

Vermicompost como sustrato en la producción de menta (*Mentha piperita* L.)*

Vermicompost as a substrate in the production of peppermint (*Mentha piperita* L.)

José Cruz Romero Figueroa^{1§}, Ma. de las Nieves Rodríguez Mendoza¹, Ma. del Carmen Gutiérrez Castorena¹ y Julio Sánchez Escudero²

¹Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo. Área de Nutrición Vegetal. Carretera México- Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. Tel. 595 95 101 98. Ext. 1262 (romero.jose@colpos.mx), (marinie@colpos.mx), (castor@colpos.mx) ²Postgrado en Agroecología. *Campus* Montecillo. Ext. 1741 (sanchezej@colpos.mx) [§]Autora para correspondencia: marinie@colpos.mx.

Resumen

El objetivo del trabajo fue comparar la relación carbono nitrógeno del vermicompost como sustrato en la producción y concentración nutrimental de menta (*Mentha piperita* L.). Se realizaron tres compostas con relaciones iniciales de C/N 45, 35 y 26, para ello se utilizaron dos materiales orgánicos paja de maíz (PM) y estiércol de bovino (EB). Al final del proceso de vermicompostaje se cosechó el humus de lombriz o vermicompost (VC) y se obtuvo relaciones C/N 21, 27 y 13 respectivamente. Para la evaluación nutrimental del vermicompost se diseñó un experimento factorial (3 x 2), con tres relaciones C/N, con y sin la incorporación de efluentes orgánicos (derivados del proceso de vermicompostaje), en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones. Las plántulas de menta se colocaron en macetas con una mezcla de vermicompost:agrolita (3:1, v:v). 73 días después del trasplante (DDT) se determinó nitratos (NO₃⁻) y potasio (K⁺) con los ionómetros portátiles Horiba[®], posteriormente se cosecharon las plantas y se cuantificó peso fresco y seco de hojas, tallos y raíz, índices de materia seca y la proporción de la parte aérea y raíz. Las plantas desarrolladas en el VC 13 presentaron la mayor concentración de NO₃⁻ (12 750 ppm) y K⁺ (10, 100 ppm) además favoreció el desarrollo del cultivo que se refleja en

Abstract

The objective was to compare the carbon nitrogen vermicompost as substrate in the production and nutrient concentration of peppermint (*Mentha piperita* L.). There were three initial relationships compost C/N 45, 35 and 26, for these two organic matters were used; maize straw (PM) and cow manure (EB). At the end of the vermicomposting process we harvested vermicompost (VC) and obtained C/N ratios of 21, 27 and 13 respectively. For the nutritional evaluation of vermicompost we designed a factorial experiment (3 x 2) with three C/N ratios, with and without the addition of organic effluents (derived from vermicomposting process) in a completely randomized design with 10 replications. Peppermint seedlings were placed in pots containing a mixture of vermicompost: perlite (3:1, v: v). 73 days after transplanting (DAT) nitrates were determined (NO₃⁻) and potassium (K⁺) with mobile Ionomers Horiba[®], then the plants were harvested and quantified the fresh and dry weight of leaves, stems and roots, dry matter rates and the proportion of shoots and roots. Plants grown in the VC 13 had the highest concentration of NO₃⁻ (12 750 ppm), and K⁺ (10, 100 ppm) also favoring the development of the crop which is reflected in Total Biomass (16.97 g) compared to the plants grown in

* Recibido: noviembre de 2012
Aceptado: marzo de 2013

Biomasa Total (16.97 g) en comparación con las plantas que crecieron en VC 21 y 27. Vermicompost con rel C/N inicial de 26 produce un material que puede ser utilizado como sustrato en el cultivo de menta para consumo en fresco o en seco.

Palabras clave: *Mentha piperita* L., relación C/N, vermicompost.

Introducción

En México la producción de hierbas aromáticas presenta un gran potencial debido al incremento en las exportaciones a países como Estados Unidos de América, Japón y Alemania (Sánchez y Lucero, 2012). Entre las plantas aromáticas de importancia nacional se encuentra la menta que pertenece a la familia Lamiaceae, se distribuye en regiones templadas y subtempladas (Arzani *et al.*, 2007), sus productos son la producción de hojas secas que son usadas en tés y condimentos y aceites esenciales (Dorman *et al.*, 2003), que es fuente valiosa de antioxidantes, por lo que su consumo se ha incrementado en los últimos años (Rodríguez *et al.*, 2006).

En la producción orgánica el uso del compost se ha convertido en un elemento central, ya que proveen de una aeración adecuada, mejora la capacidad de retención de agua, promueve el crecimiento de microorganismos benéficos en la rizosfera y sirven como un reservorio de nutrientes para la obtención de plantas sanas que contribuyen a la productividad de las mismas (Velarde *et al.*, 2004; Hashemimajd *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2008; Nair *et al.*, 2012). Por sus características físico-químicas la incorporación del compost al suelo favorece la aireación y drenaje, lo que permite un mejor desarrollo del cultivo (Hashemimajd *et al.*, 2004)

Para el inicio del compostaje se recomienda que la rel C/N de los materiales a utilizar estén entre 25-35 (Bernal *et al.*, 2009, Sánchez *et al.*, 2008), mientras que para el vermicompostaje está oscile entre 20-25 (Sánchez *et al.*, 2008) previo pre-compostaje, esto permite que las temperaturas altas que se presenten en la primera etapa aseguren la inocuidad del producto final, y cuando se agreguen las lombrices la temperatura baje y sea más eficiente la actividad de estas. La rel C/N del producto final del proceso de vermicompostaje conocido como humus de lombriz o vermicompost oscilará entre 13-15, lo que permite definir la estabilidad del producto (Zhu, 2007).

VC 21 and 27. Vermicompost with initial C/N 26 produces a material which can be used as substrate for the cultivation of fresh consumption mint or dry.

