

Propiedades químicas de té de vermicompost*

Chemical properties of vermicompost “teas”

Karla Daniela González Solano¹, Ma. De Las Nieves Rodríguez Mendoza^{1§}, Libia Iris Trejo Téllez¹, Julio Sánchez Escudero² y José Luis García Cué³

¹Área de Nutrición Vegetal. Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Postgrado en Edafología. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 595 95 101 98. Ext. 1262 (gonzalez.karla@colpos.mx), (marinie@colpos.mx), (llibia@colpos.mx). ²Postgrado en Agroecología. Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Ext. 1741 (sanchezej@colpos.mx) ³Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática. Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo. Ext. 1414 (jlgeue@colpos.mx) [§]Autora para correspondencia: marinie@colpos.mx.

Resumen

La investigación tuvo como objetivo relacionar algunas características químicas de los té con el origen de vermicompost usado en la extracción, la relación agua:vermicompost y el tiempo de incubación. Como parámetros de evaluación se consideró la conductividad eléctrica (CE), el pH y la concentración nutrimental. El tipo u origen del vermicompost tuvo efecto significativo sobre pH, CE y la concentración de nutrientes; los té extraídos del vermicompost de pasto y estiércoles de borrego y bovino presentaron los valores más altos de pH (7.74) y CE (4.58 ds m⁻¹), así como de macronutrientes (excepto P y Mg) y micronutrientes. A mayor relación vermicompost: agua se incrementó el pH, la CE y la concentración nutrimental. El tiempo de incubación modificó algunas variables, a las 8, 16 y 24 h el pH fue de 7.32, 7.72 y 7.79 respectivamente y la CE se incrementó hasta 7% a las 24 h (3.52, 3.68 y 3.77). La concentración nutrimental no presentó la misma tendencia.

Palabras clave: extracto acuoso de vermicompost, relación vermicompost: agua, tiempo de incubación, nutrientes.

Abstract

This research's objective intend to bound some chemical characteristics of “teas” with the source of vermicompost used in the extraction, the vermicompost- water relationship and incubation time. As for the evaluation parameters we considered the electrical conductivity (EC), pH and nutrient concentration. The brand or origin of vermicompost had significant effect on pH, EC and nutrient concentrations; the extracted teas from grazing vermicompost and sheep and cattle manures held the highest values of pH (7.74) and EC (4.58 ds m⁻¹) and macronutrients (except P and Mg) and micronutrients as well. The higher the vermicompost-water content, the pH, EC and nutrient concentration increases. The incubation time modified a few qualities, at 8, 16 and 24 h, pH was 7.32, 7.72 and 7.79 accordingly and, the EC was increased 7% at 24 h (3.52, 3.68 and 3.77.) Nutrient concentrations did not exhibit the same tenor.

Key words: watery vermicompost extract, vermicompost-water relationship, incubation time, nutrients.

Introducción

La utilización de materiales orgánicos líquidos es una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, disminuir los costos de producción y la dependencia de los fertilizantes minerales. La aplicación de efluentes vía foliar o adicionados al suelo aumenta el rendimiento y la calidad de los frutos, ornamentales y plantas aromáticas debido a que incrementa el estatus nutrimental de la planta, además favorece la sanidad vegetal debido principalmente a que contienen microorganismos benéficos capaces de suprimir enfermedades en los cultivos (Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009).

El té de humus o vermicompost es un extracto acuoso de alta calidad biológica que se consigue por una fermentación aeróbica del vermicompost y es producido al mezclar vermicompost con agua (NOSB, 2004). Los nutrientes solubles en el té son absorbidos por la planta y al mismo tiempo favorecen el desarrollo de los microorganismos benéficos que permiten suprimir enfermedades en los cultivos, por lo que las plantas son más sanas y se reduce la aplicación de fertilizantes minerales.

Los tés permiten la desintoxicación del suelo, hace más fácil el crecimiento de las plantas, no obstante existe una amplia gama de variantes en el método de producción de éstos, entre las que se encuentran. i) la relación de vermicompost: agua, con intervalos desde 1:3 hasta 1:200; ii) periodos de incubación de 12 h hasta tres semanas; iii) aireación o no aireación de la mezcla en el periodo de incubación; y iv) suplementación o no con fuentes de nutrimentos como melaza, polvos de algas o extractos de levaduras (Arancon *et al.*, 2007). En base a lo antes planteado el objetivo fue relacionar algunas propiedades químicas de los tés de vermicompost en función del origen, las relaciones vermicompost: agua y el tiempo de incubación.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

En el laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, se condujo un experimento bajo un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2 X 3 X 3, donde los factores de estudio fueron; el origen del vermicompost (pasto + estiércol de

Introduction

The use of liquid organic matter is an alternative to meet the crop's nutrient demands, dropping production costs and dependence on mineral fertilizers. The employment of effluents through the leaves or added to the soil increases yield and quality on the fruit, ornamental and aromatic herbs as it increases the nutritional status of the plant it also favors the plant's health mainly because they contain beneficial microorganisms capable of suppressing crop diseases (Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009).

Humus tea or vermicompost is a watery extract of high biological quality obtained through the aerobic fermentation of vermicompost and it is produced by mixing water with vermicompost (NOSB, 2004). The tea's soluble nutrients are absorbed by the plant and at the same time promote the development of beneficial microorganisms that allow suppressing crop diseases, so that the plants are healthier and reduce mineral fertilizer application.

Teas allow soil detoxification, promote plant growth, there is a large number of variations in the production methods, among of which we found. i) the affinity on vermicompost-water with intervals from 1:3 to 1:200; ii) incubation periods from 12 h up to three weeks; iii) aeration or no aeration of the mixture in the incubation period; and iv) supplementation and none at all with nutrient resources such as molasses, algae powder or yeast extracts (Arancon *et al.*, 2007). Based on the previously exposed, the objective was to relate the tea's chemical properties according to the origin of the vermicompost, vermicompost-water and incubation time affinity.

