con el uso de este ácido se puede suprimir *Peronospora belbahrii*. Sin embargo no se encontraron diferencias significativas con la aplicación de este producto ni estudios que probaron el uso de ácido peracético para el control de *Peronospora belbahrii*. Se pudo deducir entonces, que su alta tasa supresiva de patógenos de alimentos en plantas de procesamiento no se transmitió y se deben hacer estudios para evaluar si realmente funciona como fungicida en campo.

Ninguno de los tratamientos evaluados fue efectivo eliminando *Peronospora belbahrii* en el cultivo. Debido a que *Peronospora belbahrii* es un oomiceto, no son controlados con las mismas prácticas ni productos que se controlan los hongos (Westerveld y Filotas 2012). A pesar de que existen varios fungicidas comerciales que controlan el hongo (McGrath 2013), diferentes ensayos han demostrado los productos como el té de compost, controladores biológicos y algunos inductores de resistencia adquirida no suprimen la enfermedad significativamente (Gilardi *et al.* 2013, Zhang *et al.* 2012, Westerveld y Filotas 2012). La fácil dispersión de *Peronospora belbahrii* a través de zoosporas (movimiento en el agua y viento) y oosporas (pueden sobrevivir años en el tejido foliar) contribuye a la agresividad de este oomiceto y a su alta capacidad de resistencia a diferentes medidas supresivas (Sanagorski 2012). Se puede entonces, atribuir en parte la dificultad para controlar este patógeno con medidas agro-ecológicas a sus características genéticas y su eficiencia fisiológica.

Rendimiento. La media del tratamiento té de compost foliar + suelo fue estadísticamente mayor al resto de tratamientos para la semana 4 (Cuadro 5). Esto se debe a que, en comparación con los otros tratamientos, el té de compost es el único que tiene una carga nutricional. Además, al comparar los tratamientos té de compost foliar con té de compost foliar + suelo, se obtuvo una diferencia significativa de 12.92 g/planta. Esto muestra que, los nutrientes del compost son absorbidos más eficientemente por las raíces.

Cuadro 5. Rendimiento promedio en g por planta de albahaca dulce -var. Genovese- en la semana 4.

Tratamiento	g/planta	
	Media ± D.E	ψ
Control	33.70 ± 3.5	b *
Té de compost foliar	35.31 ± 7.5	b
Té de compost foliar + suelo	48.23 ± 6.2	a
Ácido Salicílico	29.49 ± 3.7	b
<i>Bacillus subtilis</i>	27.46 ± 8.5	b
Probabilidad	0.018	

ψ Desviación Estándar

* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

A diferencia de los resultados anteriores, los resultados de la semana 8 no presentan diferencias significativas del tratamiento té de compost foliar + suelo en comparación con el resto de tratamientos (Cuadro 6). Sin embargo, la media 16.25 g/planta presentada por el tratamiento té de compost foliar + suelo es significativamente mayor de la media 7.50 g/planta del tratamiento control.

Cuadro 6. Rendimiento promedio de albahaca dulce -var. Genovese- en la semana 8.

Tratamiento	g/planta	
	Media	± D.E ψ
Control	7.50	± 1.9 b *
Té de compost foliar	9.17	± 1.4 ab
Té de compost foliar + suelo	16.25	± 6.6 a
Ácido Peracético	8.34	± 7.0 ab
<i>Bacillus subtilis</i>	12.08	± 2.2 ab
Probabilidad	0.172	

ψ Desviación Estándar

* Medias con letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

A pesar que los resultados en la semana 8 no muestran diferencias significativas, los resultados avalan las diferencias significativas obtenidas en la semana 4. El tratamiento té de compost foliar + suelo tuvo los mejores rendimientos en cuanto a peso de hojas por planta.

En este estudio, se aplicó, junto con el té de compost, una mezcla de 25% bocashi, 25% compost, 25% olote descompuesto y 25% vermicompost semanalmente por lo que los resultados son congruentes con un estudio en fresas donde se concluyó que los tratamientos donde se aplicó un fertilizante orgánico (compost o bio-estiércol) en combinación con el té de compost, mostraron mejores rendimientos que el resto de tratamientos. Los autores atribuyen este aumento en rendimientos a una mejor disponibilidad de nitrógeno (Hirzel *et al.* 2012). Esto puede ser debido a que, al aplicar una gran cantidad de microorganismos provenientes del té de compost, la mezcla (bocashi, compost, olote y vermicompost) se descompone más rápidamente lo cual resulta en esta mejor disponibilidad de nitrógeno y por ende un mayor crecimiento.