Key words: *Mentha piperita* L., C/N, vermicompost.

Introduction

In Mexico, aromatic herb production has great potential due to increased exports to countries such as USA, Japan and Germany (Sánchez and Lucero, 2012). Among the aromatic plants of national importance is the mint family, Lamiaceae, distributed in temperate and sub-temperate regions (Arzani *et al.*, 2007), their products are the production of dried leaves used in teas, condiments and essential oils (Dorman *et al.*, 2003), which is a valuable source of antioxidants, so that their consumption has increased in the recent years (Rodríguez *et al.*, 2006).

In organic compost, its use has become a key element, since they provide a proper aeration, improving water retention, promotes growth of the beneficial microorganisms in the rhizosphere and serve as a reservoir of nutrients for healthy plant, contributing to productivity (Velarde *et al.* 2004; Hashemimajd *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2008; Nair *et al.*, 2012). Because of their physicochemical characteristics, incorporating this compost into the soil facilitates aeration and drainage, allowing better crop development (Hashemimajd *et al.*, 2004).

For the start of composting is recommended that C/N of the materials used are between 25-35 (Bernal *et al.*, 2009; Sánchez *et al.*, 2008), while for the vermicomposting is ranging between 20 to 25 (Sánchez *et al.*, 2008) before pre-composting, this allows high temperatures that occur in the first stage and ensure the safety of the final product, and when we add the worms, the temperature drops making more efficient this activity. The C/N of the final product of the process known as vermicomposting range between 13-15, which lets us define then product's stability (Zhu, 2007).

Measuring the growth of specific organs and the proportion of these with respect to the total plant, to identify biochemical and physiological changes associated with crop nutrition which will directly influence the production (Salisbury and Ross, 1994; Delgado *et al.*, 2004). In this regard, there

La medición del crecimiento sobre órganos específicos y la proporción de estos con respecto al total de la planta, permite identificar cambios bioquímicos y fisiológicos relacionados con nutrición del cultivo que van a influir directamente sobre la producción (Salisbury y Ross, 1994; Delgado *et al.*, 2004). En relación a este aspecto es poco lo que se conoce sobre la producción del cultivo de menta con sustratos orgánicos y cómo se modifican los indicadores de desarrollo y crecimiento. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue comparar la relación carbono nitrógeno del vermicompost como sustrato en la producción y concentración nutrimental de menta.

Materiales y métodos

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Estado de México. Para el pre-compostaje se utilizaron 2 materiales orgánicos paja de maíz y estiércol de bovino, a estos se les determinó materia orgánica y nitrógeno total en laboratorio, una vez obtenido los resultados y en base a las fórmulas propuestas por el Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios (2007) se determinaron las rel C/N de paja de maíz (PM) y estiércol de bovino (EB). Con base en esto se calculó las cantidades como se indica en el Cuadro 1. Después de 93 días se incorporó la lombriz, y 97 días después finalizó el proceso con una rel C/N que va de 13 a 27 (Cuadro 1).

El material vegetal utilizado fue semilla de menta (Rancho los Molinos®), sembradas en charola de 200 cavidades utilizando como sustrato peat moss, 30 días después se hizo el trasplante, colocando una planta por unidad experimental que consistió en un bolsa negra de polietileno (17 x 17) que contenía con una mezcla de vermicompost y agrolita (3:1 V:V). Para conocer el potencial nutrimental de los vermicompost se utilizó un diseño de tratamientos con arreglo factorial (3 x 2) el primer factor fueron las relaciones C/N a evaluar (21, 27 y 13) y el segundo factor fue la incorporación de los efluentes (con y sin) que fueron colectados tres semanas antes de la cosecha del humus de lombriz. Los tratamientos se replicaron 10 veces y se distribuyeron completamente al azar (Cuadro 2).

is little information known about the mint crop production with organic substrates and how to modify the growth and development indicators. For this reason the objective of this study was to compare carbon nitrogen vermicompost as substrate in the production and nutrient concentration of mint.

Materials and methods

This research was performed in the facilities of the Graduate College, Campus Montecillo, State of Mexico. For the pre-composting we used two organic materials, maize straw and cow manure, for these we were determined its organic matter and total nitrogen in the laboratory, after obtaining the results and based on the formulas proposed by the National Standardization Technical Committee Agriculture and Livestock (2007) determining the C/N of maize straw (PM) and cow manure (EB). Based on this, we calculated the amounts shown in the Table 1. After 93 days we added the worms, and 97 days after the process ended with C/N ranging from 13-27 (Table 1).

Cuadro 1. Cantidad de material orgánico para la obtención de las relaciones carbono nitrógeno en el proceso de pre-compostaje.

Table 1. Amount of organic material for obtaining carbon-nitrogen relations during the pre-composting process.

Materiales orgánicos (kg)		Rel C/N inicial en el proceso de pre-compostaje	Rel C/N final en el proceso de vermicompostaje*
PM	EB		
670	1330	45	21 [§]
320	1680	35	27
0	2000	26	13

PM= paja de maíz; EB = estiércol de bovino. *Material que se utilizó para la evaluación en *Menta (Menta piperita* L.). [§]Ajuste numérico para aspectos prácticos.

The plant material used was mint seed (Rancho los molinos®), seeded in 200 cavities tray using peat moss as substrate, 30 days after the transplant, placing one plant per experimental unit consisting of a black polyethylene bag (17 x 17) containing a mixture of vermicompost and perlite (3:1 V:V). For the nutritional potential of vermicompost we used a factorial arrangement of treatments (3 x 2) the first

Todas las plantas fueron regadas cada tercer día con 60 mL de agua acidulada (cálculo obtenido por riego por goteo de 2 min.). Durante el desarrollo de las plantas se hicieron lecturas SPAD a los 16, 34, 53 y 73 días después del trasplante, utilizando un medidor de clorofila Minolta® SPAD 502. A la cosecha (73 DDT) en invernadero en las primeras horas de la mañana se determinó en extracto celular NO_3^- y K^+ (ionómetros portátiles HORIBA®), que se obtuvo de la trituración de los tallos que contenían las hojas más recientemente maduras (Alcántar y Sandoval, 1999; Hart *et al.*, 2003).

