

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
SANTA FE, ARGENTINA

*Trabajo final para optar por el grado académico:  
Especialista en Cultivos Intensivos*

*“Producción, aplicación y beneficios de los  
extractos acuosos del compostaje ( té de  
compost) “*

*Alumno : Ing. Agr. María Teresa Cecilia Mac Donnell*

*Director: Ing. Agr. Dra. María Alejandra Favaro*

*Esperanza, Santa Fé, Argentina.*

*10 de diciembre de 2018.*

Indice :

- Resumen : p. 2
- Introducción : p. 3-7
- Objetivo p. 7
- Tipos de extractos acuosos de compost ( té de compost) : p. 7-12
- Organismos en el té de compost: p.12-18
- Factores que influyen en la calidad: p. 18-21
- Beneficios del té de compost: p. 22 – 26
- Té de compost apropiado para cada tipo de suelo y especie vegetal : p.26-27
- Proceso de obtención y maquinaria para obtenerlo : p. 28-30
- Formas de aplicación: p.30-31
- Ejemplos de uso : p.31- 33
- Conclusiones: p. 33-34
- Bibliografía : p. 34-36

## RESUMEN

El presente trabajo incluye una revisión de la bibliografía más reciente de varios países sobre un tema que aún no ha recibido suficiente atención en Argentina, como es el de los extractos acuosos del compost, más comúnmente llamado “té de compost”. Este tema es de gran importancia no sólo en la agroecología sino en cualquier forma de agricultura ya que permite recomponer la microbiota natural de los suelos y mantener o aumentar la fertilidad de los mismos. Además se generan beneficios como la disminución de la aparición de enfermedades. En este trabajo se revisarán distintas formas de preparación, su composición y calidad, los microorganismos presentes y beneficios potenciales de su utilización y formas de aplicación.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de que la traducción específica de los “compost tea” sería té de compost, podríamos referirnos a ellos como extractos acuosos del compost. La denominación deriva de su forma de confección, como si se preparara una taza de té con compost, con la diferencia de que se utilizan volúmenes mucho mayores de compost y agua (Fig. 1).

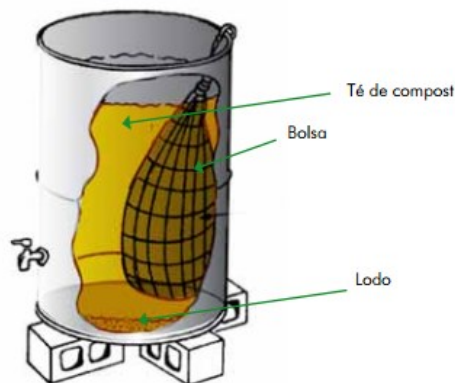


Fig. 1. Tanque para la obtención de té de compost: esta es la forma básica de obtención de té de compost que permite extraer los compuestos solubles en agua y los microorganismos presentes. El compost se introduce en una bolsa o red permeable en un tanque con agua y un motor con tubería que provoca el burbujeo hacia el líquido manteniendo la aireación del agua. El líquido marón claro que va apareciendo es el té de compost. En el fondo va quedando un lodo de componentes no disueltos en el agua. Tomado de Román *et al.* (2013).

El proceso de producción de té de compost tiene como finalidad aumentar la población microbiana del compost. Para lograrlo, se agregan aditivos que actúan como alimentos y catalizadores para inducir el metabolismo microbiano y aumentar las poblaciones más rápida y eficientemente (Mirabelli, 2013; Avis, 2012).

Una de las condiciones que debe reunir el té de compost es que durante su producción y posterior almacenamiento y/o utilización, se mantenga aeróbico ya que los microorganismos deseados son esencialmente aeróbicos. La enorme diversidad de especies, cepas y concentración de microorganismos es función del compost que se utiliza para su elaboración (Ingham, 2005).

Los daños provocados por manejos agrícolas inadecuados disminuyen la población y la diversidad de la microbiota del suelo y especialmente de los microorganismos benéficos

que intervienen en la formación de la estructura del suelo, en la retención de los nutrientes y agua, el reciclado de los nutrientes y la supresión o protección contra enfermedades y plagas. Las interacciones que se observan naturalmente entre los componentes de la red trófica del suelo (Fig.2), permiten el transporte de microorganismos como bacterias, hongos, nematodos y microartrópodos por pájaros, víboras, arañas y aún el viento hacia distintas regiones. Como observan distintos autores (Renquist, 2003; Ingham, 2005; Scott *et al.*, 2006; Metzger, 2017; Diver, 2002), las alteraciones que provoca la agricultura convencional puede provocar cambios importantes o la desaparición de ciertos niveles tróficos que impiden el equilibrio natural de las comunidades naturales del suelo. Una de las mejores formas de recuperar la microbiota del suelo y toda su biodiversidad es a través del compost o de sus extractos que tienen la ventaja de ser más fáciles y económicos de transportar a distancia que las formas sólidas como el compost (Daniel & Grasser, 2017; Renquist, 2003; Webster, 2012).

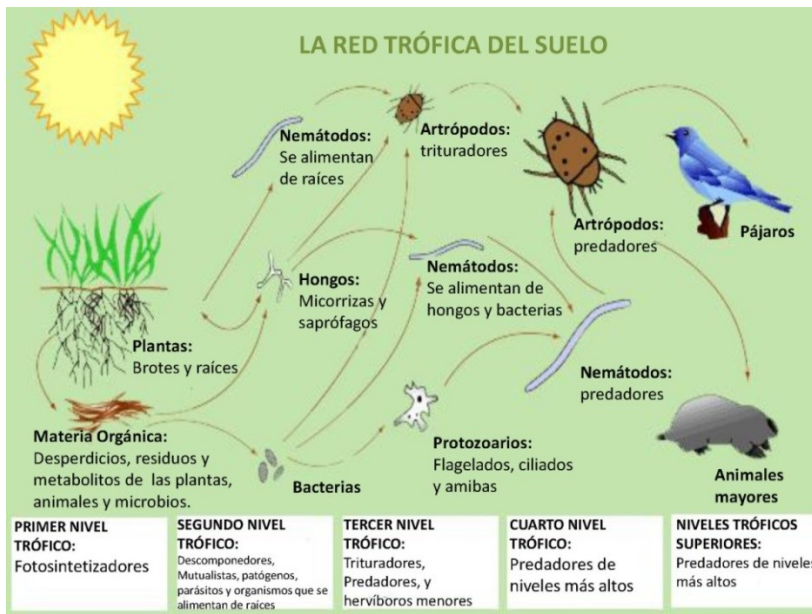


Fig. 2. Esta figura muestra la red trófica del suelo con los microorganismos presentes en un suelo saludable. La biología del suelo depende de los tipos de microorganismos y de su población relativa que, a su vez, dependen de toda una red trófica con depredadores específicos y ciclos biológicos que mantienen un equilibrio entre los mismos. Tomado de Diver (2002).

El té de compost incrementa la población y la biodiversidad del suelo además de actuar como fertilizante y fuente de hongos, bacterias y protozoos benéficos. Estos microorganismos dependen de la materia orgánica del suelo tanto como las plantas. El té de compost también provee de materia orgánica y minerales para su alimentación (Dearborn, 2011; Mirabelli, 2013 ; Renquist, 2003).

### ***Características fundamentales del compostaje***

Román *et al.* (2013) definen como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas, que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes. El proceso de compostaje incluye diferentes etapas que deben cumplirse para lograr un compost de calidad (Jolly, 2015). Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor que se puede medir a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada, el proceso de compostaje se divide en 3 etapas (Román *et al.*, 2013; Jolly, 2015):

- 1- Fase mesófila: se parte de temperatura ambiente del material original y en pocos días, o a veces horas, la temperatura aumenta hasta 45°C, debido a la actividad microbiana que utiliza las fuentes sencillas de C y N generando calor. Esta fase dura pocos días (2 a 8).
- 2- Fase termófila o de higienización: cuando el material llega a temperaturas mayores a 45°C los microorganismos mesófilos son reemplazados por los que crecen a temperaturas mayores, en su mayoría bacterias termófilas que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de N, como celulosa y lignina (Fig.3).

A partir de los 60°C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias que descomponen las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos, Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y otros factores.



Fig. 3. Compostaje de restos orgánicos liberando temperaturas superiores a 45 C. Durante la fase termófila, que en clima frío condensa la humedad desprendida, formando vapor de agua visible. Estancia Laguna Blanca, Entre Ríos

- 3- Fase de enfriamiento o mesófila II. Agotadas las fuentes de N y C en el material de compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta 40-45°C. Continúa la degradación de polímeros como la celulosa y aparecen algunos hongos visibles a simple vista (Fig. 4). Al descender los 40°C, los organismos mesófilos reinician su

actividad. Esta fase dura varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.



Fig. 4. Hongos descomponiendo la pila de compost durante la etapa mesófila, cuando son visibles a simple vista . Estancia Laguna Blanca.

- 4- Fase de maduración: demora meses a temperatura ambiente durante los cuales hay reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. Luego de finalizado este período, es el momento ideal para su utilización en las plantas (Fig.5).



Fig. 5. Uso de mulching orgánico y compost en pecanes. Luego de la fase de maduración, el compost está listo para usarse. Estancia Laguna Blanca, Entre Ríos

Los factores principales que influyen en la producción y calidad final del compost son la relación C/N del material original, la temperatura, la humedad, y la aireación del compost (Fig.6) que proveerá de una adecuada oxigenación para permitir la acción de los distintos microorganismos en cada etapa del compostaje ( Radovich *et al.* , 2010 b) .





