
OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE TÉ DE VERMICOMPOSTA Y SU EMPLEO PARA LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Jatropha curcas* L.

Héctor Ricardo Hernández-de León, Ismael Lara-Vera, Víctor Manuel Ruíz-Valdiviezo, Juan José Villalobos-Maldonado, Samuel Enciso-Sáenz, José Humberto Castañón-González, Federico Antonio Gutiérrez-Miceli y Miguel Abud-Archila

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue optimizar el proceso de producción de té de vermicomposta y evaluar el efecto de éste en la germinación de semillas de *Jatropha curcas* L. El té de vermicomposta fue preparado con vermicomposta (50, 250 y 450g) y agua desionizada, durante 180min y utilizando agua a 20, 30 y 40°C. Se determinó la conductividad eléctrica del té de vermicomposta cada 15min hasta los 180min. El té de vermicomposta se diluyó a concentraciones desde 0 a 90% (v:v) y se realizaron las pruebas de germinación. La conductividad eléctrica del té de vermicomposta fue influenciada significati-

vamente por la temperatura pero no por la cantidad de vermicomposta. El té de vermicomposta alcanzó una conductividad eléctrica óptima de 7,7dS·m⁻¹ cuando se utilizaron 250g de vermicomposta y agua a 20°C. La concentración del té de vermicomposta influyó la velocidad de germinación, crecimiento radicular e índice de germinación. El té de vermicomposta a 30% (p/v) indujo la más alta velocidad de germinación (81,7%). Así, la adición de té de vermicomposta provee un esquema nutricional alternativo para la fase de germinación de semillas de *J. curcas* L.

Introducción

La vermicomposta es producida de desechos orgánicos a través de la interacción

entre las lombrices y los microorganismos. El extracto acuoso de vermicomposta (té de vermicomposta) es un producto más fácil de manejar y

de aplicar que la vermicomposta sólida (Edwards *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2014). Aunado a lo anterior, se ha reportado que el té de vermi-

composta elimina algunos patógenos, incluyendo nemátodos (Edwards *et al.*, 2006), así como insectos (Edwards *et al.*, 2010a) y

PALABRAS CLAVE / Estiércol de Ganado Bovino / Metodología de Superficie de Respuesta / Prueba de Fitotoxicidad /

Recibido: 26/06/2016. Modificado: 27/06/2017. Aceptado: 29/06/2017.

Héctor Ricardo Hernández-de León. Doctor en Ciencias. Profesor-Investigador, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), Tecnológico Nacional de México (TNM).
Ismael Lara-Vera. Ingeniero Bio-Bioquímico, ITTG-TNM, México.
Víctor Manuel Ruíz-Valdiviezo. Doctor en Ciencias.

Profesor-Investigador, ITTG-TNM, México.
Juan José Villalobos-Maldonado. Doctor en Ciencias. Profesor-investigador, ITTG-TNM, México.
Samuel Enciso-Sáenz. Doctor en Ciencias. ITTG-TNM, México. Profesor-Investigador, ITTG -TNM, México.

José Humberto Castañón-González. Maestro en Ciencias. Profesor-Investigador, ITTG-TNM, México.
Federico Antonio Gutiérrez-Miceli. Doctor en Ciencias, Profesor-Investigador, ITTG-TNM, México.
Miguel Abud-Archila. Doctor en Ciencias. Profesor-

investigador, ITTG-TNM, México. Dirección: Laboratorio de Biotecnología, ITTG, TNM. Carr. Panamericana, km 1080, Col. Terán, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. e-mail mabud@ittg.edu.mx

OPTIMIZATION OF VERMICOMPOST TEA PRODUCTION AND ITS USE IN *Jatropha curcas* L SEEDS GERMINATION

Héctor Ricardo Hernández-de León, Ismael Lara-Vera, Victor Manuel Ruíz-Valdiviezo, Juan José Villalobos-Maldonado, Samuel Enciso-Sáenz, José Humberto Castañón-González, Federico Antonio Gutiérrez-Miceli and Miguel Abud-Archila