Al mismo tiempo se hicieron determinaciones de peso fresco de hojas (PFH) y tallos (PFT), volumen radial (VR), peso seco de Hojas (PSH), Tallos (PST) y Raíz (PSR). Con estas medidas directas se calculó la Biomasa Fresca (BF= PFH + PFT), peso seco se calculó Biomasa aérea (BA= PSH + PST), índice de materia seca (IMS= BA/BF) y proporción de la parte aérea con respecto a la raíz (PPAR= BA/PSR) expresados en g planta^{-1} (Villar *et al.*, 2005). Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.3 mediante un análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental utilizado y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

El pre-compostaje se inició con tres relaciones C/N, 45, 35 y 26, después de la descomposición de los materiales orgánicos y su transformación a vermicompost se obtuvo un sustrato químicamente estable con relaciones 21, 27 y 13 respectivamente (Cuadro 3). De acuerdo con Sánchez *et al.* (2008) la mejor rel C/N de un vermicompost para la producción agrícola, oscila entre 10 y 13. La actividad de las lombrices está asociada completamente con actividad microbiana para la generación de un vermicompost enriquecido con organismos benéficos para la plantas (Rajasekar *et al.*, 2012). En el Cuadro 3, se muestra los resultados del análisis químico de los tres materiales.

El vermicompost con la rel C/N 13 presentó el mayor porcentaje de nitrógeno (0.625%), la mitad de lo reportado por Durán y Henríquez, (2007) quienes al obtener un vermicompost derivado del uso de estiércol vacuno con una Rel C/N de 10.9 presentó 1.8% de nitrógeno, lo que demuestra que el tipo de materia prima utilizada para la elaboración del vermicompost determinará las características finales del material. La mayor concentración de fósforo se presentó en

factor was C/N ratios to be evaluated (21, 27 and 13) and the second factor was the incorporation of effluent (with and without) that were collected three weeks before harvested vermicompost. The treatments were replicated 10 times and completely randomized (Table 2).

Cuadro 2. Generación de tratamientos evaluados.
Table 2. Generating treatments evaluated.

Tratamiento	Descripción	Identificación
T1	Vermicompost rel C/N 21 + efluente*	VC 21 + EF
T2	Vermicompost rel C/N 21	VC 21
T3	Vermicompost rel C/N 27 + efluente	VC 27 + EF
T4	Vermicompost rel C/N 27	VC 27
T5	Vermicompost rel C/N 13 + efluente	VC 13 + EF
T6	Vermicompost rel C/N 13	VC 13

* Los efluentes se incorporaron cada siete días.

All plants were watered every other day with 60 ml of acidulated water (obtained by calculating drips of 2 min). During the plant development SPAD readings were made at 16, 34, 53 and 73 days after transplantation, using a Minolta Chlorophyll Meter SPAD 502®. At harvest (73 DAT) in the greenhouse in the early morning hours we determined cell extract of NO_3^- and K^+ (mobile Ionomers HORIBA®), which was obtained from the shattering of stems containing the most recently mature leaves (Alcántar and Sandoval, 1999; Hart *et al.*, 2003).

At the same time measurements of leaf fresh weight (PFH), stems (PFT), radial volume (VR), dry weight of leaves (PSH), stems (PST) and roots (PSR) were made. With these direct measures we calculated Fresh Biomass (BF= PFH+PFT), dry weight was calculated aerial biomass (BA= PSH + PST), dry matter index (IMS= BA / BF) and the proportion of the aerial part with respect to the roots (PPAR= BA/PSR) expressed in g plant^{-1} (Villar *et al.*, 2005). The data obtained were analyzed using the statistical package SAS 9.3 by analysis of variance according to the experimental design and comparison of means by Tukey test ($p \leq 0.05$).

Results and discussion

Pre-composting started with three ratios C/W, 45, 35 and 26, after decomposition of organic materials and its transformation to a substrate was obtained with

la rel C/N 13 (Cuadro 3) con 988.74 ppm, niveles altos de fósforo son importantes para la estimulación del crecimiento de raíces (Brown *et al.*, 2003), pero también puede afectar el desarrollo de la planta cuando las concentraciones son demasiado altas (Alcántar *et al.*, 2009). Por otro lado, Atiyeh *et al.* (2002) menciona que el vermicompost al sufrir una serie de transformaciones hacen disponibles cuatro veces más el nitrógeno, veinticinco veces más el fósforo, y dos veces más el potasio.

vermicompost chemically stable in relations of 21, 27 and 13 respectively (Table 3). According to Sánchez *et al.* (2008) the best C/N of a vermicompost for crop production, ranges from 10 to 13. The earthworm activity is associated entirely with microbial activity for the generation of a vermicompost enriched with beneficial organisms for the plants (Rajasekar *et al.*, 2012). The Table 3 shows the results of the chemical analysis of the three materials.

Cuadro 3. Análisis químico de tres vermicompost generados de dos materiales orgánicos.

Table 3. Chemical analysis of three vermicompost generated with two organic matters.

Rel C/N		C. E.	C.I.C.	pH	M. O.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Inicial	Final	dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹			---- (%) ----	----- ppm -----	
45	21	2.14	15.55	8.6	17.6	0.482	740.91	105.64
35	27	2.06	24.00	8.6	15.7	0.339	886.69	114.61
26	13	2.20	27.74	8.8	14.4	0.625	988.74	132.55

CE= conductividad eléctrica; CIC= capacidad de intercambio catiónico; MO= materia orgánica.