Fig. 6. Aireación del compost revolviendo la pilas para mantener una correcta oxigenación que permite la supervivencia de los microorganismos benéficos. Tomado de Jolly (2015).

Los hongos y bacterias perjudiciales disminuyen en número durante el proceso del compostaje por las altas temperaturas, por inhibición, competición o al ser consumidos por predadores o al pasar por el aparato digestivo de las lombrices. Los patógenos deben estar inactivos y no detectables en un compost de buena calidad (Ingham, 2005).

Luego de que el compost está listo, puede utilizarse para aplicación en forma directa, como ya se mencionó, o para la confección de té. Es por esto que, tanto su forma de producción como su calidad, afectan las propiedades y potencialidades de los té.

## OBJETIVO

Realizar una revisión sobre la composición, preparación y acción de los té de compost, y los beneficios derivados de su aplicación.

El mayor conocimiento de esta temática permitirá transformar la aplicación y producción tradicional de los té de compost en productos cuya composición, producción y utilización a campo tengan bases sólidas y replicables, con técnicas homologadas y estandarizadas. .

## TIPOS DE TE DE COMPOST Y OTROS EXTRACTOS ACUOSOS

Según Ingham (2005) y Diver (2002), podemos encontrar la siguiente clasificación de los té de compost y otros extractos acuosos:

- 1- Té de compost aireado: es un extracto acuoso de compost, extraído sin calor, con alta concentración de oxígeno disuelto, que permite a los microorganismos aeróbicos crecer hasta grandes números. Se pueden o no agregar sustratos o catalizadores que favorezcan el crecimiento microbiano. Si no se usan, los organismos están menos activos y es más difícil transferirlos al suelo o a las hojas de las plantas y que sobrevivan. El té de compost puede considerarse así como un inóculo biológico cuya diversidad en microorganismos y nutrientes es directamente



dependiente del compost original (Daniel & Grasser, 2017). Los té de compost aireados son mucho más efectivos y estables que los no aireados (Scott *et al.*, 2006).

- 2- Té de compost no aireado: es un extracto acuoso, con o sin sustratos agregados, pero sin aireación. Si se usa un compost muy maduro, con pocos organismos vivos activos, estos no usarán mucho oxígeno durante la preparación. El té no será anaeróbico pero tampoco se pegará a la superficie foliar porque los organismos no están muy activos.
- 3- Té anaeróbico: es un extracto acuoso con agregado de sustratos donde los microorganismos se multiplican tan rápidamente que el uso del oxígeno es mayor a la difusión del mismo en el agua. La concentración de oxígeno comenzará a descender y al pasar el límite de 6 ppm, los hongos aeróbicos, nematodos y protozoos se perderán, siendo reemplazados por bacterias y levaduras anaerobios estrictos (Ingham, 2005). El metabolismo anaerobio genera ácidos orgánicos como el valerianico, fenólico, butírico que afecta mucho el desarrollo vegetal y de microorganismos benéficos (Mirabelli, 2013). Por todas las desventajas mencionadas, los tés anaeróbicos no se consideran té de compost ya que poseen levaduras y bacterias anaeróbicas que no devuelven la biodiversidad al suelo de microorganismos benéficos deseados ni actúan como nutrientes (Diver, 2002)
- 4- Té de estiércol: el estiércol se agrega al agua. Si no se mezcla ni revuelve, solo los nutrientes solubles se extraen y será de alto contenido en nitratos, fósforo, sales y potasio. Los antibióticos que se usan en la alimentación animal puede solubilizarse y causar problemas para los microorganismos en solución. Comúnmente el estiércol se coloca en bolsas de arpillera y se deja durante 7-14 días y se obtiene un “fertilizante líquido” (Diver, 2002).
- 5- Extracto de compost: haciendo pasar agua a presión por el compost se pueden extraer los organismos y los nutrientes solubles según la presión usada. Originalmente se empleaba, hace cientos de años, la técnica más sencilla de sumergir, en un barril con agua, durante 7 a 14 días una bolsa de arpillera con compost, con lo que se extraían los nutrientes solubles y se obtenía un fertilizante líquido (Diver, 2002).
- 6- Lechada de compost: (Fig. 7): el movimiento pasivo del agua a través de un buen compost remueve nutrientes solubles y unos pocos organismos. Este lixiviado no es necesariamente anaeróbico pero puede serlo si los microorganismos están creciendo rápidamente. Puede haber compuestos fitotóxicos y los nutrientes pueden perderse si la lechada se vuelve anaeróbica. Hay que asegurarse que el compost no contenga sales en exceso como nitratos que pueden quemar la superficie de las hojas (Ingham, 2005 ; Diver, 2002).



Fig. 7. Lixiviado de compost fresco. Tomado de Diver (2002).

- 7- Té de plantas: pueden usarse partes frescas de plantas como manzanilla o cola de caballo en agua para extraer los jugos vegetales (Fig. 8). En la superficie de los tejidos vegetales muertos crecen organismos que pueden ser anaeróbicos por un tiempo. A medida que se degrada este material, los organismos dejan de crecer y el oxígeno vuelve a difundir al agua. Generalmente hay un alto número de ciliados, muy baja biomasa de hongos y bastantes bacterias. Los té de plantas no tienen toda la variedad de organismos del té de compost ni producen los mismos beneficios pero puede haber agentes antimicrobianos con efectos interesantes que necesitan mayor estudio. La forma más común de prepararlo es llenar un tanque con  $\frac{3}{4}$  partes de material vegetal fresco y llenar hasta arriba con agua templada. Se deja fermentar a temperatura ambiente por 3-10 días. El producto final se filtra y se diluye en partes 1:10 o 1:5 y se aplica foliar o al suelo (Diver, 2002).



Fig. 8. A la izquierda, se observan distintos preparados con composiciones y cantidades variables de distintas hierbas que se sumergirán en agua para obtener los tés de plantas. A la derecha, las mismas mezclas ya fermentadas que constituyen los distintos tés según la función deseada de los mismos. Tomado de Diver (2002).

- 8- Caldos bacterianos: mezclas de distintas bacterias con interesantes efectos de biocontrol que pueden agregarse al té de compost.

Según Dearborn (2011) y Avis (2012), la diferencia fundamental entre extractos de compost y té de compost es que en los tés se extraen activamente los agentes biológicos y nutrientes solubles para las plantas con agregado a la solución de sustratos para desarrollo microbiano (melazas, pescado hidrolizado, polvo de roca, ácidos fúlvicos y húmicos) y aireado con bombas para proveer suficiente oxigenación. El propósito es extraer los microorganismos benéficos del compost, seguido por un crecimiento de los mismos durante las 24-36 horas. Los catalizadores microbianos más usados son ácido húmico, extracto de yuca y polvo de roca.

Los sustratos para el desarrollo microbiano se agregan mientras se extrae el té para aumentar el crecimiento de los microorganismos o una vez finalizado para favorecer su actividad y que se agreguen entre ellos y se peguen a la superficie foliar en las aplicaciones foliares, donde además se necesita la máxima actividad de los organismos del compost (Ingham, 2005; Avis, 2012).

Los extractos de estiércol y vegetales no tienen el proceso térmico que se desarrolla en el compostaje, que asegura la reducción de patógenos y transforma completamente el material vegetal original en humus como producto final. Los patógenos asociados al material en crudo desaparecen en el compost pero no en los otros extractos por lo que su uso debe ser controlado (Diver, 2002).

Según estudios realizados por Radovich *et al.*, 2010 a , es esencial considerar la calidad del té de compost que debe ser de alta actividad biológica, que provenga de un compost aeróbico que contenga los microorganismos benéficos necesarios y que no tenga, o tenga un mínimo de organismos anaeróbicos que desarrollan muy rápido en reducidas concentraciones de oxígeno. Recomiendan partir preferentemente de lombricompost por su mejor calidad biológica. A mayor diversidad y calidad del compost original, mayor será la calidad final en biodiversidad de microorganismos y nutrientes del compost final y del té de compost (Fig. 9 y 10)



Fig.9: Compost ya terminado. Tomado de Diver (2002).



Fig. 10: Té de compost ya extraído, listo para usar. Tomado de Diver (2002).

La distribución de los microorganismos en la zona radical ocurre en la rizósfera que es una zona de interacción única y dinámica entre microorganismos del suelo y raíces de plantas (Fig.11). Está caracterizada por aumento de biomasa microbiana y de su actividad. Las dimensiones físicas y la actividad microbiana en la rizósfera dependen de factores específicos al suelo y a la planta, como especie, vigor y edad de la planta (Giri *et al.*, 2006 ).

Las plantas atraen a los microorganismos hacia la zona radicular por los exudados de hidratos de carbono (Fig.12) que emiten. Los nutrientes que no utilizan las plantas los usan otros microorganismos de tal forma que, idealmente, todo se recicla y no se lava como los fertilizantes químicos. Entre los exudados radiculares se encuentran aminoácidos, ácidos orgánicos, hidratos de carbono, ácidos nucleicos, factores de crecimiento y restos de tejidos vegetales que son aprovechados por los microorganismos en las rizósfera (Diver, 2002). Estos exudados y depósitos de restos vegetales de la rizósfera, al estimular la actividad microbiana y sus poblaciones, alteran el balance entre la inmovilización de N y su movilización. Algunos tipos de exudados radiculares pueden inhibir el desarrollo de microorganismos fitopatógenos y alterar así las poblaciones microbianas de la rizosfera (Giri *et al.*, 2006).



Fig. 11. La interacción entre raíces y microorganismos es esencial para la supervivencia de las plantas y microorganismos que se ven mutuamente beneficiados. Tomado de Herveg & Barcia Macay (2006).