SUMMARY

The aim of this study was to optimize the process to obtain the vermicompost tea and to evaluate the effect on the germination of *Jatropha curcas* L seeds. The vermicompost tea was prepared with vermicompost (50, 250 y 450g) and deionized water at 20, 30 and 40°C during 180min. The electric conductivity of the filtered tea was measured each 15min for 180min. The vermicompost tea was diluted to obtain dilutions from 0 to 90% (v:v) and these were used to test seed germination. Electric conductivity (EC) changes in the vermicompost tea

were influenced by water temperature but not by vermicompost content. Vermicompost tea reached its optimal EC response of $7.7\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ when using a vermicompost content of 250g and water at 20°C. The concentration of vermicompost tea influenced the seed germination rate, radicle growth and germination index. Vermicompost tea at 30% (v/v) induced the highest seed germination rate (81.7%). Thus, the addition of vermicompost tea provides an alternative nutritional scheme for the seedling stage of *J. curcas* L.

OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE CHÁ DE VERMICOMPOSTO E SEU EMPREGO PARA A GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Jatropha curcas* L.

Héctor Ricardo Hernández-de León, Ismael Lara-Vera, Victor Manuel Ruíz-Valdiviezo, Juan José Villalobos-Maldonado, Samuel Enciso-Sáenz, José Humberto Castañón-González, Federico Antonio Gutiérrez-Miceli e Miguel Abud-Archila

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi otimizar o processo de produção de chá de vermicomposto e avaliar o efeito deste na germinação de sementes de *Jatropha curcas* L. O chá de vermicomposto foi preparado com vermicomposto (50, 250 e 450g) e água desionizada, durante 180min e utilizando água a 20, 30 e 40°C. Determinou-se a condutividade elétrica do chá de vermicomposto a cada 15min até os 180min. O chá de vermicomposto foi diluído em concentrações de 0 a 90% (v/v) e a continuação se realizaram as provas de germinação. A condutividade elétrica do chá de vermicomposto foi influenciada sig-

nificativamente pela temperatura, mas não pela quantidade de vermicomposto. O chá de vermicomposto alcançou uma condutividade elétrica ótima de $7,7\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ quando se utilizaram 250g de vermicomposto e água a 20°C. A concentração do chá de vermicomposto influenciou a velocidade de germinação, crescimento radicular e índice de germinação. O chá de vermicomposto a 30% (p/v) induziu a mais alta velocidade de germinação (81,7%). Assim, a adição de chá de vermicomposto provê um esquema nutricional alternativo para a fase de germinação de sementes de *J. curcas* L.

afidos (Edwards *et al.*, 2010b). La aplicación foliar del té de vermicomposta mejora el crecimiento de la planta, el rendimiento y la calidad del melón (*Cucumis melo* L.; Naidu *et al.*, 2013) y el crecimiento de plántulas de trigo (Reeve *et al.*, 2010). Pant *et al.* (2012) demostraron que la calidad de la composta impactó en: i) eficiencia en la extracción de nutrientes, ii) actividad microbiana, iii) contenido de fitohormonas y iv) contenido total de nutrientes en los extractos. Diversos estudios (Warman y AngLopez, 2010; Arancon *et al.*, 2012) reportaron mejores velocidades de germinación y crecimiento acelerado de plántulas cuando se utilizó extracto de vermicomposta. Sin embargo, hay limitada información sobre las condiciones óptimas para producir té de vermicomposta.

El proceso para la producción de té de vermicomposta implica la transferencia de minerales y otros compuestos de la fase sólida (vermicomposta) al agua. Por ello, la velocidad de transferencia de materia es controlada principalmente por la temperatura y la relación sólido: agua. Sin embargo, es importante optimizar el proceso. La metodología de superficie de respuesta permite generar un modelo que describa las relaciones óptimas entre las variables de proceso y la variable de respuesta (Montgomery, 2007). Estos modelos, son comúnmente llamados modelos empíricos debido a que se expresa la variable de respuesta como un polinomio en función de las variables de proceso. Sin embargo, existen otros modelos que pueden también ser utilizados que permiten modelar el

fenómeno de transferencia de iones. La ecuación de Langmuir (isoterma de adsorción) podría ser utilizada entonces para describir la lixiviación de los iones de la vermicomposta.

El interés de utilizar *Jatropha curcas* L. como una materia prima para la producción de biodiesel está en aumento (Achten *et al.*, 2008). Esta especie puede ser propagada de forma sexual y asexual. La utilización de esquejes es una técnica tradicional; sin embargo, hay menor crecimiento vegetativo inicial. Por otra parte, las semillas de *J. curcas* han incrementado su variabilidad genética y son más vigorosas, pero la reproducción toma más tiempo (Moreira *et al.*, 2015).