El vermicompost de la rel C/N 13 obtuvo los mayores resultados en C.E. que fue de 2.2 dS m⁻¹, C.I.C. con un valor de 27.74 cmol kg⁻¹ y K⁺ con un valor de 132.55 ppm, y fue menor en materia orgánica con 14.4% (Cuadro 3), el comité técnico de normalización nacional de productos agrícolas y pecuarios (2007) indica que un vermicompost presenta en promedio CIC > a 40 cmol kg⁻¹, pH de 5.5 a 8.5, CE ≤ 4 dS m⁻¹. Hernández *et al.* (2010) y Khan y Fouzia (2011), reportan pH 6.54-8.66, CE 2.89-5.75 dS m⁻¹, y concentraciones de K⁺ de 1 520-1 900 ppm. Aunque se obtienen diferencias en las características químicas, es muy difícil estandarizar concentraciones nutrimentales para un mejor vermicompost, pues esto depende del material de origen y la tecnología empleada para su producción.

Durante el desarrollo del cultivo se observaron en las hojas diferencias en la tonalidad de verde que se ratificó con las lecturas SPAD. En la Figura 1, se muestra como a los 16 DDT los tratamientos VC 13 con y sin efluentes fueron altamente significativos ($p \leq 0.05$) sobre los demás tratamientos, los valores obtenidos fueron de 29.69 y 28.68 respectivamente, seguido del VC 27 (25.03), mientras que en los tratamientos VC 27 + EF, VC 21 y VC 21 + EF no hubo diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). Éstos resultados indican que la incorporación de efluentes no siempre viene acompañado de una respuesta favorable por la planta, tal como lo confirma Atiyeh *et al.* (2002).

The vermicompost with C/N 13 had the highest percentage of nitrogen (0.625%), half of that reported by Duran and Henríquez (2007) who got a vermicompost from cow manure with C/N 10.9 showed 1.8% nitrogen, which shows that the type of raw material used for the production of vermicompost determine the final characteristics of the material. The highest concentration of phosphorus was presented at the C/N 13 (Table 3) with 988.74 ppm, high phosphorus levels are important for root growth stimulation (Brown *et al.*, 2003), but it can also affect the development of the plant when the concentrations are too high (Alcántar *et al.*, 2009). Furthermore, Atiyeh *et al.* (2002) mentioned that, the vermicompost undergoing a series of transformations made available four times more nitrogen, twenty times more phosphorus and twice the potassium.

The vermicompost of C/N 13 obtained the best results in EC, 2.2 dS m⁻¹, C.I.C. with a value of 27.74 cmol kg⁻¹ and K⁺ with a value of 132.55 ppm, and was lower in organic matter with 14.4% (Table 3), the technical committee of national standardization of agricultural and livestock products (2007) indicates that a vermicompost CIC has on average > 40 cmol kg⁻¹, pH from 5.5 to 8.5, EC ≤ 4 dS m⁻¹. Hernández *et al.* (2010) and Khan and Fouzia (2011) reported pH 6.54-8.66, EC 2.89-5.75 dS m⁻¹, and K⁺ concentrations of 1 520-1 900 ppm. Although the differences were obtained in the chemical stage, it is quite difficult to standardize the

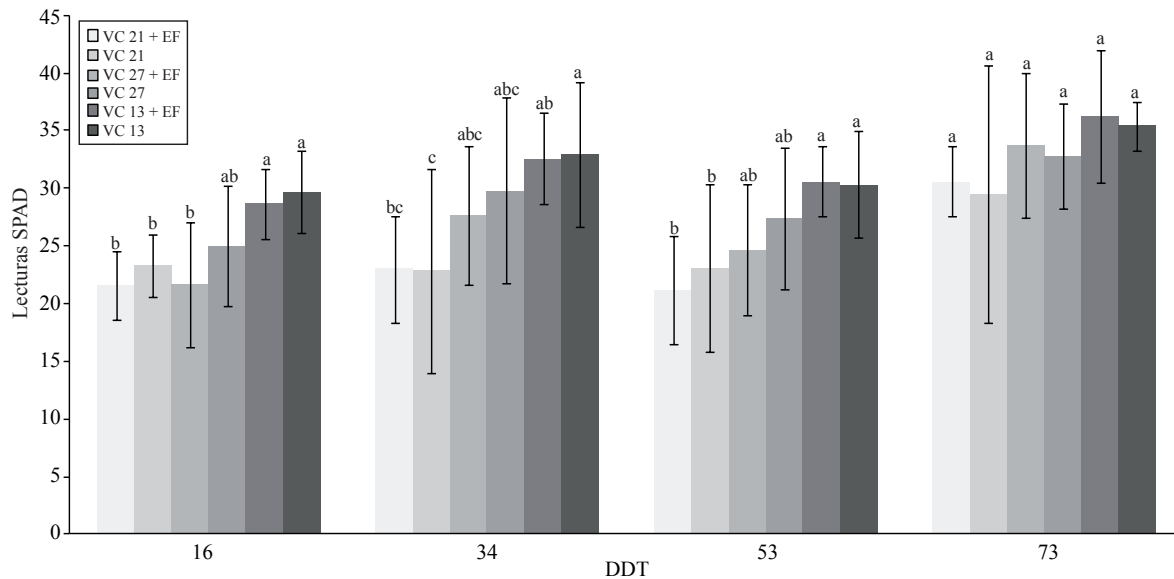


Figura 1. Lecturas SPAD en hojas de menta en diferentes intervalos de tiempos, sobre los tratamientos evaluados. (VC 21 + EF= vermicompost C/N 21 + efluente; VC 21= vermicompost C/N 21; VC 27 + EF= vermicompost C/N 27 + efluente; VC 27= vermicompost C/N 27; VC 13 + EF= vermicompost C/N 13 + efluente; VC 13= vermicompost C/N 13).