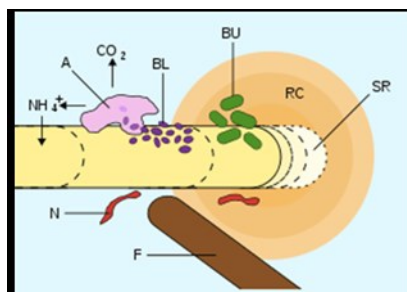


Fig. 12. Ilustración de la rizosfera: A: ameba consumiendo bacteria, BL: bacteria limitada por la energía disponible, BU: bacteria no limitada por la energía, RC: carbono proveniente de la raíz, SR: células de los pelos radicales, F: hifas fúngicas, N: nematodos. Tomado de Giri *et al.* (2006).

## ORGANISMOS EN EL TÉ DE COMPOST

Las condiciones del compost original son fundamentales para asegurar su calidad. Si las condiciones son apropiadas para los organismos benéficos ellos crecerán más que los causantes de enfermedades. Si, por el contrario, las condiciones son más favorables para el crecimiento de los causantes de enfermedades, ellos predominarán. El té de compost debe contener abundancia y diversidad de microorganismos benéficos (Dearborn, 2011; Diver, 2002).

Los valores de microorganismos esperados para un suelo sano (expresados por g de suelo), de acuerdo a los trabajos realizados por Ingham (2005) son los siguientes: 600 millones de bacterias; 15000 a 20000 especies bacterianas, 150 a 300 metros de biomasa bacteriana; 5000 a 10000 especies de hongos, 10000 protozoos, 20-30 nematodos benéficos: que se alimentan de hongos, de bacterias y predadores, 200000 artrópodos por metro cuadrado.

En la Tabla 1 se muestran los valores esperados de microorganismos para un suelo sano, para compost y para té de compost.

Tabla 1. Valores mínimos esperados de microorganismos para compost de buena calidad y para té de compost. Tomado de Ingham *et al.* (2017).

<b>Mínimo standard de agentes biológicos para compost de buena calidad (por g de compost)</b>	<b>Mínimo standard de agentes biológicos para té de compost de buena calidad (por ml de té de compost)</b>
50-70% de humedad	----
2-10 ug bacterias activas	10-150 bacterias activas
150-300 ug bacterias totales	150-300 ug bacterias totales
2-10 ug hongos activos	2-10 ug hongos activos
150-300 ug hongos totales	150-300 ug hongos totales
10000 flagelados	1000 flagelados
10000 amebas	1000 amebas
50-100 ciliados	20-50 ciliados
10-50 nematodos benéficos	2-10 nematodos benéficos



La enorme diversidad de microorganismos en el té de compost , desde 25000 especies hasta 500000 especies por gramo de compost , hace muy difícil evaluarla con los métodos tradicionales de cultivos en placas de Petri con medios de crecimiento específicos y con temperaturas y diluciones específicas. Debido a estas dificultades, Ingham (2005) desarrolló un “método directo de observación”, observando y contando microorganismos con microscopio de alta resolución y tinción epifluorescente e iluminación acorde. Este método permite observar la biomasa activa y total de hongos y bacterias.

### ***Microbiota presente en los té de compost***

**Bacterias:** las bacterias pueden encontrarse en el orden del billón por ml ( $10^8-10^9$ ), la mayoría de las cuales son benéficas para las plantas y compiten por alimento, espacio y sitios de infección con las bacterias fitopatógenas (Fig. 13). En general, hay 3 clases de bacterias, en función de los requerimientos de oxígeno: estrictamente aerobias, estrictamente anaerobias y facultativas. Las primeras exigen 15-22 % de oxígeno, parecida a la presión atmosférica, por ejemplo *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Aerobacter*. Las bacterias anaerobias estrictas requieren menos del 2 % de oxígeno, como por ejemplo *Clostridium*. Las semiaerobias requieren 8-9 % de oxígeno como *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Acinotobacter*, etc. Las bacterias facultativas y las estrictamente aerobias incluyen tanto beneficiosas como algunas patógenas (Dearborn, 2011; Ingham *et al.*, 2017).

Las bacterias tienen gran diversidad metabólica utilizando un amplio rango de enzimas que degradan químicamente una gran variedad de productos orgánicos. La cuantificación de las bacterias aeróbicas totales representa, de alguna manera, un índice de actividad biológica (Laich, 2007). Las bacterias elaboran exopolisacáridos que las mantienen fuertemente adheridas a la superficie de las hojas, raíces y suelo, de manera que los nutrientes se mantienen en la biomasa del suelo y no se escurren o pierden del suelo o superficies foliares (Webster, 2012).

Las bacterias deben extraerse desde el compost hacia el té sin destruir estos organismos. Por ello se han probado y se siguen probando diferentes métodos y maquinaria para la elaboración del té. Una vez extraídos del compost, deben pasar el filtro del compost hacia el líquido y sobrevivir en él. Si los niveles de oxígeno bajan de los niveles críticos, muchas bacterias benéficas morirán o pasarán a estadios inactivos. También, si no hay sustratos para su desarrollo en el líquido, pasarán a un estado latente y no aumentarán en número (Ingham, 2005).

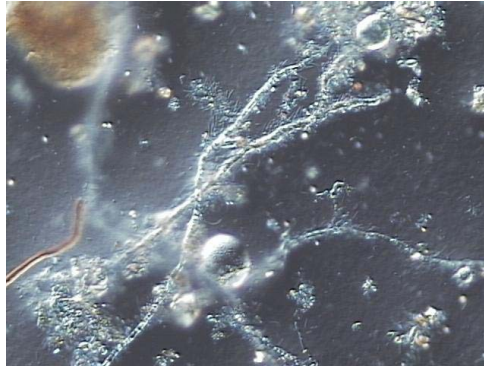


Fig. 13. Imagen de microscopio donde se observan diferentes organismos presente en un té de compost: hongos (filamentos) y bacterias (puntos pequeños y racimos de puntos) y ciliados (círculos grandes) en el té de compost. Tomada de Ingham (2005).

Las bacterias beneficiosas ocupan la mayoría de la superficie foliar y de la raíz y son más efectivas consumiendo los recursos alimenticios disponibles que de otra forma consumirían las bacterias causantes de enfermedades. Además, las bacterias retienen nutrientes (N, P, S, Ca, Fe, etc.) en su biomasa (Ingham *et al.*, 2017). Las bacterias también descomponen materiales vegetales tóxicos y restos vegetales (especialmente los sustratos más simples) y construyen agregados estructurales del suelo. El resto de la estructura del suelo se arma a partir de estos microagregados.

**Hongos:** en el té debe haber presentes entre 2-10 microgramos por ml de biomasa activa fúngica y entre 5-20 microgramos por ml de masa fúngica total. Los hongos necesitan moléculas más complejas para alimentarse, como proteínas complejas, hormonas, carbohidratos complejos, taninos, ácidos húmicos, etc. Durante la preparación del té de compost, debe proveerse energía para que puedan extraerse las moléculas complejas y también deben extraerse los mismos hongos del compost, lo que implica romper los agregados estructurales de los hongos y los filamentos pero sin matarlos (Ingham , 2005) . La rotura del micelio de los hongos los vuelve inefectivos ya que es através de ellos que invaden los sustratos y además la agitación y el filtrado de los tés dificulta su crecimiento. Por esta razón, algunos hongos benéficos como *Trichoderma* deben agregarse al momento de aplicar el té (Mirabelli, 2013).

Los hongos y bacterias también compiten entre ellos por alimento, agua, oxígeno, espacio, etc., por lo que un té bacteriano reduce la cantidad de hongos y un té fúngico, a la inversa. Diferentes ecosistemas requieren generalmente suelos dominados por bacterias o suelos dominados por hongos. Una forma de estudiar las interacciones en la red trófica del suelo es poder medir la relación de biomasa hongo/bacteria (H/B). Esta relación se utiliza para poder observar el impacto de la acción humana en la vida microbiana de los suelos (Scott, 2016) y también modificar los suelos según el cultivo que se desee implantar. Por ejemplo, en las hortalizas y cultivos anuales se observan suelos con relación H/B: 0,3 a 1,1, mientras que en árboles frutales varía de 10:1 a 50:1. En suelos con predominancia de coníferas la



relación H/B es 100:1 a 10000:1 y en árboles de hojas caducas la relación H/B es 5:1 a 100:1 (Scott, 2016). Estas relaciones se explican porque en suelos de bosques predominan restos de hojas y madera que proveen celulosa y lignina, de alta relación C/N que favorecen a los hongos. Las bacterias, por el contrario, utilizan sustratos ricos en nitrógeno como estiércoles, cultivos de cobertura, restos vegetales verdes, etc., usados en agricultura. Los manejos que se realizan pueden variar estas relaciones, por ejemplo, el uso de mulching orgánico con chips de madera cambia la relación hacia prevalencia de hongos mientras que incorporar materia orgánica lo lleva hacia predominancia de bacterias (Scott, 2016).

Los hongos ocupan solo entre 5-20 % de la superficie de la hoja pero son muy importantes en la competición con organismos causantes de enfermedades. Los hongos benéficos consumen los exudados que producen las hojas, tallos, inflorescencias, etc., y de esta forma los microorganismos causantes de enfermedades no disponen de nutrientes para germinar o crecer en la superficie de las hojas, además de ocupar sitios de infección.