El objetivo del presente estudio fue analizar la influencia de la temperatura y del conte-

nido de vermicomposta para la producción de té de vermicomposta y analizar el efecto del té de vermicomposta obtenido en la germinación de semillas de *Jatropha curcas* L.

Materiales y métodos

Producción de té de vermicomposta

Se preparó té de vermicomposta utilizando 50, 250 y 450g de vermicomposta madurada (3 meses) que fueron introducidos en bolsas de tela delgada de algodón. Se evaluó la transferencia de masa introduciendo la bolsa de tela conteniendo la vermicomposta en contenedores con 1000ml de agua desionizada a 20°C, 30°C y 40°C. Las unidades experimentales se implementaron según la metodología de superficie de respuesta

por triplicado (Tabla I). La conductividad eléctrica (CE) del té de vermicomposta se determinó en intervalos de 15min durante 180min con la ayuda de un electrodo de conductividad eléctrica conectado a un software *Lite Logger* (Vernier Software and Technology, EEUU). La calidad del modelo fue expresada por el coeficiente de determinación R^2 y se utilizó un análisis de varianza para determinar su significancia ($P \leq 0,05$; Statgraphics, 1999).

Bioensayos

Cien semillas de *Jatropha curcas* L. fueron introducidas en cajas de Petri provistas de una capa de espuma suave como soporte y mantenidas a temperatura promedio de $25 \pm 5^\circ\text{C}$. Las semillas fueron regadas diariamente con 10ml de diluciones de té de vermicomposta con las siguientes concentraciones: 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 90% (v:v). Las diluciones fueron realizadas utilizando agua desionizada. Cada tratamiento fue realizado por triplicado. La velocidad de germinación (VG), el crecimiento radicular (CR) y el índice de germinación (IG) se determinaron después de 30 días (Tiquia, 2010). La VG, CR e IG se calcularon según:

$$VG = \frac{\text{Semilla germinada con té de vermicomposta}}{\text{Semilla germinada sin té de vermicomposta}} \times 100$$

$$CR = \frac{\text{Longitud de la radícula con té de vermicomposta}}{\text{Longitud de la radícula sin té de vermicomposta}} \times 100$$

$$IG = (CVG \times CR) \times 100$$

Las variables VG, CR y el IG fueron analizados mediante un análisis de varianza. Se utilizó el software Statgraphic (1999) para el análisis de regresión de los datos de CE. La calidad del ajuste fue evaluada mediante el coeficiente de determinación y su significancia fue determinada mediante el análisis de varianza ($P \leq 0,05$). Las medias fueron analizadas mediante la prueba de Tukey. El modelo de Langmuir fue utilizado para modelar la CE según la Ec. 1.

$$CE = \frac{q^t}{K + t} \quad (1)$$

donde CE: conductividad eléctrica ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$), t: tiempo de extracción (min), q y K: constantes del modelo.

Resultados y Discusión

La CE del té de vermicomposta fue influenciada significativamente por la temperatura pero no por la cantidad de vermicomposta (Figura 1a). La temperatura tuvo efecto negativo, es decir, la CE aumentó al disminuir la temperatura. La CE óptima de $7,7\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Figura 2b) se encontró a 20°C con 250g de vermicomposta, mientras que la CE menor fue de $2,2\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ a 40°C con 50g de vermicomposta. El incremento