Figure 1. SPAD Readings in mint leaves at different time intervals on the evaluated treatments. (VC 21 + EF= vermicompost C/N 21 + effluent; VC 21= vermicompost C/N 21; VC 27 + EF= vermicompost C/N 27 + effluent; VC 27= vermicompost C/N 27; VC 13 + EF= vermicompost C/N 13 + effluent; VC 13= vermicompost C/N 13).

En los primeros tres muestreos las lecturas SPAD oscilaron de entre 20 a 30, mientras que a los 73 DDT se observa que la intensidad de verde en las hojas se incrementa entre 30 a 37; sin embargo, entre los tratamientos no mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), también se presentó un incremento en los brotes y hojas por lo que las plantas fueron más frondosas, esto se debe a la mineralización de la materia orgánica y absorción de iones por parte del cultivo que se dio en la época de cosecha. Atiyeh *et al.* (2000) indican que las lombrices favorecieron la mineralización de la materia orgánica incrementando el contenido de $N-NO_3^-$, por otro lado, Castro *et al.* (2009) mencionan que 25% del nitrógeno está disponible para su mineralización y ser absorbido por la planta.

En la determinación de NO_3^- los tratamientos presentaron diferencias estadísticas, sobresaliendo las plantas desarrolladas en vermicompost C/N 13 con y sin efluentes y las que crecieron con vermicompost C/N 21 con valores de 12 750, 11 550 y 10 750 ppm respectivamente (Figura 2). Leyva *et al.* (2005) en un experimento en tomate encontraron una concentración de 2 090 ppm de NO_3^- , valores bajos comparados con los obtenidos en la presente investigación; sin embargo, es importante destacar que esta determinación se hizo cuando estaba en producción el cultivo y por efecto de dilución los niveles disminuyen notablemente. En trigo, la concentración de NO_3^- en tallos fue de cinco veces mayor que la concentración en hojas (1 261 ppm) (Echeverría, 1985).

nutrient concentrations for better vermicompost, as this depends on the source material and the technology used for their production.

During the development of the crop we observed in the leaves differences in the shades of green that was ratified with SPAD readings. The Figure 1 shows 16 DDT 13 VC treatments with and without effluents that were highly significant ($p \leq 0.05$) over the other treatments obtaining values of 29.69 and 28.68, respectively, followed by VC 27 (25.03), while in the VC 27+EF treatments, VC 21 and VC 21+EF changes were not significant ($p \leq 0.05$). These results indicate that the incorporation of effluent is not always accompanied by a favorable response by the plant, as confirmed by Atiyeh *et al.* (2002).

In the first three samples, SPAD readings ranged from 20 to 30, while the DDT 73 shows that the green strength increases between the leaves 30 to 37; however, between the treatments showed no statistical differences ($p \leq 0.05$), also showed an increase in the shoots and leaves, this is due to the mineralization of organic matter and ion uptake by the crop that was in the time of harvest. Atiyeh *et al.* (2000) suggested that, the worms favored organic matter mineralization increasing the content of $N-NO_3^-$; on the other hand, Castro *et al.* (2009) reported that 25% of the nitrogen is available for mineralization and being absorbed by the plant.

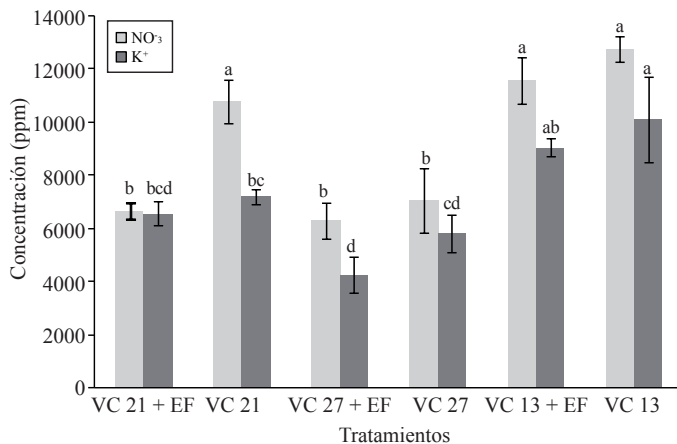


Figura 2. Concentración NO₃⁻ y K⁺ en el cultivo de menta a los 73 DDT.

Figure 2. NO₃⁻ and K⁺ concentration in the cultivation of peppermint at 73 DDT.

En la concentración de K⁺ una vez más las plantas crecidas en VC 13 presentaron mayor concentración de K⁺ (10 100 ppm). En este experimento se observó una relación inversa entre la rel C/N y la concentración de NO₃⁻ y K⁺ en las plantas desarrolladas en estos sustratos. Por otro lado, con la incorporación de efluentes, la concentración de ambos iones disminuyó bajo la hipótesis que los microorganismos que se encuentran en el vermicompost inmovilizaron estos elementos.

Los resultados obtenidos de los cuadrados medios del análisis de varianza (Cuadro 4), indican diferencias altamente significativas en todas las variables por efecto de rel C/N en el vermicompost, no así por la incorporación de efluente y su interacción, en este mismo sentido Juárez *et al.* (2012) no encontraron diferencias significativas en las variables de peso fresco y seco utilizando dos fuentes orgánicas para el desarrollo de la manzanilla; mientras que Atiyeh *et al.* (2001) concluyeron que las diferencias encontradas en las variables evaluadas se debe al contenido de cantidades significativas de reguladores de crecimiento: auxinas, giberelinas y citoquininas debido a la actividad de las lombrices.

Cuadro 4. Cuadros medios del análisis de varianza para los índices morfológicos en el cultivo de menta bajo condiciones de invernadero con sustratos orgánicos y efluentes (73 DDT).

Table 4. Mean squares of the analysis of variance for morphological indexes on mint growing under greenhouse conditions with organic and effluent substrates (73 DAT).