De acuerdo a Ingham (2005), otras funciones de los hongos son:

- 1- Retención de nutrientes (N, P, S, Fe, Ca, etc.) en la masa fúngica. Como lo indica la relación C:N, inmovilizan N en su biomasa.
- 2- Descomposición de materiales vegetales tóxicos y restos vegetales.
- 3- Construcción de agregados estructurales del suelo. Además los pasajes y galerías que se forman por acción de los hongos permiten la difusión del oxígeno dentro del suelo y del dióxido de carbono fuera de él.
- 4- Aumentan la capacidad de retención de agua de los suelos al mejorar la estructura de los suelos.

El laboreo de los suelos provoca la pérdida de la masa fúngica normal. Por ello, el agregado de té de compost con gran cantidad y diversidad de hongos mejorará las condiciones del suelo (Ingham, 2005).

**Protozoos:** los protozoos consumen bacterias liberando nutrientes que estimulan el crecimiento de otros organismos como bacterias, hongos y plantas. Los protozoos nadan en el suelo a través de films de agua y se alimentan de bacterias y restos orgánicos. Debido a la necesidad de agua, se encuentran en la zona de la rizósfera (Ingham *et al.*, 2017). Los protozoos comienzan a reproducirse en el compost cuando las temperaturas bajan de 50°C, por lo que un compost inmaduro no tendrá cantidades importantes de protozoos (Ingham, 2005). Se necesitan por lo menos 3 días de extracción para una reproducción de protozoos suficiente en el té de compost. De lo contrario, su número depende de la cantidad presente en el compost original (Ingham, 2005). Si el número de protozoos aumenta demasiado, pueden desaparecer bacterias importantes como *Azotobacter*, fijadora de nitrógeno atmosférico (Mirabelli, 2013). Los protozoos contienen menos N en sus células que las

bacterias de que se alimentan por lo tanto el exceso de nitrógeno se elimina como amonio que es aprovechado por las plantas, otras bacterias y microorganismos (Ingham *et al.*, 2017).

Se clasifican en flagelados, amebas y ciliados. Los flagelados y amebas no toleran niveles reducidos de oxígeno y mueren rápidamente (Fig. 14). Por eso, son buenos indicadores de las condiciones de aerobiosis del té. Si se encuentran en buen número, existe buena oxigenación en el preparado (Ingham *et al.*, 2017). Los ciliados mueven cilias en su cabeza arrastrando agua a sus bocas con bacterias y otras partículas para digerir (Fig. 15). A diferencia de los flagelados y amebas, los ciliados toleran condiciones anaeróbicas y se alimentan de bacterias anaeróbicas. Altas condiciones de ellos en el compost, suelo o té, indican que hubo condiciones anaeróbicas en algún momento.



Fig.14. Imagen de microscopio donde se observan flagelados que tienen uno o dos flagelos para moverse en el suelo. Se observa uno de los flagelos saliendo de un protozoo. Los puntos pequeños son bacterias. Tomado de Ingham *et al.* (2017).

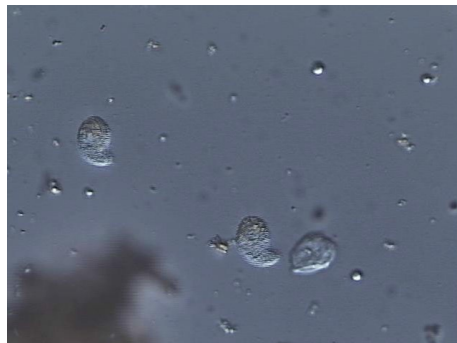


Fig. 15. En esta imagen de microscopio se observan los ciliados que parecen riñones que se mueven rápidamente a través de la solución del suelo buscando bacterias, los puntos pequeños. La materia orgánica se ve fuera de foco en la parte inferior izquierda. Los ciliados necesitan por lo menos 10000 bacterias al día para mantenerse vivos. O sea, diariamente es un microgramo de N liberado disponible por planta por cada ciliado. Tomado de Ingham (2005).

**Nematodes**: un buen compost contiene entre 50 a varios cientos de nematodos benéficos por gramo que deben ser extraídos hacia el té de compost (Fig.16). En general, casi todos ellos pueden extraerse sin problemas y la mayoría son benéficos. Los nematodos benéficos se nutren de bacterias y hongos, liberando N, P, S, etc., que pueden aprovechar las plantas (Scott, 2016). El compost debe madurar con temperaturas por debajo de 45°C durante 2 a 3 semanas para que tenga adecuada cantidad de nematodos benéficos (Ingham, 2005;

Román *et al.*, 2013). Solo los compost de pobre calidad contienen nematodes que se alimentan de raíces (Mirabelli, 2013).



Fig. 16. Nematode benéfico, visto através del microscopio, que ayuda en el control de enfermedades y en el ciclo de nutrientes. Tomado de Ingham *et al* (2017).

**Micorrizas:** estos organismos no crecen en las soluciones de té, aunque algunas esporas e hifas pueden pasar del compost a la solución del té (Fig.17). A veces, durante el compostaje, las altas temperaturas pueden matar las esporas que no son viables a pesar de estar presentes. Es conveniente inocular esporas de micorrizas cuando el té está por ser usado ya que si las esporas no encuentran raíces activas en 24-48 hs, pueden morir (Mirabelli, 2013)

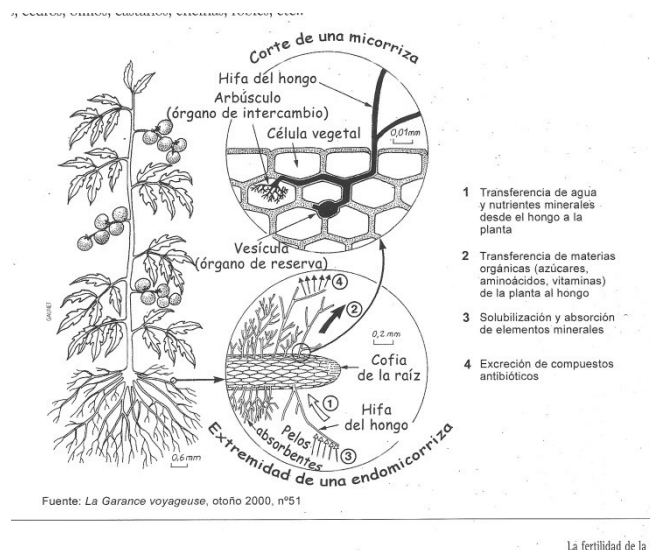


Fig. 17. Corte de una micorriza. Tomado de Melgares de Cormezana y González Martínez (2000).

**Patógenos humanos:** la falta de oxígeno, favorece la aparición de patógenos humanos. Mientras se mantengan condiciones aeróbicas, los organismos aeróbicos crecerán y las enzimas serán más aptas para trabajar y los organismos benéficos se reproducirán mucho más y competirán con los patógenos (Dearborn, 2011; Ingham, 2005). La presencia de *Escherichia coli* revela algún problema ya que esta bacteria no sobrevive mucho tiempo en condiciones aeróbicas. Si esta bacteria está sobreviviendo, es muy probable que otros

patógenos humanos más peligrosos también lo hagan, como *Salmonella*, *Shigella*, *Pasteurella*, etc (Scott *et al.*, 2006).

Las causas de estas presencias pueden ser (Scott *et al.*, 2006):

- 1- Las temperaturas durante el compostaje no fueron adecuadas. Se necesitan 10 a 14 días de temperaturas mayores a 55°C o mayores para eliminarlas.
- 2- Se vuelve a contaminar la pila de compostaje al agregar material que cayó afuera o que no fue compostado.
- 3- Pueden ocurrir contaminaciones por falta de limpieza en la maquinaria empleada o en camiones y carros llevando compost o materiales no compostados correctamente.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL COMPOST

La influencia de diferentes factores en la calidad del té de compost ha sido ampliamente estudiada. Según los investigadores que han trabajado en el tema, los factores de mayor importancia que se relacionan con la calidad del compost son:

- 1- Sustratos agregados, muchos materiales (algas, melazas, ácidos húmicos, hidrolizados de pescado, etc.) se agregan para aumentar el crecimiento de microorganismos y proveer micronutrientes para las plantas. El tipo de sustrato incorporado determinará en combinación con la aireación, el pH y la temperatura qué microorganismos resultan favorecidos en su crecimiento (Dearborn, 2011). Aún se necesita mucha investigación en el tema para poder obtener té replicables ya que todas estas variables deben mantenerse constantes (Radovich *et al.*, 2010 b).
- 2- Oxígeno, es esencial mantener condiciones aerobias para tener organismos benéficos en el té de compost. Un problema habitual es que los organismos aeróbicos comiencen a crecer rápidamente y consuman el oxígeno disponible y las condiciones se vuelvan anaeróbicas y se produzcan productos tóxicos para las plantas (Ingham, 2005). El bajo contenido de oxígeno favorece la presencia de microorganismos aerobios facultativos, anaerobios y estrictamente anaerobios. Los anaerobios en general, pueden generar productos perjudiciales para parásitos pero en su mayoría son dañinos (Fig. 18) para plantas y suelos (Mirabelli, 2013). Además, pueden aparecer patógenos humanos. Los hongos filamentosos que dan estructura al suelo y absorben nutrientes se pierden o quedan latentes en condiciones anaeróbicas. Lo mismo ocurre con las bacterias que forman microagregados en el suelo y pasan a formas inactivas en condiciones anaeróbicas. Los protozoos, nematodos y microartrópodos mueren rápidamente en condiciones anaeróbicas y el ciclo de nutrientes no ocurrirá y se perderán por volatilización porque los macronutrientes se transforman en formas gaseosas en condiciones de falta de oxígeno (Ingham, 2005; Mirabelli, 2013). Por todo esto, es esencial controlar el contenido de oxígeno en el agua. Se pueden usar probetas para medir el contenido

de oxígeno: por arriba de 6 ppm o 70-80 % de oxígeno disuelto vs dióxido de carbono en solución, o 20-22 % del total de gases atmosféricos es el nivel óptimo (Ingham, 2005).