Los resultados mostraron mejores rendimientos cuando el té de compost se aplica al suelo y a nivel foliar. Un estudio realizado en tomate donde se aplicó té de compost únicamente a nivel foliar no mostró ninguna diferencia con el tratamiento control donde no se aplicó nada (Bates 2007). Esto avala los resultados de este estudio donde tampoco hay diferencias entre la aplicación de té a nivel foliar únicamente con los otros tratamientos.

El estudio realizado por Westerveld y Filotas (2012) probó que el uso de *Bacillus subtilis* generó mejores rendimientos en albahaca en comparación con los otros tratamientos orgánicos lo cual difiere del resultado encontrado en este estudio donde el *Bacillus subtilis* no tuvo mejores rendimientos que el resto de tratamientos. Esto se debe a que, a pesar que la bacteria puede mejorar las condiciones del suelo y mejorar la descomposición de materia orgánica, no tiene una carga de nutrientes por lo que su aporte nutricional es mínimo y esto se traduce en menores rendimientos.

Debido a que el uso de té de compost como suplemento nutricional ha sido probado en diferentes cultivos, un estudio evaluó diferentes soluciones orgánicas y un control inorgánico en tomate para ver como afectaban los rendimientos (Rangel *et al.* 2011). Los autores encontraron que, a pesar que el tratamiento inorgánico tuvo mejores rendimientos, el contenido de sólidos solubles en los tratamientos orgánicos fue más bajo, sugiriendo así una mejor calidad de planta. Además, encontraron que el té de vermicompost tuvo un mejor aporte nutricional que el té de compost. Esta puede ser una buena alternativa de investigación en cuanto al uso de té como fertilizante.

4. CONCLUSIONES

- El uso de té de compost no controló significativamente *Peronospora belbahrii* en el cultivo de albahaca dulce var. Genovese.
- El té de compost aplicado al suelo y foliar obtuvo mejores rendimientos en g por planta que el resto de los tratamientos.
- Se debe aplicar té de compost al suelo y foliar ya que su carga nutricional y microbiológica mejora los rendimientos de la planta.
- El ácido salicílico no indujo la resistencia de la albahaca a *Peronospora belbahrii* .
- *Bacillus subtilis* no controla *Peronospora belbahrii* cuando se aplica al suelo.
- El ácido peracético no es efectivo para suprimir *Peronospora belbahrii* en campo.
- Los niveles bajos de oxígeno disuelto y el exceso de aditivos para los microorganismos causaron una baja en la calidad del té de compost que afectó su efectividad.
- Las características biológicas y fisiológicas del oomiceto *Peronospora belbahrii* dificultan su control con tratamientos agro-ecológicos.

5. RECOMENDACIONES

- Desarrollar tablas o escalas de incidencia para cuantificar la incidencia de la enfermedad ya que el arranque manual y conteo de hojas prolifera la enfermedad, desgasta la planta y evita que se puedan analizar datos a través del tiempo.
- Efectuar un estudio enfocado únicamente en optimizar el té de compost probando diferentes aditivos en diferentes cantidades para mejorar los niveles de aireación.
- Adquirir un medidor de oxígeno disuelto para asegurar que el té de compost mantiene los niveles aeróbicos constantemente.
- Probar el inductor de resistencia adquirida acibenzolar-S-methyl (ASM) que ha sido recomendado por varios autores como eficiente para bajar la incidencia de *Peronospora belbahrii*.
- Realizar un estudio aplicando *Bacillus subtilis* a nivel foliar para ver si el contacto con el hongo mejora su efectividad para controlarlo.
- Evaluar si la aplicación de té de compost junto con compost como fertilizante mejora la tasa de liberación de nutrientes disponibles para la planta.
- Implementar mayores distanciamientos entre plantas y riego por goteo para bajar los niveles de humedad en las hojas y así reducir la proliferación del hongo.

6. LITERATURA CITADA

Al-Mughrabi, K.I. 2006. Antibiosis Ability of Aerobic Compost Tea against Foliar and Tuber Potato Diseases. *Biotechnology* 5(1): 69-74.

Bais, H.P., R. Fall, J.M. Vivanco. 2004. Biocontrol of *Bacillus subtilis* against Infection of Arabidopsis Roots by *Pseudomonas syringae* is Facilitated by Biofilm Formation and Surfactin Production. *Plant Physiology* 134(1): 307-319.