FV	GL	PFT	PFH	PSH	PST	PSR	VR
C/N	2	50.54**	200.17**	9.7**	1.88**	1.79**	156.65**
EFL	1	0.01	0.74	0.05	0.03	0.04	0.75
C/N*EFL	2	2.74	1.75	0.10	0.14	0.03	2.78
ERROR	54	2.66	11.07	0.38	0.11	0.09	6.03
CV		38.07	48.57	47.92	56.09	53.74	52.38

* y **= significativo con $p \leq 0.05$ y $p \leq 0.01$, respectivamente. CV= coeficiente de variación. C/N= vermicompost; EFL= incorporación de efluentes; C/N*EFL= interacción de los 2 niveles a evaluar. PFT= peso fresco de tallos; PFH= peso fresco de tallos; PSH= peso seco hojas; PST= peso seco de tallos; PSR= peso seco de raíz; VR= volumen radical y BT= biomasa total.

In the determination of NO₃⁻ statistically differences were found on the treatments, excelling vermicompost plants developed in C/N 13 with and without effluent and grown with vermicompost C/N 21 values of 12 750, 11 550 and 10 750 ppm respectively (Figure 2). Leyva *et al.* (2005) in an experiment in tomato found a concentration of 2 090 ppm of NO₃⁻, lower values compared with those obtained in this research; however, it is important to note that this determination was made when it was during the cultivation and production stage, so the dilution effect decrease its levels dramatically. In wheat, the concentration of NO₃⁻ stems was five times higher than the concentration in leaves (1 261 ppm) (Echeverría, 1985).

In the K⁺ concentration, once again the plants grown in VC 13 had higher concentrations of K⁺ (10 100 ppm). In this experiment there was an inverse relationship between C/N and the concentration of NO₃⁻ and K⁺ in plants grown on these substrates. Furthermore, with the addition of an effluent, the concentration of both ions decreased under the assumption that the microorganisms are immobilized in the vermicompost.

The results of the mean squares of analysis of variance (Table 4) indicated highly significant differences in all variables of C/N in vermicompost, not by the addition of effluents and their interaction, in this sense Juárez *et al.* (2012) found no significant differences in the variables of fresh and dry weight using two organic matters for the development of chamomile, while Atiyeh *et al.* (2001) concluded that the differences in the variables evaluated is due to significant amounts of growth regulators: auxins, gibberellins and cytokinins due to earthworm activity.

There were statistical differences in the variable of Fresh Biomass (BF) indicating that, the highest yields were obtained with plants grown in vermicompost substrates C/N 13 regardless if the effluent was irrigated or not, obtaining

Se registraron diferencias estadísticas en la variable de Biomasa Fresca (BF), indicó que los mayores rendimientos se obtuvieron con las plantas desarrolladas en los sustratos del vermicompost C/N 13 independientemente si se regaron o no con efluentes, obteniendo valores de 16.97 y 16.09 g respectivamente (Figura 3). La biomasa aérea (BA) presenta la misma tendencia que la biomasa fresca (BF), comprobando una vez más que el vermicompost 13 favoreció el crecimiento y desarrollo de las plantas de menta. Con el análisis nutrimental de los tres vermicompost se coincide con lo que mencionan Hart *et al.* (2003) que la concentración nutrimental en estos materiales limita el desarrollo de la planta. El vermicompost C/N 2 presentó 22.88% menos de N que el vermicompost C/N 13 (Cuadro 3) lo que se refleja en la producción de la planta aromática. Éstos sustratos además contienen ácidos húmicos y promotores de crecimiento que incrementan la altura de planta, el área foliar y el peso fresco y seco de la parte aérea (Atiyeh *et al.* 2002).

Aunque los vermicompost son considerados con bajo contenido nutrimental, tienen la cualidad de ser ricos en microorganismos benéficos, estos realizan una interacción benéfica con las raíces que promueven el crecimiento, cambios fisiológicos, aprovechando la mayor cantidad de agua y nutrientes. En invernadero se observó que el tratamiento VC 13 con y sin efluentes retenía mayor humedad, además que el desarrollo de la raíz favoreció la exploración en el medio de crecimiento obteniendo mayores rendimientos en las variables antes mencionadas.

La mayor acumulación de peso seco de raíz se obtuvo del VC 13 + EF con 0.96 g, seguido del tratamiento VC 13 con 0.83 g, el volumen radical (VR) mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, sobresaliendo las plantas desarrolladas con el vermicompost de rel C/N 13 con y sin efluentes. Algunos índices de crecimiento ayudan a evaluar o son un criterio para medir el crecimiento y desarrollo del cultivo en función del manejo agronómico (Taiz y Zeiger, 2006). Para el índice de Materia Seca (IMS), en esta investigación no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Cuadro 5), en la planta entre mayor asignación de biomasa a hojas, hay mayor capacidad para captar luz y dióxido de carbono, y la biomasa de las raíces permite mayor cobertura en el medio para absorber agua y minerales del suelo que necesita la planta (Castro *et al.*, 2000).

En la presente investigación no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el índice de proporción de parte aérea y raíz (PPAR), que de acuerdo con Antúnez *et al.*

values of 16.97 and 16.09 g respectively (Figure 3). Aerial Biomass (BA) presented the very same trend as the Fresh Biomass (BF), proving once again that the vermicompost 13 favored the growth and development of mint plants. With the nutritional analysis of the three vermicompost we match with that mentioned by Hart *et al.* (2003) that the nutrient concentration in these materials limits the development of the plant. Vermicompost C/N 2 had 22.88% less N than the vermicompost C/N 13 (Table 3) which is reflected in the production of the aromatic plants. These substrates also contain humic acids and growth promoters that increase plant height, leaf area and fresh and dry weight of the aerial part (Atiyeh *et al.* 2002).