Materials and methods

Study site

In the laboratory of Plant Nutrition of the Graduate College, *Campus* Montecillo, an experiment was conducted under a completely randomized design with factorial arrangement 2 X 3 X 3 where the study factors were: the origin of vermicompost (grass + sheep manure and grass + sheep and cow manures) vermicompost-water relationship (1:2, 1:4 and 1:6) and incubation time (8, 16 and 24 h) with a total of 18 treatments with four replications each (Table 1).

borrego y pasto + estiércoles de borrego y bovino), la relación vermicompost:agua (1:2, 1:4 y 1:6) y el tiempo de incubación (8, 16 y 24 h), con un total de 18 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno (Cuadro 1).

Cuadro 1. Factores y niveles de estudio evaluados en la extracción de los té.

Table 1. Levels and factors evaluated in the extraction of teas.

Factor de estudio	Origen del vermicompost	Relación sólido:agua (g:mL)	Tiempo de incubación
Niveles	Pasto y estiércol de borrego (P+EB)	1:2	8 h
	Pasto y estiércoles de borrego y bovino (P+EB+EBov)	1:4	16 h
		1:6	24 h

Los residuos orgánicos utilizados se obtuvieron de la propia institución, el pasto se obtuvo de los restos de poda de los jardines y los estiércoles de la granja. El vermicompost de pasto y estiércol de borrego tenía las proporciones 40 y 60% respectivamente, mientras que el vermicompost de pasto y estiércoles de borrego y bovino 30, 35 y 35%.

Extracción de té de vermicompost

Se prepararon paquetes de 50 g de las diferentes muestras de vermicompost que se depositaron en cuadros de organza de 15 x 15 cm, lo que permitió mayor solubilidad de los nutrientes y el paso de los microorganismos del vermicompost al agua. Los paquetes se sumergieron en agua en frascos de vidrio de 500 mL de acuerdo con la relación correspondiente en los tratamientos establecidos, la incubación se hizo durante 24 h en el laboratorio (temperatura máxima de 25 °C y mínima de 15 °C), durante este periodo se agitaron los frascos tres veces (cada 8 h) para propiciar intercambio de aire. Se hicieron tres muestreos como se indica en el Cuadro 1.

Después del periodo de incubación se midió en los té resultantes la conductividad eléctrica (CE) y el pH con un el medidor CONDUCTRONIC modelo PC18, nitrógeno total por el método Kjeldahl, amonio y nitrato por arrastre de vapor. El contenido P, K, Ca, Mg, Fe, S, B, Mn, Cu, Mo, Zn, Na y Ni se determinó en un equipo de espectroscopía de emisión atómica de inducción por plasma ICP-VARIAN 725-ES.

The organic wastes used were obtained from the institution itself, the grass was obtained from pruning the gardens and farm manures. The grazing vermicompost and sheep manure had the proportions 40 and 60% respectively, while the grazing vermicompost and sheep and cattle manures were 30, 35 and 35%.

Vermicompost teas extraction

Packages were prepared with 50 g of different vermicompost samples that were placed in 15 x 15 cm organza squares, allowing higher solubility of nutrients and let the vermicompost microorganisms to the water. The packages were immersed in water in glass bottles of 500 ml in accordance with the corresponding relationship established for the treatments, the incubation was for 24 h in the laboratory (maximum temperature of 25 °C and at least 15 °C) for this period the jars were shaken three times (every 8 hours) for facilitating air exchange. Three samplings were made as indicated in Table 1.

After the incubation period, we measured the electrical conductivity (EC) and a pH with a meter model Conductronic PC18, total nitrogen by the Kjeldahl method, ammonium and nitrate by steam. The content P, K, Ca, Mg, Fe, S, B, Mn, Cu, Mo, Zn, Na, and Ni were determined using an atomic emission spectroscopy ICP-VARIAN 725-ES.

The results of pH and EC and nutrient concentrations were subjected to analysis of variance and comparison of means by Tukey test ($\alpha=0.05$) with the statistical package SAS 9.3 (SAS Institute Inc., 2010).

Results and discussion

The Table 2 shows the significance levels of the sources of variation evaluated (vermicompost origin, relationship vermicompost-water and incubation time) on the values of EC, pH and nutrients of the resulting teas. PH and phosphorus concentrations were influenced by factors, not by the interactions. EC and the sulfur concentration were affected by the factors and the interaction O*R (vermicompost source *vermicompost-water relationship). The total concentration of nitrogen and N-NO₃⁻ depended on the factors under study and their interactions as well. The N-NH₄⁺, P, K, Ca, Mg and S did not show a consistent relationship at all. The incubation time did not influence the concentration of K, Ca and Mg.

Los resultados de pH y CE así como las concentraciones de nutrientes se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias a través de la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) con el paquete estadístico SAS 9.3 (SAS Institute Inc., 2010).

Resultados y discusión

En el Cuadro 2 se muestran los niveles de significancia de las fuentes de variación evaluadas (origen del vermicompost, relación vermicompost: agua y tiempo de incubación) sobre los valores de CE, pH y nutrientes de los téis resultantes. El pH y la concentración de fósforo fueron influenciados por los factores de estudio, no así por las interacciones. La CE y la concentración de azufre fueron afectados por los factores y por la interacción O*R (origen del vermicompost*relación vermicompost: agua). La concentración de nitrógeno total y N-NO_3^- dependieron de los tres factores en estudio así como de sus interacciones. El N-NH_4^+ , P, K, Ca, Mg y S no presentaron una relación constante. El tiempo de incubación no influyó en la concentración de K, Ca y Mg.

Cuadro 2. Análisis de varianza del efecto del origen del vermicompost, su relación con el agua para la extracción y el tiempo de incubación, sobre la conductividad eléctrica, pH y macronutrientes en los téis resultantes.