Bates, M. 2007. Efficacy of Compost Tea on Septoria Leaf Spot of Tomato in Field and Greenhouse Studies. Tesis Msc. Horticultura. Kansas State University. Manhattan, Kansas. 36 p.

Beckerman, J. 2009. Diseases of Landscape Plants, Downy Mildew. Department of botany and plant pathology, Purdue University. Consultado el 16 de mayo de 2013. Disponible en línea en <http://www.extension.purdue.edu/extmedia/BP/BP-68-W.pdf>.

Cansing Andrade, J.F y N.A. Santillán Nicola. 2012. Producción de la albahaca dulce (*Ocimum basilicum* L.) utilizando cuatro densidades y dos tipos de aplicación de harina de carne como fertilizante. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Zamorano, Honduras. 16 p.

Choudhary, D.K. y B.N. Johri. 2009. Interactions of *Bacillus* spp. and plants-with special reference to Induced Systemic Resistance (ISR). *Microbiological Research* 164: 493-513.

Conrath University. 2006. Systemic acquired resistance. *Plant Signal Behavior* 1(4):179–184.

DeBacco, M.J. 2007. Compost Tea and Milk to Suppress Powdery Mildew (*Podosphaera xanthii*) on Pumpkins and Evaluation of Horticultural Pots Made from Recyclable Fibers under Field Conditions. Tesis Msc. Horticultura. University of Connecticut. Storrs, Connecticut. 63 p.

Elsayed B.B., S.M.H. Kamel, M.M. Hassan. 2013. Production of Antimicrobial Metabolites by *Bacillus subtilis* and their Applications. *Biotechnology* 12: 14-24.

Enviro Tech. s.f. Tech data OxyDate 2 Peroxygen Bleach. Enviro Tech Chemicals, Inc. Modesto, CA. Consultado en línea el 18 de octubre de 2013. Disponible en línea en <http://www.envirotech.com/pdf/5324%20Tech%20Data.pdf>

Evans, K.J., A.K Palmer, D.A. Metcalf. 2010. Characters of aerated compost tea from immature compost that limit colonization of bean leaflets by *Botrytis cinerea*. Journal of Applied Microbiology 109: 34 p.

Evans, K.J., A.K Palmer, D.A. Metcalf. 2012. Effect of aerated compost tea on grapevine powdery mildew, botrytis bunch rot and microbial abundance on leaves. European Journal of Plant Pathology 135: 661-673.

FAO. 2012. World Food and Agriculture. FAO Statistical Yearbook. p 26-27.

Flores, M., P. Nieres, A.E. Cassano., M.D Labas. s.f. Desinfección de agua con ácido peracético: una alternativa económica y ecológica. Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC). Sante Fe, Argentina. 4 p.

Gilardi, G., S. Demarchi, A. Garibaldi, M.L. Gullino. 2013 Management of downy mildew of sweet basil (*Ocimum basilicum*) caused by *Peronospora belbahrii* by means of resistance inducers, fungicides, biocontrol agents and natural products. Phytoparasitica 41(1): 59-72.

Hargreaves, J.C., M.S. Adl, P.R. Warman. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 390–397.

Heffer Link, V., M.L. Powelson, K.B. Johnson. 2002. Oomycetes. The Plant Health Instructor. Consultado en línea el 10 de octubre de 2013. Disponible en <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/LabExercises/Pages/Oomycetes.aspx>

Hirzel, J., F. Cerda, P. Millas, A. France. 2012. Compost Tea Effects on Production and Extraction of Nitrogen in Ryegrass Cultivated on Soil Amended With Commercial Compost. Compost Science and Utilization 20(2): 97-104.

Ingham, E. R. 2005a. Compost tea: Promises and practicalities. The IPM Practitioner: The newsletter of integrated pest management 27(9-10): 1-5.

Ingham, E.R. 2005b. The Compost Tea Brewing Manual. 5 ed. Soil foodweb. Corvallis, OR. 79 p.

Joslin, K., H. Taber, S. Helland, M. Gleason. 2004. Control of the Foliar Disease, *Septoria lycopersici*, in Organic Tomato Production. HortScience 39(4): 831.

Kouyoumjian. 2007. Comparison of Compost Tea and Biological Fungicides for control of Early Blight in Organic Heirloom Tomato Production. Tesis Msc. Ciencia de Plantas y Ambiente. Universidad de Clemson. Clemson, Carolina del Sur. 44 p.