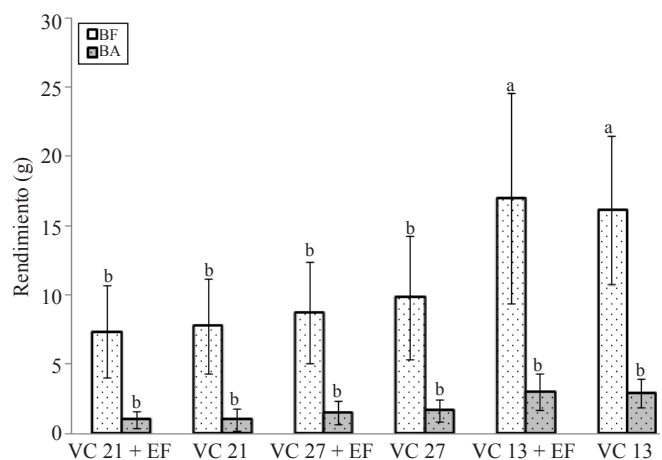


Figura 3. Rendimiento (g) de biomasa fresca (BF) y biomasa aérea (BA) a los 73 DDT de los 6 tratamientos evaluados en el cultivo de menta. Medias con letras iguales dentro de la gráfica no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Figure 3. Yield (g) of fresh biomass (BF) and aerial biomass (BA) at 73 DDT. Means with same letters within the graph are not statistically different (Tukey, 0.05).

Even though vermicompost are considered to have low nutrient content, they have the quality of being rich in beneficial microorganisms, they make a beneficial interaction with roots that promote growth, physiological changes, exploiting more water and nutrients. In the greenhouse we observed that treatment VC 13 with or without efluentes retained even more moisture, and that the root development scanning favored the growth medium to obtain higher yields in the variables.

The largest accumulation of root dry weight was obtained from VC + EF 13 0.96 g, followed by treatment VC 13 with 0.83 g, root volume (RV) showed statistical differences ($p \leq 0.05$) between the treatments, plants grown with protruding vermicompost C/N 13 with and without efluentes. Some growth rates help to assess or are an indicator for measuring

(2001), indica que la planta invierte sus recursos de forma diferente entre los órganos con función de captación de luz y asimilación de dióxido de carbono (hojas), de captación de agua y nutrientes minerales (raíces) y de sostén (tallos). Aunque no se realizaron estudios acerca de la actividad microbiana, este puede ser un factor importante en el esclarecimiento de los resultados obtenidos, plantas que se desarrollaron en el sustrato de vermicompost 13 con y sin adición de efluentes superaron en la totalidad de las variables a los vermicompost 21 y 27.

Cuadro 5. Comparación de medias con la prueba de Tukey para las variables evaluadas en el cultivo de menta (73 DDT).

Table 5. Comparison of means with the Tukey test on the variables evaluated in the cultivation of mint (73 DAT).

TRAT	PSR G	VR cm ³	IMS ---- g planta ⁻¹ ----	PPAR
VC 21 + EF	0.30 c	2.43 b	0.37 a	3.89 a
VC 21	0.31 c	2.83 b	0.26 a	2.91 a
VC 27 + EF	0.51 bc	3.57 b	0.37 a	3.08 a
VC 27	0.49 bc	3.55 b	0.35 a	3.31 a
VC 13 + EF	0.96 a	8.40 a	0.29 a	3.73 a
VC 13	0.83 ab	7.35 a	0.29 a	3.83 a
CV	53.74	52.38	45.99	35.24

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). CV= coeficiente de variación. PSR= peso seco de raíz; VR= volumen radical; IMS= índice de materia seca y PPAR= proporción de la parte aérea con respecto a la parte subterránea.

En la producción orgánica o con sustratos orgánicos la rel C/N inicial determina la disponibilidad nutrimental del compost o vermicompost, que a su vez, es utilizada por las plantas para su desarrollo sin dejar de lado las propiedades físicas que no se determinaron en este experimento, pero que tienen una estrecha relación con el desarrollo de la raíz y el cultivo.

Conclusiones

La rel C/N está íntimamente relacionada con la disponibilidad nutrimental del vermicompost.

A mayor rel C/N inicial menor concentración nutrimental del vermicompost.

the growth and development of the crop in terms of agricultural practices (Taiz and Zeiger, 2006). For the dry matter index (IMS), this research found no statistically significant differences between treatments (Table 5), on the plant, the greater allocation of biomass to leaves, the higher the capacity to capture light and carbon dioxide, and root biomass allows higher coverage of the medium to absorb water and soil minerals needed by the plant (Castro *et al.*, 2000).

In this research we found no significant differences ($p \leq 0.05$) in the proportion index of aerial and root part (PPAR), which according to Antúnez *et al.* (2001) indicates that, the plant invests its resources differently among its organs depending on the function, light gathering and assimilation of carbon dioxide (leaves), water uptake and mineral nutrients (roots) and supportive (stems). Even though there were no studies on microbial activity, this may be an important factor for clarifying the results; plants grown in vermicompost substrate 13 with and without addition of effluent exceeded all the variables to the vermicompost 21 and 27.

In the organic production or organic substrates, the initial C/N determines the nutrient availability of the compost or vermicompost, which in turn, is used by the plants for their development without neglecting the physical properties that were not determined in this experiment but have a close relationship with the root development and the crop.

Conclusions

C/N is closely linked to the vermicompost nutrient availability.

The higher the initial C/N, the lower nutrient concentration of vermicompost.

The vermicompost with final C/N 13 with and without the addition of organic effluents favored the development of mint plants both for fresh and dry consumption.

Vermicompost is a viable alternative for organic peppermint (*Mentha piperita* L.) production.

End of the English version



El vermicompost con el C/N final 13 con y sin la incorporación de efluentes orgánicos favoreció el desarrollo de las plantas de menta tanto para consumo en fresco como en seco.

El vermicompost es una alternativa viable para la producción orgánica de menta (*Mentha piperita* L.)