Table 2. Analysis of variance on the effect of the source of vermicompost, its relationship to water for the extraction and the incubation time on the electrical conductivity, pH and macronutrients in the resulting tea.

F.V	G.L.	pH	CE	Nt	NH_4^+	NO_3^-	P	K	Ca	Mg	S
O	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
R	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
T	2	*	*	*	*	*	*	ns	ns	ns	*
O*R	2	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	*
O*T	2	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
R*T	4	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
O*R*T	4	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

F. V.= fuente de variación; G. L.= grados de libertad; O= origen del vermicompost; R= relación vermicompost:agua; T= tiempo de incubación. ns = no significativo; * = Significativo al 5%.

El humus de lombriz está compuesto por C, O_2 , N, así como macro y micronutrientes en diferentes proporciones, tales como Ca, K, Fe, Mn y Zn entre otros. Al igual que en la presente investigación Durán y Henríquez (2007) demuestran que las características finales de los vermicompost varía en función de la naturaleza de las fuentes orgánicas utilizadas para su elaboración.

En el contenido de micronutrientes, la concentración de B, Mn, Fe y Zn estuvo influenciada por los factores en estudio y por la interacción O*R (origen del vermicompost*relación

The vermicompost comprises C, O_2 , N, as well as macro and micronutrients in different proportions, such as Ca, K, Fe, Mn and Zn. As in this research, Duran and Henríquez (2007) showed that, the final characteristic of the vermicompost varies depending on the nature of the organic sources used in their production.

In the micronutrient content, the concentration of B, Mn, Fe and Zn was influenced by the factors under study and the interaction O*R (source of vermicompost*vermicompost-water relationship), the same happened with Mo, besides being affected by interaction O*T (vermicompost source*incubation time). Copper, nickel and sodium were not modified by the incubation time (Table 3).

Origin of vermicompost and its relationship to pH, EC and nutrient concentration

The major factors affecting the chemical properties of the compost and vermicompost teas are related with the methodologies used for the preparation, including the origin

of compost and vermicompost, aeration, additives fermentation, fermentation time, etc. that modify the biological and chemical properties of the final compost and vermicompost teas (Scheuerell, 2004; Scheuerell and Mahaffee, 2006; Arancon *et al.*, 2007; Fritz *et al.*, 2012; Pant *et al.*, 2012).

Vermicompost tea made of grass and sheep and cattle manures increased 67% CE compared with grass and sheep manure (Figure 1), these values are reflected in higher nutrient content (Tables 4 and 5). These differences are related to the origin of the materials used for the production

vermicompost: agua), lo mismo sucedió con el Mo además de ser afectada su concentración por la interacción O*T (origen del vermicompost*tiempo de incubación). El cobre, níquel y sodio no se modificaron por el tiempo de incubación (Cuadro 3).

of vermicompost (Ingham, 2005). The results obtained in this work indicate that, by identifying the materials that produced vermicompost gives an idea of the nutritional content that the teas will have based on the CE (higher or less than 2 ds m⁻¹). In this way the EC can be set as a criterion.

Cuadro 3. Análisis de varianza del efecto del origen del vermicompost, su relación con el agua para la extracción y el tiempo de incubación sobre los micronutrientes en los té resultantes.

Table 3. Analysis of variance on the effect of vermicompost origin, its relationship to water extraction and incubation time on micronutrients in the resulting teas.

F.V	G.L.	B	Mn	Cu	Fe	Mo	Zn	Na	Ni
O	1	*	*	*	*	*	*	*	*
R	2	*	*	*	*	*	*	*	*
T	2	*	*	ns	*	*	*	ns	ns
O*R	2	*	*	*	*	*	*	*	*
O*T	2	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
R*T	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
O*R*T	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

F. V.= fuente de variación; G. L.= grados de libertad; O= origen del vermicompost; R= relación vermicompost:agua; T= tiempo de incubación. ns= no significativo; * = Significativo al 5%.

Origen del vermicompost y su relación con pH, CE y concentración nutrimental

Los principales factores que afectan las características químicas de los té de compost y vermicompost tienen que ver con las metodologías de preparación del té, que incluyen el origen del compost y vermicompost, la aireación, aditivos de fermentación, la duración de la fermentación, entre otros, que modifican las propiedades biológicas y químicas finales de los té de compost y vermicompost (Scheuerell, 2004; Scheuerell and Mahaffee, 2006; Arancon *et al.*, 2007; Fritz *et al.*, 2012; Pant *et al.*, 2012).

El té de vermicompost hecho de pasto y estiércoles de borrego y bovino incrementó la CE 67% en comparación con la de pasto y estiércol de borrego (Figura 1), éstos valores se reflejan con el mayor contenido de nutrientes (Cuadros 4 y 5). Éstas diferencias están relacionadas con el origen de los materiales utilizados para la producción del vermicompost (Ingham, 2005). Los resultados obtenidos en este trabajo indican que, el identificar los materiales con que se elabora el vermicompost da una idea del contenido nutrimental que tendrán los té basado en la CE (mayor o menor a 2 ds m⁻¹). De ésta manera la CE puede establecerse como criterio.

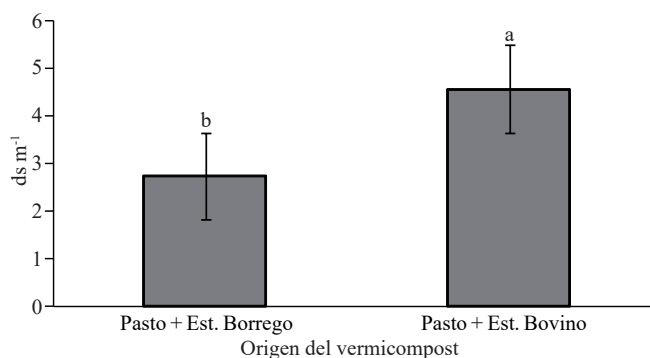


Figura 1. Efecto del origen del vermicompost en la CE de los té. Figure 1. Effect on the origin of the EC vermicompost teas.