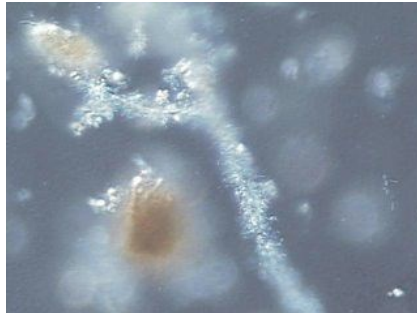


Fig. 18. Imagen de microscopio donde se observan hifas de hongo (filamentos blancos) atacados por bacterias (puntos pequeños) en condiciones anaeróbicas. Tomado de Jolly (2015).

- 3- Tiempo de extracción, el tiempo de extracción del té de compost determina la cantidad de nutrientes solubles y microorganismos benéficos presentes. Si el té está bien aireado, el máximo desarrollo de microorganismos ocurre dentro de las 18-24 hs (Mirabelli, 2013). Con tiempos muy largos, los microorganismos consumirán demasiados nutrientes y entrarán en latencia. También se desarrollarán muchas bacterias que consumirán mucho oxígeno y aumentarán la anaerobiosis (Ingham, 2005).
- 4- Calidad y composición del compost original, la única forma de obtener un té de compost de alta calidad, es partir de un compost de excelente calidad, elaborado en condiciones adecuadas de humedad, temperatura, aireación y almacenamiento (Radovich *et al.*, 2010 b). Un compost ideal presenta aroma suave, color oscuro, partículas finas, una relación C/N 10-20: 1 y concentración de nitratos mayor a 100 ppm (Radovich *et al.*, 2010 b). Un buen compost presenta olor agradable, a tierra u hongos. Por el contrario, los compost que estuvieron en condiciones anaeróbicas producirán olores agrios, a huevos podrido (presencia de sulfuro) u a orina (presencia de amonio) (Mirabelli, 2013). Numerosos autores (Balfanz *et al.*, 2007; Dearborn, 2011, Radovich *et al.*, 2012) señalan que los téis provenientes del vermicompost (lombricompuesto) son de mejor calidad por los procesos realizado por las lombrices.
- 5- Temperatura, la temperatura, humedad, evaporación y otros factores abióticos influyen en el desarrollo de los microorganismos. Altas temperaturas volatilizan los nutrientes. Las bajas temperaturas vuelven más lento el crecimiento de los microorganismos. Las temperaturas de fermentación no deben superar los 38°C o

ser menores a 15°C. El compost debe haberse preparado con más de 57°C durante al menos 3 días, sin alcanzar temperaturas mayores a 70°C (Ingham, 2005). Temperaturas muy altas (mayores a 75°C) eliminan los termófilos que realizan la pasteurización y demasiado bajas (menores a 40°C) lo hacen anaeróbico (Fig. 19). En días fríos, proteger los téis en invernadero o galpón y en días cálidos a la sombra (Mirabelli, 2013). El porcentaje de oxígeno no debe ser inferior al 12-20 % durante todo el proceso.

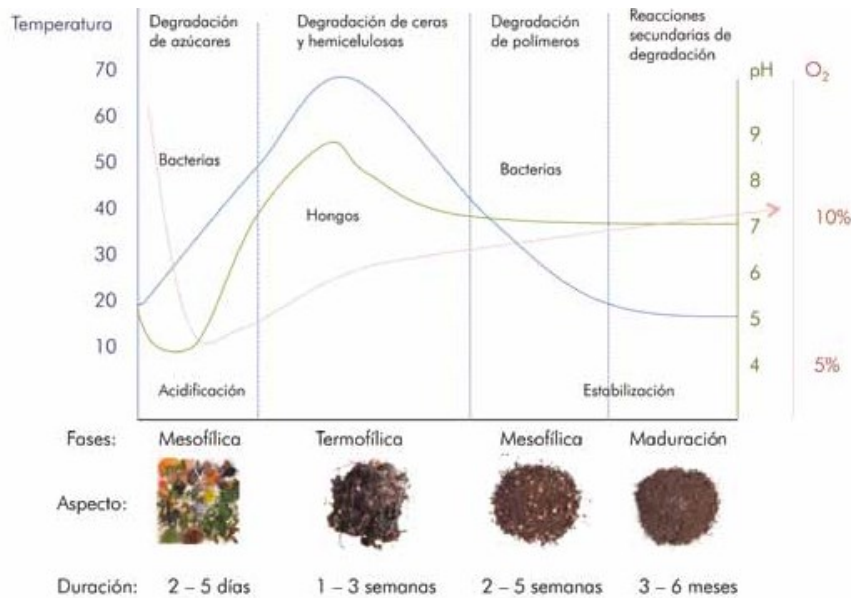


Fig. 19. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje según Román *et al.* (2013). Cada etapa del compostaje tiene un rango de temperaturas, temperaturas y pH diferente con distinta duración que determina la composición y calidad del mismo.

- 6- Extracción y mezclado, un mezclado demasiado rápido y el exceso de aireación destruye los microorganismos benéficos del té de compost (Mirabelli, 2013). Por otro lado, si el mezclado es demasiado lento ocurre formación de biofilms anaeróbicos en la superficie de los extractores con producción de productos fitotóxicos. La aparición de colores marrones en el líquido extraído es buen indicador de que hay extracción de hongos y ácidos húmicos (Fig. 20). La presencia de espuma es buena señal (Fig. 21) ya que indica la existencia de hidratos de carbono, proteínas o aminoácidos libres. Si se usa lombricompost, el exceso de espuma puede significar que quedaron lombrices en el compost y puede suprimirse con surfactantes orgánicos como yuca o aceite vegetal, excepto de oliva o de colza (Ingham, 2005).





Fig. 20. Colores oscuros en el té de compost que indican presencia de hongos y ácidos húmicos en el té. Tomado de Nugget-Anderson (2014).



Fig. 21. Espuma después de 24 hs de extracción, es una circunstancia normal en el proceso de extracción. Tomado de Nugget- Anderson (2014).

- 7- El tamaño de la malla del contenedor de compost o del filtro final, puede afectar el tipo de partículas y de microorganismos que se encontrarán en el té. Si el tamaño de los agujeros es muy fino, solo se extraerán componentes solubles. Si es muy grande, las partículas pueden tapar goteros y pulverizadores.  
Deben usarse materiales inertes a la descomposición microbiana como plásticos, nylon, policarbonatos, malla metálica, etc. (Ingham, 2005).
- 8- Relación compost – agua, la dilución de los materiales solubles y microorganismos extractados en el té es un factor importante. La eficiencia de extracción no está relacionada al volumen de agua utilizada sino a la eficiencia con que el agua retira los microorganismos de las partículas del compost. El compost debe moverse libremente dentro del contenedor. Normalmente se manejan relaciones de 1:10 – 1:40 dependiendo de los requerimientos de los cultivos, calidad del compost, etc. (Ingham, 2005; Radovich *et al.* 2012).
- 9- Fuente de agua, no deben usarse aguas con altos contenidos en sales, metales pesados, nitratos, cloruros, sulfatos, carbonatos o contaminada con patógenos.



## BENEFICIOS DEL TÉ DE COMPOST

Los beneficios potenciales del té de compost dependerán de que se haya extraído la mayor diversidad posible de microorganismos presentes en el compost original y que se hayan mantenido vivos y crecido con el agregado de sustratos.

De acuerdo a Dearborn (2011), podemos distinguir los siguientes beneficios:

- 1- *SUPRESIÓN DE ENFERMEDADES*: la interacción entre los microorganismos benéficos del té de compost y los patógenos es dinámica y pueden ocurrir los siguientes mecanismos: **antibiosis, competencia, resistencia inducida y parasitismo** que no necesariamente son excluyentes entre sí. Algunos organismos benéficos producen antibióticos u otras sustancias perjudiciales para los patógenos, por ejemplo: *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp., *Serratia* sp., etc. Los microorganismos benéficos aportados por el té de compost ocupan los sitios específicos de infección en la superficie de las plantas y compiten así con los microorganismos patógenos dificultando su ingreso a los tejidos vegetales. En algunos casos, los microorganismos benéficos que se encuentran colonizando las raíces u hojas, confieren resistencia a las enfermedades activando genes que otorgan tolerancia a la enfermedad o resistencia a la infección. Algunas especies de *Trichoderma* parasitan organismos patógenos de las raíces secretando enzimas que desintegran la pared celular de los patógenos.
- 2- *AUMENTO DEL CRECIMIENTO Y SALUD DE LAS PLANTAS*: la gran diversidad de microorganismos benéficos presentes en los té, la presencia de ácidos húmicos, aminoácidos, hormonas naturales y nutrientes como nitrógeno y carbono actúan positivamente sobre el crecimiento y la salud de las plantas. Cuando se aplica el té de compost por riego los microorganismos se fijan en la zona de la rizosfera, mientras que cuando se aplica foliarmente se fijan en la zona de la filosfera (Fig. 22 y 23; Diver, 2002). Los nutrientes aportados por los tés de compost son retenidos en la superficie foliar y/o radicular y están disponibles para las plantas en el momento adecuado, mejorando la nutrición y sanidad.