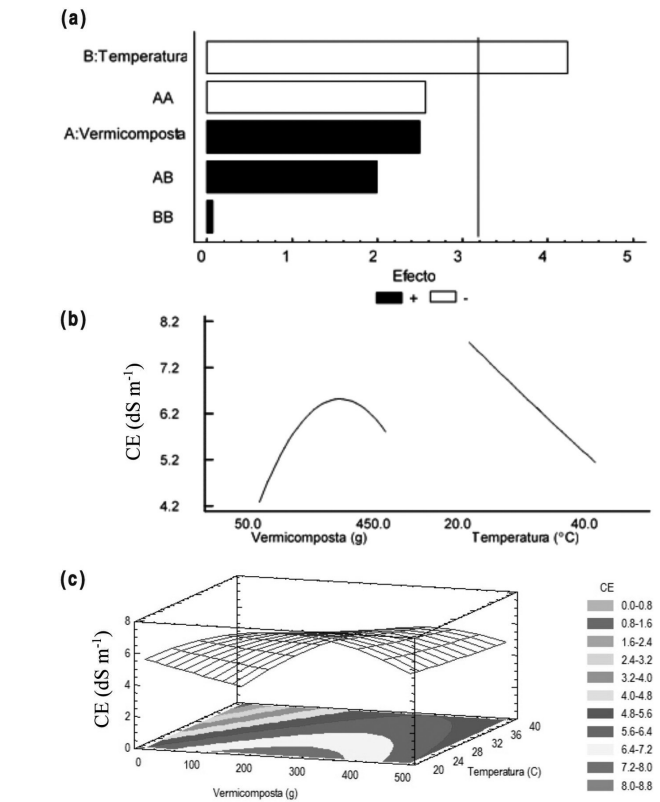


Figura 1. a) Diagrama de Pareto para investigar el efecto de la temperatura y peso de vermicomposta A: temperatura, B: vermicomposta, AB: interacción entre temperatura y vermicomposta, AA: término cuadrático de la temperatura, BB: término cuadrático de la vermicomposta. + y -: efectos positivo y negativo, respectivamente, en la CE del té de vermicomposta. b) Efecto principal de la temperatura y peso de vermicomposta en la conductividad eléctrica del té de vermicomposta. c) Superficie de respuesta, mostrando el efecto de la temperatura y vermicomposta en la conductividad eléctrica del té de vermicomposta.

de la CE es un buen indicador para evaluar la transferencia de masa del sólido (vermicomposta) al líquido (agua) durante el proceso de producción de té de vermicomposta (González-Solano *et al.*, 2013). El té de vermicomposta contiene micronutrientes tales como B, Mn, Cu, Fe, Mo, Zn, y Ni, al igual que macronutrientes como el N, Na, P, K, Ca, Mg y S, pero sus concentraciones dependen del origen de la vermicomposta. La salinidad del suelo es generalmente medida mediante la CE en el extracto de pasta de saturación del suelo. Este último es considerado salino si la CE excede los $4\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ a 25°C . Así, la CE es un buen indicador de la salinidad del té de vermicomposta. Con 50g de vermicomposta la máxima CE fue alcanzada a los 180min (Figura 2a), y con 250g y 450g de vermicomposta la máxima CE se

alcanzó a 75min (Figura 2b, c). El té de vermicomposta elaborado con pasto y estiércol de ovino y bovinos tuvo una CE 67% superior a la de la vermicomposta elaborada únicamente con pasto y estiércol de ovino (González-Solano *et al.*, 2013). Por tanto, es difícil estandarizar una concentración determinada de nutrientes en el té de vermicomposta debido a la gran variabilidad de las materias primas usadas para la elaboración de la vermicomposta (Hargreaves *et al.*, 2009).

El peso de vermicomposta en el intervalo de 50g a 250g incrementó la CE, pero esta disminuyó al incrementar el peso de vermicomposta por encima de 250g (Figura 1b). Considerando que la relación vermicomposta:agua (p:v) fue de 1:20 y 1:4 para 50 y 250g de vermicomposta respectivamente, nuestros resultados son

TABLA I
VALORES DE K Y q DE LA Ec. 1 PARA
TODOS LOS TRATAMIENTOS

Vermicomposta (g)	Temperatura ($^\circ\text{C}$)	K (min)	q ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)
50	20	345,00	25,00
50	30	153,75	0,25
50	40	124,00	16,67
250	20	66,00	10,00
250	30	28,00	10,00
250	40	33,00	10,00
450	20	74,66	13,33
450	30	69,00	10,00
450	40	23,00	10,00