The pH of the teas obtained depending on the origin of vermicompost showed the same trend as the electrical conductivity, the highest value was found in those which use the vermicompost that is incurred by the mixture of the two manures (7.74) and the vermicompost teas obtained from grass and sheep manure was 7.47. The information found statistically significant differences between the values though the numerical difference is rather small. Similar results were obtained by Pant *et al.* (2009) to obtain pH 7.5 and 7.8 in aerated compost tea and not-aerated respectively. However, for using it as a nutrient source is necessary to adjust the pH to 5.5 in order to have the nutrients available. The same observation is suggested by Preciado *et al.* (2011) in tomato production.

Cuadro 4. Concentración de macronutrientos de los téis en función del origen del vermicompost.
Table 4. Macronutrient concentration of teas according to the origin of the vermicompost.

Origen del vermicompost	Nt	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	Ca	Mg	S
	----- ppm -----							
P+EB	352.79b§	35.86b	258.94b	26.26a	184.80b	61.95b	80.15a	81.08b
P+EB+EBov	540.73a	51.37a	387.57a	19.28b	436.28a	83.60a	46.34b	117.72a

P+EB= pasto y estiércol de borrego; P+EB+EBov= pasto y estiércoles de borrego y bovino. §Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

Cuadro 5. Concentración de micronutrientos de los téis en función del origen del vermicompost.
Table 5. Micronutrient concentration of teas according to the origin of the vermicompost.

Origen del vermicompost	B	Mn	Cu	Fe	Mo	Zn	Na	Ni
	----- ppm -----							
P+EB	0.598b§	0.037b	0.069b	0.191b	0.091b	0.066b	116.93b	0.023b
P+EB+EBov bovino	0.668a	0.140a	0.118a	0.709a	0.126a	0.142a	149.74a	0.044a

P+EB= pasto y estiércol de borrego; P+EB+EBov= pasto y estiércoles de borrego y bovino. §Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

El pH de los téis obtenido en función del origen del vermicompost mostró la misma tendencia que la conductividad eléctrica; el valor más alto se encontró en aquellos donde se usó el vermicompost que tiene como origen la mezcla de los dos estiércoles (7.74) y en los téis obtenidos de vermicompost de pasto y estiércol de borrego fue de 7.47. La información observó diferencias estadísticas significativas, entre los valores a pesar que la diferencia numérica es pequeña. Resultados similares obtuvieron Pant *et al.* (2009) al obtener pH de 7.5 y 7.8 en té de compost aireado y no aireado respectivamente. Sin embargo, para utilizarse como fuente nutricional es necesario ajustar el pH a 5.5 para poder tener disponibilidad de todos los nutrientes. La misma observación es sugerida por Preciado *et al.* (2011) en la producción de tomate.

Las concentraciones más altas de micros y la mayoría de macronutrientos, se obtuvieron en los téis hechos con el vermicompost de pasto y estiércoles de borrego y bovino, la concentración de NH₄⁺ y NO₃⁻ fue de 51.37 ppm y 387.57 y en el té del vermicompost de pasto y estiércol de borrego la concentración fue de 35.86 y 258.94 ppm con un incremento de 43 y 49% en el primer té. Hargreaves *et al.* (2009) encontraron concentraciones más bajas de NH₄⁺ (1.70 ppm) y NO₃⁻ (114 ppm), lo que se demuestra que es difícil estandarizar las concentraciones nutricionales en los productos orgánicos.

En los téis de vermicompost de pasto y estiércol de borrego la concentración de P y Mg se incrementó 36 y 57% en comparación con los téis que contienen la mezcla de los

The highest concentrations of micro and most macronutrients were obtained made with vermicompost grass and manure of sheep and cattle, the concentration of NH₄⁺ and NO₃⁻ was 51.37 ppm and 387.57 and the vermicompost grass and sheep manure concentration was 35.86 and 258.94 ppm with an increase of 43 and 49% in the first tea. Hargreaves *et al.* (2009) found lower concentrations of NH₄⁺ (1.70 ppm) and NO₃⁻ (114 ppm) thereby showing that it is difficult to standardize nutrient concentrations in organic matters.

In vermicompost teas made from grass and sheep manure, P concentration and Mg increased 36 and 57% compared with teas containing the mixture of manure (Tables 4 and 5). Compost teas can serve as a source of plant nutrients (Ingham, 2005), but there is little information to standardize nutrient concentrations by the high variability of the materials used to make compost and vermicompost (Hargreaves *et al.* 2009).

Duran and Henríquez (2007) characterized five vermicompost made from household waste, cow dung, banana residue, ornamental foliage and coffee dregs, the highest content of phosphorus was found in the cattle manure vermicompost (2%), potassium and magnesium (6.8 and 0.8% respectively) in the vermicompost of banana crop residues and increased calcium (5.6%) in the household waste vermicompost.

The time of year, animal feed, crop residues modify the C/N of the materials, which is reflected in the chemical and biological properties of compost and vermicompost,

estiércoles (Cuadros 4 y 5). Los té de compost pueden servir como fuente de nutrientes para las plantas (Ingham, 2005); sin embargo, hay escasa información para estandarizar las concentraciones nutrimentales por la alta variabilidad de los materiales con que se hace el compost y vermicompost (Hargreaves *et al.*, 2009).