Literatura citada

- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. Publicación especial 10. 155 p.
- Alcántar, G. G.; Trejo, T. 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.
- Antúnez, I.; Retamosa C. E. and Villar, R. 2001. Relative growth rate in phylogenetically related deciduous and evergreen woody species. *Oecologia* 128:172-180.
- Arzani, A.; Zeinadi, H. and Razmjo, K. 2007. Iron and magnesium concentrations of mint accessions (*Mentha* spp.). *Plant Physiol. Biochem.* 45:323-329.
- Atiyeh, R. M.; Domínguez, J.; Subler, S. and Edwards, C. A. 2000. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia* 44:709-724.
- Atiyeh, R. M.; Edwards, C. A.; Subler, S. and Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78:11-20.
- 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. *Biores. Technol.* 84:7-14.
- Bernal, M.P.; Albuquerque, J. A. and Moral, R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Biores. Technol.* 100:5444-5453.
- Brown B.; Hart, J. M.; Westcott, M. P. and Christensen, W. N. 2003. The critical role of nutrient management in mint production. *Better Crops.* 87(4):9-11.
- Castro, D. P.; Puyravaud, J. P. and Cornelissen, J. H. C. 2000. Leaf structure and anatomy as related to leaf mass per area variation in seedling of a wide range of woody plant species and types. *Oecologia* 124:476-486.
- Castro, A.; Henríquez, C. y Bertsch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agron. Costarricense.* 33(1):31-43.
- Comité Técnico de Normalización Nacional de Productos Agrícolas y Pecuarios (CTNNPAP). 2007. Humus de lombriz (Lombricomposta) especificaciones y métodos de prueba. NMX-FF-109-SCFI-2007. http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/info/comp/it/normas/noti/PROY_NMX_HUMUS_24072007_DGN.pdf.
- Delgado, R.; Núñez, U. M. C. y Velásquez, L. 2004. Acumulación de materia seca, absorción de nitrógeno, fósforo y potasio por el maíz en diferentes condiciones de manejo de fertilización nitrogenada. *Agron. Trop.* 54(4):371-389.
- Dorman, H. J. D.; Kosar, M.; Kahlos, K.; Holm, Y. and Hiltunen R. 2003. Antioxidant properties and composition of aqueous extracts from *Mentha* species, hybrids, varieties and cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 51:4563-4569.
- Durán, L. y Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompost producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agron. Costarricense* 31(1):41-51.
- Echeverría, E. H. 1985. Factores que afectan la concentración de nitratos en plantas de trigo. *Ciencia del suelo* 3(1-2):115-123.
- Hart, J.; Christensen, N.; Mellbye, M. and Gingrich, G. 2003. Nutrients and biomass accumulation of peppermint. Western Nutrient Management Conference. 5:63-70.
- Hashemimajd, K.; Kalbasi, M.; Golchin, A. and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *J. Plant Nutr.* 27:1107-1123.
- Hernández, J.; Mármol, L.; Guerrero, F.; Salas, E.; Bárcenas, J.; Polo, V. y Colmenares, C. 2010. Caracterización química, según granulometría, de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 27:491-520.
- Juárez, R. C. R.; Rodríguez, M. M. N.; Aguilar, C. J. A. and Trejo, T. L. I. 2012. Inorganic and organic fertilization in biomass and essential oil production of *Matricaria recutita* L. In: Gómez-Merino F. C.; Trejo-Téllez, L. I. and Rodríguez-Mendoza, M. N. (Eds). *Acta Hort.* 947:307-312.
- Khan, A. and Fouzia, I. 2011. Chemical nutrient analysis of different composts (Vermicompost and Pitcompost) and their effect on the growth of a vegetative crop *Pisum sativum*. *Asian J. Plant Sci. Res.* 1(1):116-130.
- Leyva, R. G.; Sánchez, G. P.; Alcántar, G. G.; Valenzuela, U. J. G.; Gavi, R. F. y Martínez, G. A. 2005. Contenido de nitratos en extractos celulares de peciolas y frutos de tomate. *Rev. Fitotec. Mex.* 28(2):145-150.
- Nair, A.; Ngouajio, M. y Biernbaum, J. 2012. Trasplantes orgánicos. *Productores de hortalizas* 6:12-14.
- Rajasekar, K.; Thilagavathy, D. and Karmegam, N. 2012. Microbial enrichment of vermicompost. research article. *Soil Sciencie. International Scholarly Research Network.* 13 p.
- Rodríguez, D. N.; Cano, R. P.; Figueroa, V. U.; Palomo, G. A.; Favela, Ch.; Álvarez, R. V. P.; Márquez, H. C. y Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):265-272.
- Rodríguez, J. L.; Valdés, O. y Alemán, A. 2006. Evaluación de la actividad antioxidante de cinco hierbas aromáticas, Instituto de investigaciones para la industria alimenticia. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* 16(1).
- Sánchez, E. J.; Rodríguez, M. M. N.; Sánchez, R. C. V. y Fernández, L. F. 2008. Abonos orgánicos. Ediciones Papiro Omega, S. A. de C. V. México, D. F. 139 p.
- Sánchez, V. C. y Lucero, F. J. M. 2012. Nichos de mercado de especies aromáticas orgánicas tipo gourmet. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur, México. 72 p.

- Salisbury, F.B. and Ross, C. W. 1994. Plant physiology. Grupo Editorial Iberoamérica S. A., México, D. F. 759 p.
- Taiz, L. and Zeiger, E. 2006. Plant physiology. 4th (Ed.). Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Velarde, S. E.; De León, O. M. E.; Cuéllar, A. I. A. y Villegas, D. R. 2004. Producción y aplicación de compost. 1ª Edición. Producciones gráficas del Minrex. La Habana, Cuba. 13-23 pp.
- Villar, R.; Ruiz, R. J.; Quero, J. L.; Poorter, H.; Valladares, F. y Marañón, T. 2005. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. *In*: Valladares, F. (Ed). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio del medio ambiente EGRAF, S. A. Madrid, España. 191-223 pp.
- Zhu, N. 2007. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Biores. Technol.* 98:9-13.