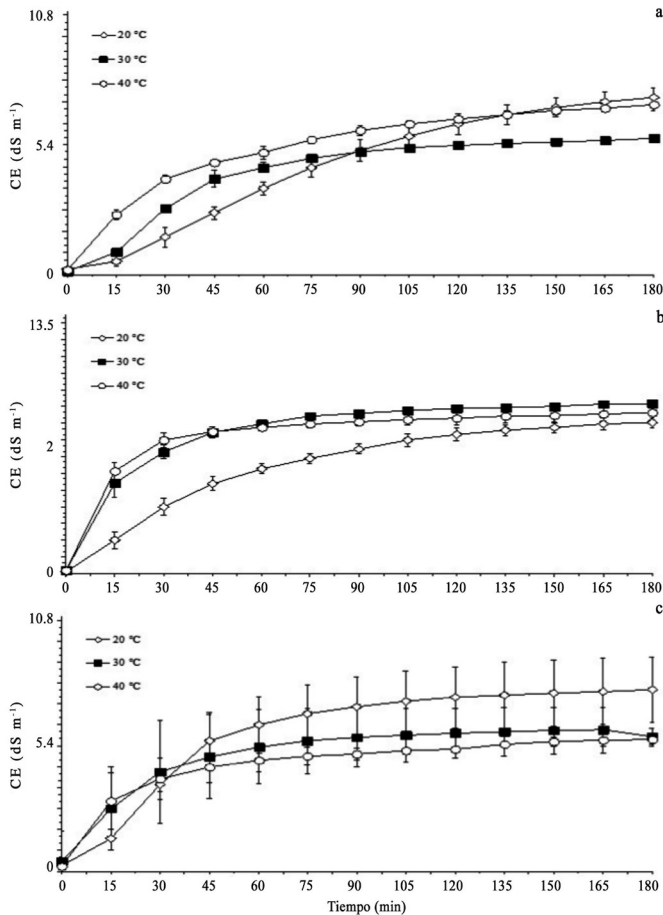


Figura 2. Conductividad eléctrica del té de vermicomposta con diferentes cantidades de vermicomposta a diferentes temperaturas: a) 50g, b) 250g, y c) 450g.

diferentes a lo reportado por González-Solano *et al.* (2013) quienes encontraron que la CE del té de vermicomposta disminuyó cuando la relación vermicomposta: agua usada para la producción de té de vermicomposta aumentó de 1:2 hasta 1:6. Esta diferencia puede ser debida al tiempo de procesamiento y al origen de la vermicomposta usada. González Solano *et al.* (2013) usaron 8, 16 y 24h en lugar de 3h como se hizo en este estudio. Según el modelo existe una zona óptima donde se maximiza la CE, siendo esta entre 300 y 350g de vermicomposta y utilizando agua entre 20 y 25°C (Figura 1c).

Los resultados indican que la CE varía en el tiempo pero se puede observar un comportamiento asintótico al término de las 3h. La CE también fue influenciada por la temperatura y un valor óptimo puede

ser encontrado. Carballo *et al.* (2009) reportaron el efecto de la temperatura en la producción de té de composta. Los valores de CE están en el intervalo recomendado para una vermicomposta de buena calidad (Ahmadabadi *et al.*, 2011; El-Haddad *et al.*, 2014).

Las constantes del modelo para la Ec. 1 se presentan en la Tabla I para cada tratamiento. En esta Tabla se muestra que los valores de K disminuyen cuando se incrementan la temperatura y el peso de la vermicomposta utilizado. El análisis de varianza para las constantes K y q mostraron que el peso de vermicomposta tuvo efecto estadístico significativo en el valor de K pero no sobre el de q. La regresión polinomial (Ec. 2) se realizó para relacionar las constantes K y q con la temperatura y el peso de vermicomposta.

$$K = 816,37 - 2,13PV + 0,0022PV^2 - 26,8T + 0,27T^2 + 0,021T * PV$$

$$q = 88,05 - 0,0577PV + 0,000063PV^2 - 4,8T + 0,074T^2 + 0,000628T * PV \quad (2)$$

con $R^2 = 91,5\%$ para K y 47% para q, donde K: constante (min), q: máxima conductividad eléctrica alcanzada ($dS \cdot m^{-1}$), PV: peso de vermicomposta (g), y T: temperatura del agua ($^{\circ}C$).

Finalmente, un modelo $CE = f(PV, T, t)$ puede ser obtenido utilizando las Ecs. 1 y 2 con los valores de los coeficientes de K y de q de la Tabla I. Este conjunto de ecuaciones está basado en el modelo de adsorción de Langmuir y ofrece información importante sobre el rol del tiempo, peso de vermicomposta y temperatura del agua usada durante el proceso de producción de té de vermicomposta.