Durán y Henríquez (2007), caracterizaron cinco vermicompost hechos a base de desechos domésticos, estiércol vacuno, residuo de banano, follaje de ornamentales y broza de café, el mayor contenido de fósforo lo encontraron en el vermicompost de estiércol vacuno (2%), potasio y magnesio (6.8 y 0.8% respectivamente) en el vermicompost de residuos del cultivo de banano y el mayor contenido de calcio (5.6%) en el vermicompost de residuos domésticos. La época del año, el alimento de los animales, los residuos del cultivo modifican la relación C/N de los materiales, que se refleja en las propiedades químicas y biológicas del compost y vermicompost, esto hace difícil estandarizar los té; sin embargo, no quiere decir que no se puedan utilizar pues independientemente del origen, los materiales orgánicos contienen nutrientes y microorganismos benéficos.

Más que como una fuente nutrimental, la mayoría de los trabajos sobre té de compost y vermicompost se enfocan a los beneficios para el control de enfermedades. Dionne *et al.* (2012) realizaron un trabajo *in vitro* con té de compost para control de los hongos que producen damping-off, encontraron que los té preparados a partir de compost de algas marinas, polvo de camarón, estiércol vacuno y ovino, tenían la capacidad de reducir en gran medida el crecimiento del micelio de *P. ultimum*, *R. solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis-lycopersici* y *Verticillium dahliae*.

Relación vermicompost agua y su relación con CE, pH y concentración nutrimental

La relación vermicompost: agua es directamente proporcional a la CE, a menor cantidad de agua, mayor concentración. Los valores más bajos de CE fueron registrados con la relación 1:6 de vermicompost: agua (Figura 2). La ventaja de obtener extractos concentrados da la posibilidad de realizar ajustes mediante diluciones para obtener soluciones nutritivas que se adecuen a los propósitos de producción. Haggag y Saber (2007) obtuvieron una CE de 1.66 en compost de estiércol de pollo utilizado para la extracción de té, que se prepararon en una relación 1:5, mientras que los compost originados de paja de frijol y desechos vegetales mezclados con estiércol de pollo

this makes it difficult to standardize the teas, but it does not mean that it cannot be used regardless of the source, organic materials contain nutrients and beneficial microorganisms indeed.

Not really considering them as nutrient source, most of the already-made researches on compost and vermicompost teas are focused on the benefits for disease control. Dionne *et al.* (2012) conducted an *in vitro* work with compost tea to control fungi that cause damping-off, they found that, teas made from composted seaweed, shrimp powder, cattle and sheep manure, had the ability to largely reduce mycelial growth of *de P. ultimum*, *R. solani*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Radicis-lycopersici* and *Verticillium dahliae*.

Vermicompost-water relationship and its relation to EC, pH and nutrient concentration

The relationship vermicompost-water is directly proportional to EC, the water, higher concentration. The lowest values were recorded with EC 1:6 vermicompost-water (Figure 2). The advantage of obtaining concentrated extracts gives the possibility of setting by dilutions to obtain nutrient solutions to suit production purposes. Haggag and Saber (2007) obtained an EC of 1.66 in chicken manure compost used for the extraction of teas, which were prepared in a 1:5 ratio, while the compost originated bean straw and green waste mixed with chicken manure, CE showed 2.43 and 2.36 respectively, indicating that the teas made from plants composted materials also represent a good alternative.

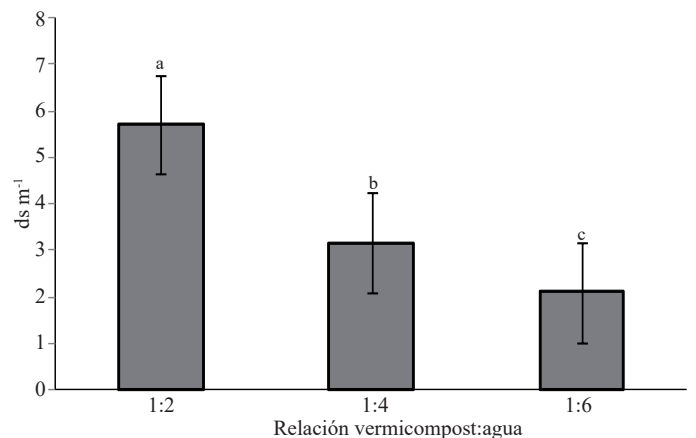


Figura 2. CE de extractos en función de las proporciones del vermicompost y agua.

Figure 2. EC extracts according to the vermicompost and water proportions.

registraron CE de 2.43 y 2.36 respectivamente, lo cual indica que los téis hechos con materiales compostados provenientes de plantas también representan una buena alternativa.

El valor de pH de los téis mostró diferencias altamente significativas por la relación vermicompost: agua en 1:2 (7.66) y 1:6 (7.57). Existe una amplia variabilidad del pH en los téis, ésto depende del origen del compost o vermicompost con que se elaboren, más que de la relación. Hargreaves *et al.* (2009) hicieron téis de compost a base de desechos municipales en relación 1:5 y encontraron intervalos de pH de 7.68 a 8.35, mientras que Hendawy *et al.* (2010) obtuvieron un pH de 6.5.

Se obtuvieron diferencias altamente significativas en la concentración de macronutrientes en función de la relación vermicompost: agua, a menor cantidad de agua, mayor concentración (Cuadro 6). Las concentraciones más bajas se registraron con la relación 1:6 de vermicompost: agua, resultado esperado dado que una menor cantidad de vermicompost respecto al agua, se traduce en la obtención de téis diluidos con bajas concentraciones nutrimentales (Ingham, 2005). Los micronutrientes tuvieron la misma tendencia en función de la dilución.

Cuadro 6. Concentración de macronutrientes de los téis en función de la relación vermicompost: agua.
Table 6. Macronutrient concentration of the teas according to the vermicompost-water relationship.