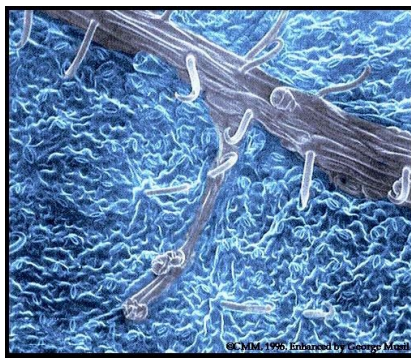


Fig. 22. Superficie de hoja de poroto francés, filosfera , en microscopio. Tomado de Diver (2002).

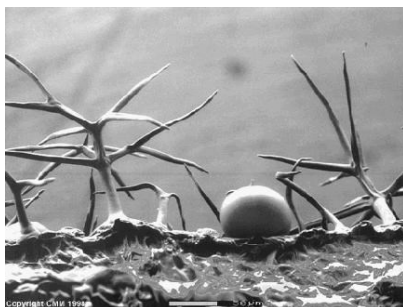


Fig. 23. Vista de filosfera en hoja de lavanda: tricoma más glándulas de secreción. Tomado de Diver (2002).

- 3- *MEJORA DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO*: el compost de buena calidad incrementa la porosidad del suelo, la densidad y aumenta la incorporación de nutrientes por las plantas. El té de compost mantiene estas características en grado variable según su composición microbiana. El aumento en la estructura del suelo permite la llegada de más oxígeno a las raíces previniendo la producción de toxinas y mejorando la salud de las plantas. También se mejora la retención de agua del suelo reduciendo su consumo. La descomposición de restos vegetales y toxinas se incrementa por el aporte de microorganismos benéficos.
- 4- *BENEFICIOS A LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE*: no hay daños a la salud de los operarios como en la aplicación de otros productos químicos por la inocuidad de los té. De igual manera, se reducen los costos de laboreo y de productos químicos disminuyendo los daños potenciales producidos por fungicidas, herbicidas, fertilizantes, etc. Otro beneficio es que permite reciclar los desechos de las granjas transformándolos en productos beneficiosos para las plantas y no tóxicos para los seres humanos.

Se han realizado numerosos trabajos científicos para comprobar estos beneficios. En este trabajo se detallan alguno de los mismos y sus resultados. Bailey *et al.* (2001) observaron una reducción de enfermedades foliares, especialmente fúngicas, luego de la aplicación de té de compost de diferente composición en especies florales (zinnias) y en vid, tanto a campo como en laboratorio. Por otro lado, Grubinger (2005) observó una reducción en el moho gris por *Botrytis* y el mildiu en vid, mientras que los efectos sobre tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en papa no fueron concluyentes y variaron de año en año. El principal efecto positivo que se observó en estos ensayos fue un incremento en crecimiento, producción y calidad de las plantas. Una revisión realizada por Dearborn (2011), concluye sobre la eficacia de los tés de compost en la reducción o supresión de enfermedades en varios cultivos. Sin embargo, también existen ensayos, mencionados en el mismo trabajo de Dearborn, con resultados contradictorios o poco significativos en el control de patógenos como *Microdochium nivale*, *Phytophthora ultimum* y *Botrytis cinerea*. De acuerdo a Radovich

*et al.* (2012) la aplicación de distintos tipos de té de compost y en distintos tipos de suelo provoca mayor crecimiento y rendimiento, produce mayor cantidad de fitonutrientes, y un incremento de la actividad biológica del suelo (Fig. 24). Según este trabajo, la aplicación a la zona radicular produce mayor crecimiento de la planta y de la raíz, por lo que debe preferirse a la aplicación foliar. El efecto del té de compost está muy relacionado con el estado nutricional de la planta, especialmente cuando el contenido de nitrógeno es bajo o moderado, donde los resultados de la aplicación del té son más notorios.



Fig. 24. Aplicación de distintos tipos de compost vs control (a la derecha). Las plantas tratadas con té de compost mostraron mayor crecimiento. Tomado de Radovich *et al.* (2012).

Radovich *et al.* (2010 a), estudiaron el efecto de la calidad del compost de distintos orígenes (midiendo su aporte en C y N totales, relación C/N y contenido en nitratos y amonio) y de los tés producidos sobre el crecimiento de las plantas en invernadero. En este estudio se encontraron aumentos en el rendimiento debido a mayor incorporación de nitratos por las plantas, a la presencia de fitonutrientes en los tés y en los compost, al aumento en la actividad biológica de los suelos y al mayor crecimiento de las raíces. Los autores concluyeron que los efectos de los tés dependen de la calidad del compost, de la cantidad de agua usada en la extracción y del estado nutricional de la planta. En este sentido, otro trabajo realizado por Radovich *et al.* (2010 b) enfatiza que el compost original a partir del que se elabora el té debe ser de máxima calidad. Esto se logra a partir de un compost con material a compostar adecuado, que debe estar maduro (Fig.25), con adecuada relación C/N, y estabilizado. El adecuado manejo de la humedad, temperatura, demás factores de compostaje y condiciones correctas de almacenado son también primordiales.



Fig. 25. Efecto del estado del compost en el crecimiento vegetal: a la derecha el compost maduro promueve el crecimiento de las plantas, mientras que a la izquierda, el compost inmaduro lo retarda debido a compuestos fitotóxicos y a la alta relación C/N. Tomado de Radovich *et al.* (2010 b)

En relación al tipo de compost ideal para elaborar el té de compost, el vermicompost, que se obtiene a partir de las lombrices, resultó de mejor calidad que otro tipo de compost, ya que tiene estructura más fina, mayor actividad microbiana y más nutrientes, además de mayor contenido en reguladores del crecimiento (Balfanz *et al.*, 2007; Radovich *et al.*, 2010 b; Metzger *et al.*, 2017) destacan sus propiedades para incorporarlo a los sustratos hortícolas y florales al incrementar el crecimiento de las plantas y también para reciclar los desechos orgánicos que se producen y disminuir los costos de los sustratos. También Scott *et al.* (2006), destacan la mayor efectividad del té de vermicompost en el crecimiento y control de enfermedades, debido posiblemente a la presencia de hormonas y reguladores de crecimiento producidas por la mayor diversidad y actividad microbiana del vermicompost.

Ensayos realizados en col china (*Brassica rapa*) también comprueban una mayor calidad y rendimiento en las plantas con la aplicación de té compost, en comparación a la aplicación de fertilizantes químicos (Fig. 26). En particular, la aplicación del té de vermicompost provocó mayor crecimiento, mayor contenido de N, mayor cantidad de carotenoides totales y de fitonutrientes que se asociaron a una mayor absorción de nitrógeno. También aumentaron la respiración del suelo y la actividad de la dehidrogenasa que es un indicador de la actividad biológica total (Radovich *et al.*, 2008).



Fig. 26. Aplicación en los distintos estadios de crecimiento de la col china de té de compost. Tomado de Radovich *et al.* (2008).

Kim *et al.* (2015) realizaron ensayos en lechuga, maíz dulce y soja bajo invernadero utilizando distintos compost y lombricompost para elaborar los té. Estos autores concluyeron que la aplicación en las raíces produjo un aumento en las brotaciones, en el crecimiento radicular y en el rendimiento de las 3 especies.

En base a la evidencia presentada, y a los resultados de los diferentes trabajos analizados, en relación con la capacidad aplicación de té de compost para suprimir enfermedades, resulta evidente, como también lo expresó Grubinger (2005), “que la eficacia, consistencia y practicidad de usar té para el manejo de enfermedades necesita evolucionar considerablemente antes de hacer recomendaciones a los productores”.

## TÉ DE COMPOST APROPIADO PARA CADA TIPO DE SUELO Y ESPECIE VEGETAL

Las características del suelo y la cantidad de materia orgánica y microorganismos presentes serán factores determinantes de la sanidad de las plantas. Un suelo bien provisto de ellos necesitará menos cantidad de té y con menos sustratos para su desarrollo. Por el contrario, un suelo pobre en materia orgánica necesitará un té rico en microorganismos y sustratos. Los microorganismos, una vez establecidos a través del té de compost, proveerán los micro y macro nutrientes que las plantas necesitan (Ingham, 2005).

Aunque el suelo sea rico en materia orgánica, no tiene necesariamente todos los microorganismos necesarios para el ciclo de nutrientes. De ahí la importancia de la aplicación del té de compost en estas circunstancias (Mirabelli, 2013). Los productos químicos aplicados también pueden matar los hongos y bacterias benéficos presentes en las plantas y el té volverá a proveerlos y a promover las defensas de las mismas (Ingham, 2005).

Si el suelo donde se aplicará es rico en ácidos húmicos y material lento en descomponerse: restos de corteza y de madera, paja, estiércol viejo, hojas de roble o acículas de pino, será dominado por hongos. Será necesario balancearlo mejorando la relación hongos/bacterias promoviendo biomasa bacteriana con la composición del té. Los hongos funcionan mejor que las bacterias en incorporar y retener nutrientes en el proceso de inmovilización y liberación de nutrientes, evitando que sean lavados del suelo. Por el contrario, si la materia orgánica es fácil de descomponer (residuos verdes, restos de hojas verdes, estiércol fresco), la composición del té debe seleccionar para desarrollo fúngico para mejorar el balance hongos/bacterias (Scott, 2016).

Además del tipo de suelo, el balance hongo/ bacteria debe considerarse desde el punto de vista de las necesidades de las plantas. Las coles (*Brassica spp.*) prefieren suelos con mayor cantidad de bacterias. Del mismo modo, las gramíneas y hortalizas en general prefieren suelos dominados levemente por bacterias. Los frutos rojos requieren un equilibrio entre ambos grupos de microorganismos, mientras que los árboles de hoja caduca y las vides necesitan de 2 a 10 veces más hongos que bacterias. Las coníferas necesitan 100 veces más hongos que bacterias. En coníferas y árboles caducos es bueno inocular micorrizas si los suelos son arenosos (Mirabelli, 2013).