Bioensayos

La concentración de té de vermicomposta influyó (Tabla II) la velocidad de germinación (VG), el crecimiento radicular (CR) y el índice de germinación (IG). El té de vermicomposta diluido al 30% (v:v) indujo la más alta VG (81,7%) y este valor disminuyó con concentraciones del té superiores al 40%. Las concentraciones de 10, 20 y 30% del té promovieron los mayores incrementos en CR (entre 0,7 y 1,27mm). Las concentraciones de 40, 50 y 60% del té promovieron valores intermedios de CR. El mayor IG alcanzado fue de 100%, para diluciones de té de vermicomposta al 30%.

Los tratamientos con té de vermicomposta a concentraciones de 70, 80 y 90% inhibieron la germinación de las semillas (Tabla II). Estos resultados coinciden con los valores para plántulas provenientes de semillas de trigo, donde un extracto al 1% dio los mejores resultados (Reeve *et al.*, 2010). Los índices de germinación fueron más elevados a bajas concentraciones del té (10, 20 y 30%). De acuerdo a Emino y Warman (2004), los valores de IG debajo de 50% indican un alto grado de fitotoxicidad, mientras que valores entre 50 y 80% indican moderada fito-

toxicidad y valores superiores al 80% indican fitotoxicidad baja o nula. Estos resultados podrían estar relacionados con elevadas concentraciones de sal en el té de vermicomposta. La Tabla II muestra la CE de las diluciones del té de vermicomposta aplicados. Por ejemplo, el porcentaje de germinación disminuyó cuando la salinidad incrementó y se detuvo cuando se elevó la concentración de sal, la cual suprimió el crecimiento radicular en lechuga (*Lactuca sativa* L.; Nasri *et al.*, 2011). La adición de té de vermicomposta provee un tratamiento alternativo para la inducción de la germinación y para la nutrición de las plántulas de *J. curcas*. Sin embargo, el té de vermicomposta debe de ser diluido al 30% para incrementar la germinación de la semilla, lo que corresponde a una CE de no más que $1,96 dS \cdot m^{-1}$. Pant *et al.* (2011) demostraron que el té de vermicomposta mejoró el crecimiento de plantas y el contenido de minerales en las plantas. Esto fue probablemente debido a los efectos combinados del pobre drenaje del soporte y la adición de sales en el sustrato, como se observó en la conductividad eléctrica de $0,99 dS \cdot m^{-1}$ después de las aplicaciones del té de vermicomposta. La CE más alta en el té de vermicomposta se asocia con el incremento de concentración de nutrientes minerales, principalmente de N total y de K (Pant *et al.*, 2011). Los compuestos bioquímicos solubles en agua contenidos en la vermicomposta se supone que son extraídos en el té de vermicomposta, por lo que la edad de la composta pueden contribuir a la calidad del té obtenido (Pant *et al.*, 2012). Así mismo, los nutrientes minerales solubles y subproductos microbianos en el té de composta pueden mejorar la absorción de nutrientes del suelo por la planta (Pant *et al.*, 2011). La composta madura generalmente liberará

TABLA II
EFECTO DE LA VERMICOMPOSTA DILUIDA EN LA VELOCIDAD DE GERMINACIÓN, CRECIMIENTO RADICULAR E ÍNDICE DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE *Jatropha curcas* L.

Té de Vermicomposta (%)	CE (dS·m ⁻¹)	Velocidad de germinación (CVG) (%)	Crecimiento radicular (CR) (mm)	Índice de germinación (IG) (%)
0	0,003	60,0 ±5.0 b ¹	0,70 ±0.10 ab	42 ±9 bc
10	0,67	53,0 ±8.5 bc	1,23 ±0.75 a	61 ±3 b
20	1,30	43,3 ±6.1 c	0,83 ±0.25 ab	35 ±6 c
30	1,96	81,7 ±8.0 a	1,27 ±0.31 a	100 ±2 a
40	2,56	25,7 ±9.5 d	0,46 ±0.32 bc	9 ±4 d
50	3,18	13,3 ±6.5 de	0,52 ±0.44 bc	5 ±2 d
60	3,77	22,0 ±17.5 d	0,40 ±0.29 bc	5 ±2 d
70	4,37	0,0 ±0 e	0,0 ±0 c	0,0 ±0 d
80	4,92	0,0 ±0 e	0,0 ±0 c	0,0 ±0 d
90	5,55	0,0 ±0 e	0,0 ±0 c	0,0 ±0 d
DMS ² (0,05)		13,6	0,57	19

¹ Medias con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (P≤0,05).