Relación vermicompost:agua (g:mL)	Nt	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	P	K	Ca	Mg	S
	----- ppm -----							
1:2	613.97a	55.76 ^a	468.18a	25.05a	490.10a	115.91a	104.05a	159.27a
1:4	412.45b	42.65b	304.51b	23.25a	266.62b	61.28b	52.75b	84.52b
1:6	313.87c	32.44c	197.06c	20.01b	174.91c	41.12c	32.94c	54.40c

§Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

Pant *et al.* (2011) obtuvieron téis de vermicompost de estiércol de pollo en relación 1:10 (vermicompost: agua) con menores concentraciones de N (81.7 ppm) y P (16.2 ppm); sin embargo, las concentraciones de K (180.4 ppm) Ca (49.0 ppm) y Mg (43.9 ppm) fueron superiores comparadas con la relación más diluida evaluada en éste experimento.

Tiempo de incubación del vermicompost y su relación con CE, pH y concentración nutrimental

El análisis estadístico mostró deferencias significativas en la CE y pH. A mayor tiempo de incubación (8, 16 y 24 h) se observa incremento en la CE (3.52, 3.68 y 3.77). A las 8 h, se obtuvo un valor de pH de 7.32, que aumentó a 7.72 a las 16 h de incubación y aumentó ligeramente a las 24 h (7.79). Los resultados muestran que en periodos de 24 h el pH tiende

The pH value of the teas showed highly significant differences in the relationship vermicompost-water; 1:2 (7.66) and 1:6 (7.57). There is a wide variability in pH teas; this depends on the source of the compost or vermicompost that are prepared, instead of the relationship. Hargreaves *et al.* (2009) made teas based on the compost from municipal wastes on 1:5 ratio and found pH ranges from 7.68 to 8.35, while Hendawy *et al.* (2010) had a pH of 6.5.

Highly significant differences were obtained in the concentration of macronutrients in terms of the relationship in vermicompost-water, with less water, higher concentration (Table 6). The lowest concentrations were recorded with 1:6 vermicompost-water, an expected result considering that the fewer vermicompost in respect to water would result in the production of diluted tea with low nutrient concentrations (Ingham, 2005). Micronutrients had the same trend as a function of dilution.

Pant *et al.* (2011) obtained vermicompost teas with chicken manure at 1:10 (vermicompost: water) with lower concentrations of N (81.7 ppm) and P (16.2 ppm); however,

the concentrations of K (180.4 ppm) Ca (49.0 ppm) and Mg (43.9 ppm) were higher compared to the more diluted relationship evaluated in this experiment.

Vermicompost incubation time and its relation to EC, pH and nutrient concentration

The statistical analysis showed significant deference in EC and pH. A longer incubation time (8, 16 and 24 h) showed an increased in EC (3.52, 3.68 and 3.77.) At 8 h, we've got a pH value of 7.32, which increased to 7.72 at 16 h incubation and increased slightly after 24 h (7.79). The results show that at periods of 24 h the pH tends to become alkalinity (7.8). Scheuerell (2003) reported that in the production of teas under anaerobic conditions the ideal time is 2 weeks. The change in the pH is related to the microbial activity

a la alcalinidad (7.8). Scheuerell (2003) reporta que en la producción de té en condiciones de anaerobiosis el tiempo ideal es de 2 semanas. La modificación en el pH se relaciona con la actividad microbiana que se da en los té (Atiyeh *et al.*, 2002; Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009), además de la volatilización de compuestos que contienen hidrógeno, como el amoníaco (Korner y Stegmann, 1998). Pant *et al.* (2012) reportaron que la adición de té de vermicomposta al suelo, aumentó la respiración y la actividad deshidrogenasa (DHA), indicador de la actividad microbiana en el suelo (Błońska, 2010).

El tiempo de incubación, influyó significativamente en la concentración de nutrientes. A las 8 h se obtuvo la mayor concentración de Nt, $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$ (Figura 3); estos resultados confirman que este tiempo es suficiente para la extracción de los té, ya que se obtienen las mayores concentraciones de nitrógeno. Este elemento está involucrado directamente en el proceso de la fotosíntesis, la carencia de él no permite que la planta utilice la luz solar como fuente de energía en el proceso de la fotosíntesis y la planta pierde la habilidad de ejecutar funciones esenciales como la absorción de nutrientes (Mengel y Kirkby, 1987; Alcántar *et al.*, 2009).

El mayor contenido de $N-NO_3^-$ respecto a $N-NH_4^+$ (7 veces mayor), se debe a que el NH_4^+ se oxida a NO_3^- al final de proceso de vermicompostaje (García *et al.*, 1991; Velasco-Velasco *et al.*, 2004). Por otro lado tiempos de incubación muy prolongados pueden favorecer la inmovilización de los nutrientes (Ingham, 2005). El número de los microorganismos en los té aumenta durante el proceso de extracción (Fritz *et al.*, 2012), por lo que el nivel de $N-NO_3^-$ cae gradualmente debido a que los microorganismos lo inmovilizan al consumirlo y almacenarlo (Ingham, 2005; Lubke y Lubke, 2013).

Las concentraciones de K, Ca, Mg, Cu y Ni se mantuvieron iguales en los tres periodos de muestreo. A las 24 h se registraron las mayores concentraciones de P, S, Fe, B, Mn, Mo y Zn (Cuadro 7 y 8).

Cuadro 7. Concentración de macronutrientes de los té en función del tiempo de incubación.

Table 7. Macronutrient concentration of the teas according to the incubation time.

Tiempo de incubación (h)	P	K	Ca	Mg	S
	----- ppm -----				
8	19.96c§	304.51a	71.22a	62.22a	96.47b
16	22.75b	307.02a	73.56a	64.36a	99.24ab
24	25.60a	320.09a	73.54a	63.16a	102.48a

§Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

that occurs in the teas (Atiyeh *et al.* 2002; Ingham, 2005; Pant *et al.*, 2009), in addition to volatilization of hydrogen containing compounds such as ammonia (Korner and Stegmann, 1998). Pant *et al.* (2012) reported that, the addition of vermicompost teas into the soil increased the respiration and dehydrogenase activity (DHA), an indicator of microbial activity in the soil (Błońska, 2010).