En cuanto a la forma ideal de aplicación, las experiencias indican que las aplicaciones foliares deberían ser bacterianas y las del suelo, fúngicas (Diver, 2002).

## PROCESO DE OBTENCION DEL TE DE COMPOST Y MAQUINARIA UTILIZADA



Para conseguir la relación adecuada hongo/bacteria, debe comenzarse con el compost o vermicompost adecuado.

**Típico compost fúngico:** El compost dominado por hongos se debe comenzar con materiales de alta relación C/N, más leñosos. De acuerdo a Ingham (2005), los componentes ideales son: 25 % estiércol, 30 % material verde y 45 % material leñoso. Según Mirabelli (2013), una buena proporción para compost fúngico sería: 5 % estiércol maduro, 50 % material verde y 45 % de virutas o aserrín de maderas duras. El tipo de material del compost fúngico hace que tenga una mejor aireación y necesita menos mezclado que el bacteriano (Ingham, 2005).

**Típico compost bacteriano:** Para preparar un compost bacteriano se debe partir de una baja relación C:N. De acuerdo a Ingham (2005), los componentes ideales son: 25 % estiércol, 45 % material verde y 30 % material leñoso. Cuanto mayor es el nivel de N del estiércol, más pronto se incrementará la temperatura de la pila, por lo cual es necesario un mayor mezclado (Ingham, 2005).

El tamaño del material del compost influye en la preparación, ya que al estar picado es más fácilmente atacado por los microorganismos, especialmente las bacterias, aumentando la temperatura y consumiendo el oxígeno. Para evitar entrar en anaerobiosis si el material está demasiado picado, hay que inyectar aire o remover todos los días. La remoción y las temperaturas son críticas para los hongos que pueden morir por ruptura de las hifas (Mirabelli, 2013).

Además de las características del compost, existen otros agregados que varían en función del tipo de té. A continuación se describe la composición standard de distintos té de compost según Ingham (2005). En los trabajos de Avis (2012), Webster (2012), Diver (2002), Balfanz *et al.* (2007), Nugget-Anderson (2014) y Peters (2007), se presentan otras composiciones de té y formas de prepararlo.

**Té Bacteriano** (para 200 l de agua):

- 1- 7 kg de compost bacteriano (o vermicompost)
- 2- 500 ml de melaza
- 3- 250 g de algas de aguas frías
- 4- 30-200 ml de extractos de plantas filtrados (yuca, diente de león), jugo de frutas, harinas, pulpa de frutas. La adición de diatomeas y cenizas aumenta la cantidad de bacterias.

**Té con bacterias y hongos balanceados** (para 200 l de agua):

- 1- 7 kg de compost 1:1 bacteria-hongo
- 2- 500 ml de ácidos húmicos

- 3- 250 g de algas solubles, hidrolizado de pescado, harinas de avena o soja u otros materiales con proteína compleja.

**Té fúngico** (para 200 l de agua):

- 1- 9 kg de compost fúngico
- 2- 600 ml de ácidos húmicos
- 3- 200 ml de extracto de yuca (debe agregarse al final porque forma espuma)
- 4- 250 g de algas solubles
- 5- 250 g de hidrolizado de pescado

Todos los materiales sólidos se colocan en bolsas junto con el compost en proporción general de 10 kg de compost en 200 l de agua. El tiempo de solubilización se ajusta con la práctica pero no debe ser demasiado prolongado para no volverlo anaerobio.

Para la mayoría de los árboles de hoja caduca, cultivos, berries, pasturas y hortalizas es ideal inocular micorrizas arbusculo-vesiculares (50 a 100 esporas por gramo). Algunos de los árboles de hoja caduca y las coníferas necesitan ectomicorrizas (Mirabelli, 2013). En relación a los sustratos que pueden agregarse, los azúcares simples (melazas, jarabes de caña de azúcar, de remolacha azucarera, jugo de zanahoria macerada, de manzana, etc) promueven el crecimiento de bacterias y las algas marinas y los ácidos húmicos promueven el crecimiento de los hongos. No se deben agregar productos que contengan preservantes, por ejemplo cloro, antibióticos, esterilizantes, fenoles, terpenos, etc. (Ingham, 2005).

**EXTRACTORES DE TÉ DE COMPOST (brewers)**

Mirabelli (2013) describe el funcionamiento de los distintos tipos de extractores de té de compost utilizados, sin embargo, aún no se ha podido establecer el mejor equipo para extraer el té de compost.

- 1- Método del balde: es el más antiguo (ya usado por romanos, griegos y egipcios), Aún continúan usándose versiones actuales del mismo. Puede ser con el compost libre en el agua (después debe filtrarse) o dentro de un saco de tela o arpillera. Se revuelve el líquido que se va extrayendo. La extracción puede durar días o semanas. Es difícil de obtener un buen té y puede volverse anaerobio al no haber buena oxigenación. Se recomienda que los recipientes sean de madera o plástico.
- 2- Recipientes con aireación: se usan en pequeña escala. En contenedores plásticos de 15-20 l se agregan aireadores tipo acuario. Se llena hasta la mitad con agua y se deja airear de 15-20 min antes de agregar el compost. Se agrega el compost dentro de tela arpillera y se deja funcionando el aireador (Fig. 27). También se pueden agregar



los sustratos deseados al comienzo. Se extrae durante 2-3 días. En Estados Unidos se venden distintos modelos en escala familiar (Fig. 28).



Fig. 27. Extractor con bomba de aire tipo acuario. Tomado de Bioag. Natural Products (2017).



Fig 28. Extractor de 20 l que se comercializa para escala familiar en Estados Unidos. Tomado de Diver (2002).

- 3- Método del recipiente con malla de filtrado: se utilizan recipientes de 20 a 2000 l. El agua recorre un circuito desde la parte superior del aparato, donde se rocía por medio de aspersores que mojan el compost que está sobre la malla, extrayendo nutrientes y microorganismos. Este líquido así filtrado vuelve a rociarse sobre el compost. El período de extracción es muy lento, puede durar varias semanas porque no se aplica suficiente energía para remover los microorganismos.
- 4- Microb Brewer: es un aparato diseñado para optimizar la aireación y el mezclado, haciendo mínimo el tiempo de estabilización. La entrada de oxígeno es abundante y continua, y los microorganismos que se extraen son abundantes. La máxima biodiversidad de organismos se obtiene a las 18-24 hs. Después de ese tiempo sufren efectos adversos los hongos y bacterias. El caldo obtenido debe aplicarse rápidamente. Es muy importante mantener la limpieza de todos los implementos usados para evitar la formación de biofilms que afectan la calidad del té. Existen

numerosos modelos y diseños en Estados Unidos (Fig. 29) y otros países como Canadá y Australia.



Fig. 29. Diferentes modelos de extractores Micro Brewer. A la izquierda, extractor de 15141 l, en el centro extractores de 45 l, 189 l y 1892 l, y a la derecha extractor de 378 l de EPM Inc. Tomado de Diver (2002).

## FORMAS DE APLICACIÓN

Para obtener los beneficios del té de compost, se deben cumplir las siguientes premisas (Ingham, 2005) :

- a- No solo la cantidad aplicada a la superficie de las plantas debe ser la correcta si no también la dilución debe ser la adecuada.
- b- El 70 % de la superficie de las plantas debe ser cubierto.
- c- Para aplicación foliar debe aplicarse por lo menos 50 l/ha y 150 l/ha para aplicaciones al suelo.
- d- Los microorganismos deben sobrevivir a la aplicación por lo que debe cuidarse la calidad de la pulverizadora utilizada y los horarios y formas de aplicación.
- e- Los microorganismos necesitan sustratos para empezar su crecimiento.

Si ya hay alguna enfermedad presente, los microorganismos benéficos deben desplazarla por mecanismos de competición por espacio, comida y sitios de infección. Hay poca evidencia de producción de antibióticos o compuestos tóxicos en el té de compost.

El té de compost se puede aplicar con agua en pivots, sistemas de irrigación de distinto tipo, cañerías, pulverizadoras de distinto tipo, aviones, por lo que debe estar muy bien filtrado. Debe ser una buena niebla pero las gotas no tan pequeñas que la luz UV dañe los microorganismos. Gotas demasiado grandes resbalarán de la superficie foliar (Mirabelli, 2013).

Las pulverizadoras (desde los modelos sobre tractores hasta las manuales) son ideales para la aplicación sobre la superficie de las hojas. Es muy importante lograr un mínimo de 70 % de cobertura de las hojas en ambos lados. Bajo volumen y presión moderada es lo más indicado (Mirabelli, 2013).

Para aplicaciones foliares lo ideal son 50 l/ha, una vez por estación de crecimiento, cada 2 semanas o cuando se necesite ocupar la superficie de las hojas para competir con alguna enfermedad (en este caso puede aplicarse sin dilución con mayor frecuencia). También puede aplicarse al suelo, alrededor de 500 ml a 1 l por planta asegurando un buen mojado a la raíz o 150 l/ha a la superficie del suelo con la cantidad de agua necesaria. En ambas formas debe aplicarse en momentos de actividad de las plantas y en horarios sin sol excesivo (Webster, 2012).