Kumar, A.M., V. Lakshmanan, J. L. Caplan, D. Powell, K.J. Czymbek, D.F. Levial, H.P. Bais. 2012. Rhizobacteria *Bacillus subtilis* restricts foliar pathogen entry through stomata. The plant journal 72(4): 694-706.

Kyanko, M.V., M.L. Russo, M. Fernández, G. Pose. 2010. Efectividad del Ácido Peracético sobre la reducción de la carga de Esporas de Mohos causantes de Pudrición Poscosecha de Frutas y Hortalizas. Información tecnológica 21(4): 125-130

Latijnhouwers, M., P. de Wit, F. Govers. 2003. Oomycetes and fungi: similar weaponry to attack plants. Trends in microbiology 11(10): 462-469.

Lowenfels, J. y W. Lewis. 2006. Teaming with microbes: A gardener's guide to the soil food web. Timber Press, Inc. Portland, OR.

McGrath, M.T. 2013. Expect and prepare for Downy Mildew in Basil. Department of Plant Pathology and Plant-Microbe Biology, Cornell University. Consultado el 16 de mayo de 2013. Disponible en línea en <http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Basil%20Downy%20Mildew-2013.pdf>.

Naidu, Y., S. Meon, Y. Siddiqui. 2012. In vitro and in vivo evaluation of microbial-enriched compost tea on the development of powdery mildew on melon. BioControl 57: 827-836.

Nelson, E.B. y M.J Boehm. 2002. Microbial mechanics of compost-induced disease suppression. BioCycle 43: 45-47.

Pane, C., G. Celano, D. Villecco, M. Zaccardelli. 2012. Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. Crop protection 38: 80-86.

Rangel, P.P., M.F Hernández, J.L. García-Hernández, E.R Puente, J.R.E Rivera, A.L. Herrera, M.A.S Castruita, J.O. Vidal. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36(9): 689-693.

Rueda, A. y A.M. Shelton. 1996. Mildiú Lanoso. Cornell University. Consultado el 16 de mayo 2013. Disponible en línea en <http://web.entomology.cornell.edu/shelton/veg-insects-global/spanish/dmildew.html>.

S.A.S. Statistical Analysis System version 9.1. 2009. S.A.S. User's Guide. S.A.S. Inst. Inc. Cary, NC.

Sanagorski, L. 2012. Downy Mildew on Impatiens. IFAS Palm Beach Extension: Environmental Horticulture. Consultado en línea el 18 de octubre de 2013. Disponible en <http://palmbeachcountyextension.wordpress.com/2012/01/26/downy-mildew-on-impatiens/>

Sanchez Govin, E., I.D. Leal López, L. Fuentes Hernández, C.A. Rodríguez Ferrada. 2000. Estudio farmacognóstico de *Ocimum basilicum*. *Revista Cubana de Farmacia* 34(3).

Scheuerell, S.J. y W.F. Mahaffee. 2004. Compost tea as container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 94: 1156-1163.

Scheuerell, S.J. 2003. Understanding how Compost Tea can control disease. *Biocycle* 44: 21-25.

Scheuerell, S.J., Mahaffee, W.F. 2002. Compost tea: principals and prospects for plant disease control. *Compost Science and Utilization* 10(4): 313-318.

Sultan, M. 2012. Biological control of leaf pathogens of tomato plants by *Bacillus subtilis* (strain FZB24): antagonistic effects and induced plant resistance. Tesis de Ph.D. Universidad de Bonn, Alemania. 144 p.

Weinberg, J. 2009. Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM. Trad. G Carbonetto. 73 p.

Welke, S.E. 2004. The effect of compost extract on the yield of strawberries and the severity of *Botrytis cinerea*. *Journal of Sustainable Agriculture* 25(1):57-68.

Westerveld, S. y M. Filotas. 2012. Downy Mildew of Basil - Organic Management Strategies. Ontario Ministry of Agriculture and Food. Consultado el 21 de octubre de

2013. Disponible en línea
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/organic/news/2012/2012-03a3.htm>

Wilson, T. s.f. Microbe Organics. Consultado el 20 de diciembre de 2012. Disponible en línea
http://www.microbeorganics.com/#So_You_Wanna_Build_A_Compost_Tea_Brewer

Zhang, S., Z. Mersha, R. Raid. 2012. Evaluation of systemic acquired resistance inducers for control of downy mildew on basil. *Crop protection* 40: 83-90.

Zhang, S., Z. Mersha, P.D. Roberts, R. Raid. 2009. Downy Mildew of Basil in South Florida. University of Florida. 2 p.