The incubation time, significantly influenced the concentration of nutrients. At 8 h had the highest concentration Nt, $N-NH_4^+$ and $N-NO_3^-$ (Figure 3), these results confirmed that this time is enough to extract the teas, and obtained the highest concentrations of nitrogen. This element is directly involved in the process of photosynthesis, its lack does not allow the plant to use sunlight as an energy source in the process of photosynthesis and the plant loses the ability to perform essential functions, such as nutrient uptake (Mengel and Kirkby, 1987; Alcántar *et al.*, 2009).

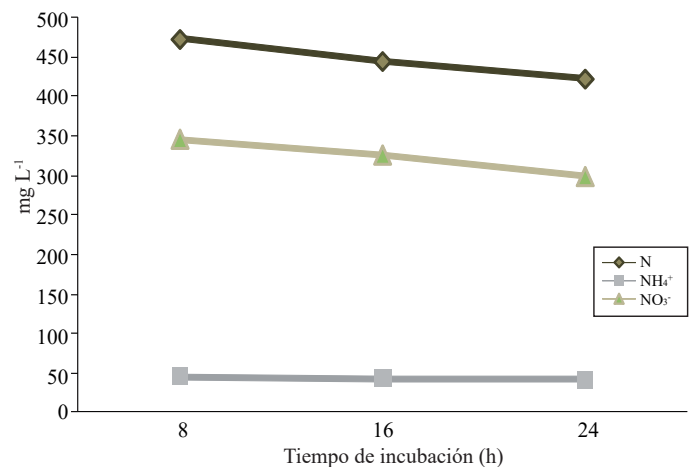


Figura 3. Concentración de nitrógeno total, $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$ en función del tiempo de incubación.

Figure 3. Total nitrogen concentration, $N-NH_4^+$ and $N-NO_3^-$ depending on the incubation time.

The higher content of $N-NO_3^-$ compared to $N-NH_4^+$ (7 times) is that, NH_4^+ is oxidized to NO_3^- at the end of the vermicomposting process (García *et al.* 1991;

Cuadro 8. Concentración de micronutrientes de los téis en función del tiempo de incubación.
Table 8. Micronutrients concentration of the teas according to the incubation time.

Tiempo de incubación (h)	B	Mn	Cu	Fe	Mo	Zn	Na	Ni
	----- ppm -----							
8	0.586b	0.072b	0.086a	0.400b	0.105ab	0.098ab	130.86a	0.031a
16	0.633ab	0.089ab	0.091a	0.427ab	0.100b	0.095b	135.16a	0.032a
24	0.680a	0.105a	0.104a	0.523a	0.119a	0.119a	133.99a	0.038a

[§]Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

Las concentraciones de Nt, P, K y Ca fueron altas en relación a las obtenidas Ochoa *et al.* (2009) en la extracción de téis aireados incubados por 24 h. Con respecto a Mg, Zn y Cu, se obtuvieron concentraciones menores a las reportadas por tales autores.

En los últimos años, los agricultores que producen en la modalidad de agricultura orgánica y otros que desean minimizar el uso de fertilizantes y pesticidas buscan alternativas para la producción como el uso de extractos acuosos de compost y vermicompost. Éstos líquidos denominados téis, son mucho más fáciles de transportar y aplicar a los cultivos que los materiales sólidos (Arancon *et al.*, 2007). Puesto que la eficiencia de los téis dependen de la preparación, la manipulación del proceso de producción de los téis de compost y vermicompost y el uso de nuevas técnicas para la caracterización de la materia orgánica y el perfil de la comunidad microbiana puede mejorar la eficacia y la fiabilidad del control de una determinada enfermedad (St. Martin y Brathwaite, 2012). Además el tener información de las concentraciones nutrimentales de los extractos, posibilitan su empleo para la nutrición de cultivos.

Conclusiones

El origen del vermicompost utilizado en la elaboración de los téis muestra alta correlación con el contenido nutrimental, pH y CE. Los téis elaborados a partir del vermicompost de pasto y la mezcla de estiércol de borrego y bovino presentaron mayor pH así como CE más alta reflejada en mayor concentración de nutrientes.

La relación 1:2 (vermicompost: agua) ofrece la ventaja de obtener téis concentrados con valores más altos de pH, CE y concentración de nutrientes, lo que representa una alternativa para su uso en la elaboración de soluciones nutritivas más diluidas.

Velasco-Velasco *et al.*, 2004). On the other hand, very long incubation times may favor the immobilization of nutrients (Ingham, 2005). The number of microorganisms in the teas increases during the extraction process (Fritz *et al.*, 2012), so that the level of N-NO_3^- drops gradually because the microorganisms immobilize it while consume and storing it (Ingham, 2005; Lubke and Lubke, 2013).

The concentrations of K, Ca, Mg, Cu and Ni remained the same in the three sampling periods. At 24 h there were higher concentrations of P, S, Fe, B, Mn, Mo and Zn (Table 7 and 8).

Nt, P, K and Ca concentrations were high in relation to those obtained by Ochoa *et al.* (2009) in the extraction of aerated tea incubated for 24 h. With respect to Mg, Zn and Cu, lower concentrations were obtained compared to those reported by these authors.

In the recent years, farmers who produce in the form of organic agriculture and others who want to minimize the use of fertilizers and pesticides are seeking alternatives for the production and use of aqueous extracts of compost and vermicompost. These liquids called teas are way easily transported and applied into the crops than solid matter (Arancon *et al.*, 2007). Considering that, the efficiency of the teas depends on the preparation, handling in the production process of compost teas and the vermicompost, as well as the use of new techniques for the characterization of the organic matter and the microbial profile can improve efficiency and control reliability of a given disease (St. Martin and Brathwaite, 2012). Also, having nutritional information on the concentrations of the extracts makes it feasible for its use on crop nutrition.