El té preparado puede mantenerse aeróbico durante 8 hs y luego comienza a disminuir la actividad aeróbica al consumirse el oxígeno. Pero si se lo mantiene aireado, la actividad aeróbica puede mantenerse de 3 a 5 días. Luego de 3 días hay una reducción del 90 % de la actividad de los microorganismos por lo que es inadecuado para la aplicación foliar donde se necesitan microorganismos activos, aunque puede usarse para aplicación al suelo. Con el agregado de bacterias y hongos a las 48-72 hs la duración podría extenderse si las demás condiciones son favorables (Ingham, 2005).

## EJEMPLOS DE USO

*Uso residencial:* en USA existen varias compañías que producen té de compost y lo llevan a domicilio con la opción de aplicarlo también en parques y jardines. También en Australia están difundidas este tipo de empresas (fig. 30 y 31)



Fig. 30 . Existen empresas que se dedican a la producción de té de compost (a la izquierda empresa australiana con sus propia maquinaria y laboratorios) y posterior venta para aplicación en parques y huertas familiares (a la derecha). Tomado de Daniel & Grasser (2017).



Fig.31. Aplicación a domicilio en parques y jardines de los té de compost, en este caso por una empresa norteamericana. Tomado de Jolly (2017).

### *Aplicación en horticultura:*

En las Fig. 32 y 33 se muestran algunas de las aplicaciones que tiene el uso del té de compost en hortalizas.



Fig. 32. Aplicación simultánea a la plantación en hortalizas. Tomado de Jolly (2017).



Fig. 33. Producción de plantines usando té de compost en Canadá como protección contra enfermedades. Tomado de Jolly (2017).

### *Uso en frutales:*



En la Fig. 34 se muestran algunas de las aplicaciones que tiene el uso del té de compost en frutales.



Fig. 34. Pulverización con té de compost en frutales (izq.) y viñedos (derecha). Tomado de Jolly (2017).

*Uso en canchas deportivas:*

En la Fig. 35 se muestran algunas de las aplicaciones que tiene el uso del té de compost para céspedes.



Fig.35. Resultado de la aplicación del té de compost en una cancha de rugby, antes de la aplicación (fotos de arriba y abajo a la izquierda) y después de la aplicación (fotos de arriba y abajo a la derecha). Tomado de Ingham (2005).

**CONCLUSIONES:**

Si bien se dispone de muchos trabajos científicos que corroboran los beneficios del té de compost, aún se requiere de mucha investigación dada la variabilidad de los resultados

reportados, relacionados a la determinación de la mejor composición del té y para estandarizarlo y hacer replicable su aplicación.

Los pequeños productores serán los primeros en incorporarlo y los que encontrarán más fácil su aplicación y uso e incentivarán los estudios al respecto, para mejorar el conocimiento científico de este producto.

## BIBLIOGRAFIA

AVIS, R. 2012. Compost tea and extracts. Brewin' and Bubblin' basics. Permacultural Research Institute. Australia. <http://www.permaculturenews.com>. Acceso: 21/3/17.

BAILEY, B., S. DIETZ, M. WARTHESEN & P. BACKUP. 2001. Evaluating the benefits of compost tea to the small market growers. (pp. 89-91). En Greenbook 2003: Energy and sustainable agriculture program. Ed: Minnesota Department of Agriculture.

BALFANZ, L., M.H. MEYER & C. ROSEN. 2007. Vermicompost Tea (VCT). University of Minnesota Extension. Soils and composting. 4 p.

BIOAG NATURAL PRODUCTS, AUSTRALIA. 2016. Organic Gardening with easy Tea. 2016. [http://www.bioag.com/images/BioAg\\_Compost\\_tea\\_demo-reference.pdf](http://www.bioag.com/images/BioAg_Compost_tea_demo-reference.pdf). Acceso 12/4/17.

DANIEL, M. & G. GRASSER. 2017. Compost tea (AACT). Tree Preservation. Australia. <http://www.treepreservationaustralia.com.au/compost-tea-aact/>. Acceso: 27/3/17.

DIVER, S. 2002. NCAT Agriculture Specialist. Notes on compost teas: a supplement to the ATTRA publication "Compost Teas for Plant Disease Control". Pest Management Technical Control. ATTRA: Application Technology Transfer for Rural areas. <http://www.attra.ncat.org>. Acceso: 4/4/17.

DEARBORN, Y. 2011. Compost tea Literature Review on production, application and disease management. Prepared for San Francisco Department of Environment Toxic Reduction Program. IPM Task Order 3-18. EnviroSurvey Inc. 18 pp.

GIRI, B, H. PHAM, K. RINA, P. RAM & V. AJIT. 2006. Microbial Diversity in Soils. (pp. 402-404) . En : Buscot, F. & A.Varma (eds.). Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions. Ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

GRUBINGER, V. 2005. Compost tea to suppress plant diseases. University of Vermont Extension . A publication of UVM Extension's Vermont Vegetable and Berry Program. 4 pp.



HERVEG, J.P. & M. BARCIA- MACAY. 2006. Slideshare Biorremediación de suelos No 81. <https://es.slideshare.net/nataliaosinaga/biorremediacion-de-suelos-agua-y-aire>. Acceso: 4/4/17

INGHAM, E.R., 2005. The compost tea brewing manual, Fifth Edition, Soil Food Web Incorporated, Corvallis, Oregon. USA. 79 pp.

INGHAM, E., A. MOLDENKE & C. EDWARDS. 2017. The soil Biology Primer. The Ohio University Extension, University of Illinois Extension, University of Illinois at Urbana-Champaign College of ACES. at Urbana-Champaign. College of ACES. <http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil-biology/biology.html>. Acceso: 26/5/17.

JOLLY, F. 2015. Jolly Farmer's Inc. North Hampton, New Brunswick, Canada. Compost tea overview. <https://www.acornorganic.org/media/resources/compost-tea-overview.pdf>. Acceso : 26/5/17

KIM M.J., S.C.K. SHIM , K.Y. KIM, I.H. PARK, E.J. HAN , I.H.KIM & S.C. KIM . 2015. Effect of aerated compost tea on growth promotion of lettuce, soybean and sweet corn in organic cultivation. The Plant Pathology Journal, 3: 259-267.

LAICH, F. 2007. Microorganismos del compost y del té de compost. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Gobierno de Canarias. 41 p.

METZGER, J. & D.C. Kiplinger Chair. 2017. Growing plants with worm poops: vermicompost as an amendment for soilless media. Ohio State University. OSU Research Update. 2 pp.

MELGARES DE AGUILAR CORMEZANA, J. y D. GONZALEZ MARTÍNEZ . 2004. La revista de Agricultura Ecológica ISSN 1138-6193. Las micorrizas, aliadas ocultas. [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_Ferti%2FFerti\\_2004\\_17\\_9\\_13.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Ferti%2FFerti_2004_17_9_13.pdf). Acceso 27/5/2017.

MIRABELLI, E. 2013. Extractos acuosos del compostaje y lombricompostaje. Centro de lombricultura. Facultad Agronomía de Buenos Aires. 14 pp.

NUGGET-ANDERSON, A. 2014. Brewing a proper cup of tea. An economical approach for learning about compost tea. <https://www.yumpu.com/en/brewing>. Acceso: 12/5/17.

PETERS, S. 2007. Brewing aerated compost tea: factors that impact microbial composition in compost tea. Crophealth Advising and Research, Kelowna, BC. Dr.Elaine R. Ingham. Soil Food Web Inc. Corvallis, Oregon. USA. <http://www.soilfoodweb.com>. Acceso: 12/5/17.

RADOVICH, T. 2008. Enhancing Phyto-nutrient content, Yield and Quality of Vegetables with Compost tea in the Tropics. Hawaii Research and Education Grant. Western SARE. Univ. of Hawaii. [https://www.westernsare.org/content/download/.../SW07\\_073.pdf](https://www.westernsare.org/content/download/.../SW07_073.pdf). Acceso 20/4/17.

RADOVICH, T. J., A. SUGANO, N. PANT, I. HUE & J. UYEDA. 2010 a. Plant growth promotion with compost extracts- Integrated crop and livestock management workshop. Hilo, Univ . de Hawaii. College of Tropical Agriculture and Human Resources. 23 pp.

RADOVICH, T. J., N. PANT & I. HUE. 2010 b. Compost Quality. (pp.9-18 capítulo 1). En T. Radovich & N. Arancon (eds). Tea Time in the Tropics. University of Hawaii,Manoa. Ed. Western SARE.

RADOVICH, T.J, A. AHMAD, N. HUE, A. ARAKAKI, J. TEVES, A. SUGANO & J. UYEDA. 2012. Producing high nitrogen liquid fertilizers from organic inputs. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Manoa. 18 pp.

RENQUIST, S. 2003. Why use compost tea? Oregon State University- Extension Service. Douglas County Circular Hort. N 100 – 2003

ROMAN, P., M.M MARTÍNEZ & A. PANTOJA. 2013. Manual del compostaje del agricultor. Ed. FAO- Santiago de Chile- 101 pp.

SCOTT, G., C., N. EDWARDS, S. ARANCON & S. GREYTAK. 2006. Positive effects of vermicompost teas. Effects on plant growth and diseases. Biocycle Magazine. Mayo 2006. The Soil Ecology Laboratory at The Ohio State University. <http://www.growingsolutions.com/wp-content/uploads/2015/02/Edwards2006.pdf>. Acceso 12/5/17.

SCOTT, G. 2016. Making microbes : fungal vs bacterial soil life. Permacultural Research Institute. Nov. 2016 Filed under Soil. 11 pp.

WEBSTER, S. 2012. How to make compost tea. Organic gardener magazine March-April.2012.Australia. How to- compost & soil. [www.bioag/images/Compost-Tea-RecipePdf](http://www.bioag/images/Compost-Tea-RecipePdf). Acceso: 10/3/17.