Conclusions

The source of the vermicompost used in the preparation of teas show a high correlation with the nutrient content, pH and EC. Teas made from grazing vermicompost

De acuerdo con lo realizado en el presente experimento el tiempo de incubación más adecuado para la extracción de té es de ocho horas.

Literatura citada

- Alcántar, G. G.; Trejo-Téllez, L. I.; Fernández, P. L.; y Rodríguez, M. M. N. 2009. Elementos esenciales. In: Alcántar, G. G. y Trejo, T. L. I. (Eds.). Nutrición de cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. México, D. F. 454 p.
- Arancon, Q. N.; Edwards, C. A.; Dick, R. and Dick, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle* 48(11):51-52.
- Atiyeh, R. M.; Lee, S.; Edwards, C. A.; Arancon, N. Q. and Metzger, J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bio. Technol.* 84:7-14.
- Błońska, E. 2010. Enzyme activity in forest peat soils. *Folia Forestalia Polonica, series A.* 52(1):20-25.
- Dionne, A.; Tweddell, R. J.; Antoun, H. and Avis, T. J. 2012. Effect of non-aerated compost teas on damping-off pathogens of tomato. *Can. J. Plant Pathol.* 34(1):51-57.
- Durán, L. y Enríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- Fritz, J. I.; Franke-Whittle, I. H.; Haindl, S.; Insam, H. and Braun, R. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian J. Microbiol.* 58(7):836-847.
- García, C.; Hernández, T. and Costa, F. 1991. The influence of composting on the fertilizing value of an anaerobic sewage sludge. *Plant Soil* 136:269-272.
- Haggag, W. M. and Saber, M. S. M. 2007. Suppression of early blight on tomato and purple blight on onion by foliar sprays of aerated and nonaerated compost teas. *J. Food Agric. Environ.* 5:302-309.
- Hargreaves, C. J.; Sina, M. A. and Warman, P. R. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *J. Sci. Food Agric.* 89:390-397.
- Hendawy, S. F.; Ezz El-Din, A. A.; Aziz, E. E. and Omer, E. A. 2010. Productivity and oil quality of *Thymus vulgaris* L. under organic fertilization conditions. *Ocean J. Appl. Sci.* 3(2):203-216.
- Ingham, E. 2005. The compost tea brewing manual; latest methods and research. Soil Food Web Incorporated. Fifth Edition. Corvallis, OR. 79 p.
- Korner, I. and Stegmann, R. 1998. Influence of biowaste composition and composting parameters on nitrogen dynamics during composting and on nitrogen contents in compost. *Acta Hort.* 469:97-109.
- Lubke, U. and Lubke, S. 2013. El compost microbiológico controlado. Una solución sostenible para el tratamiento de suelos y cultivos. Soluciones agrícolas y medioambientales. www.samsoluciones.es.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Bern, 687 pp.
- National Organic Standards Board (NOSB). 2004. Compost tea task force final report. 2004. www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf.
- and a mixture of sheep and cow manure had higher pH and higher EC reflected in higher concentrations of nutrients.
- The ratio 1:2 (vermicompost: water) offers the advantage of concentrated teas with higher values of pH, EC and nutrient concentration, which represents an alternative for use in the preparation of more diluted nutrient solutions.
- According to the present experiment, the most appropriate incubation time for the extraction of tea is eight hours.

End of the English version



- Ochoa-Martínez, E.; Figueroa-Viramontes, U.; Cano-Ríos, P.; Preciado-Rangel, P.; Moreno-Reséndez, A. y Rodríguez-Dimas, N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo. Serie Horticultura* 15(3):245-250.
- Pant, A. P.; Radovich, K. T. J.; Hue, V. N.; Talcott, T. S. and Krennek, A. K. 2009. Effects of vermicompost tea (Aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Sci. Utilization* 19(4):279-292.
- Pant, A. P.; Radovich, K. T. J.; Hue, V. N. and Arancon, N. Q. 2011. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *J. Sci. Food Agric.* 89:2383-2392.
- Pant, A. P.; Radovich, K. T. J.; Hue, V. N. and Paull, E. R. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae* 148:138-146.
- Preciado-Rangel, P.; Fortis-Hernández, M.; García-Hernández, J. L.; Rueda-Puente, E.; Esparza-Rivera, J. R.; Lara-Herrera, A.; Segura-Castruita, M. A. y Orozco-Vidal, J. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36(9):689-693.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2010. SAS user's guide. Statistics. Version 9.3. SAS Inst., Cary, NC. Quality, and elemental removal. *J. Environ. Qual.* 19:749-756.
- Scheuerell, S. J. 2003. Understanding how compost tea can control disease. *BioCycle*. 44(2):20-25.
- Scheuerell, S. J. 2004. Compost tea production practices, microbial properties, and plant disease suppression. I International Conference Soil And Compost Eco-Biology. September 15th- 17th. León- Spain.
- Scheuerell, S. J. and Mahaffee, W. F. 2006. Variability associated with suppression of gray mold (*Botrytis cinerea*) on geranium by foliar applications of nonaerated and aerated compost teas. *Plant Dis.* 90:1201-1208.
- St. Martin, C. C. G. and Brathwaite, R. A. I. 2012. Compost and compost tea: principles and prospects as substrates and soilborne disease management strategies in soil-less vegetable production. *Biol. Agric. Hort.* 28(1):1-33.
- Velasco-Velasco, J.; Figueroa-Sandoval, B.; Ferrera-Cerrato, R.; Trinidad-Santos, A. y Gallegos-Sánchez, J. 2004. CO₂ y dinámica de poblaciones microbianas en composta de estiércol y paja con aireación. *Terra Latinoamericana* 22(3):307-316.