² Diferencia mínima significativa.

concentraciones más elevadas de nutrimentos minerales solubles y pocos ácidos orgánicos fitotóxicos y metales, pesados comparados con una composta inmadura (Griffin y Hutchinson, 2007).

El té de vermicomposta promovió el crecimiento radicular en concentraciones entre 0 y 30% de té (0,003 y 1,96dS·m⁻¹). Estos resultados coinciden con los de Keeling *et al.* (2003), quienes observaron que la aplicación de té de composta en plantas de *Brassica napus* L. en edad temprana de crecimiento provocó un incremento en el desarrollo de la raíz y el crecimiento de la planta. Estos resultados también coinciden con el incremento de la biomasa de la raíz, longitud total de la raíz, y el área superficial de la raíz de *Brassica rapa* cv. Bonsai, grupo Chinensis (Pant *et al.*, 2011). Sin embargo, concentraciones superiores de té de vermicomposta (CE 2,56dS·m⁻¹) provocaron la disminución del CR (Tabla II).

Conclusiones

La producción de té de vermicomposta fue optimizada utilizando mediciones de la conductividad eléctrica. La máxima CE óptima encontrada a 20°C fue de 7,7dS·m⁻¹, valor encontrado con 250g de vermicomposta utilizando una proporción vermicomposta: agua de 1:4 (p:v). Si se desea minimizar la CE (2,2dS·m⁻¹),

el té de vermicomposta se debe de elaborar utilizando agua a 40°C con 50g de vermicomposta (relación 1:20). Los resultados muestran como la concentración de té de vermicomposta afectó la velocidad de germinación, el crecimiento radicular y el índice de germinación de la semilla de *J. curcas* L. El té de vermicomposta a una concentración de 30% (v:v), equivalente a una CE no mayor a 1,96dS·m⁻¹, indujo la tasa de germinación de la semilla más alta. El empleo de té de vermicomposta provee un esquema de nutrición alternativo para la germinación de la semilla y nutrición de la plántula de *J. Curcas*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento del proyecto 'Infraestructura 251805' del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), México.

REFERENCIAS

Achten WM, Verchot J, Franken L, Mathijs YJ, Singh E, Aerts VP, Muys B (2008) *Jatropha* biodiesel production and use. *Biomass Bioenerg.* 32: 1063-1084. doi: 10.1016/j.biombioe.2008.03.003.

Ahmadabadi Z, Ghajar SM, Rahimi AS (2011) Effect of vermicompost on soil chemical and physical properties. *Sci. Technol. Agric. Nat Resour. Soil Water Sci.* 58: 125-137.

Arancon NQ, Pant A, Radovich T, Hue NV, Potter JK, Converse CE (2012) Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as affected by vermicompost water extracts (teas). *Hortscience* 47: 1722-1728.

Carballo T, Gil MV, Calvo LF, Moran A (2009) The influence of aeration system, temperature and compost origin on the phytotoxicity of compost tea. *Compost Sci. Util.* 2: 127-139. doi:10.1080/1065657X.2009.10702411.

Edwards CA, Arancon NQ, Greytak S (2006) Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *Biocycle* 47: 28-31.

Edwards CA, Arancon NQ, Vasko-Bennett M, Askar A, Keeney G (2010a) Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks from cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. *Pedobiologia* 53: 141-148. doi: 10.1016/j.pedobi.2009.08.002

Edwards CA, Arancon NQ, Vasko-Bennett M, Askar A, Keeney G, Little B (2010b) Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. *Crop Prot.* 29: 80-93. doi: 10.1016/j.cropro.2009.08.011.

El-Haddad ME, Zayed MS, El-Sayed GAM, Hassanein MK, Abd El-Satar AM (2014) Evaluation of compost, vermicompost and their teas produced from rice straw as affected by addition of different supplements. *Ann. Agric. Sci.* 59: 243-251. doi: 10.1016/j.aos.2014.11.013

Emino ER, Warman PR (2004) Biological assay for compost quality. *Compost Sci. Util.* 12: 342-348. doi: 10.1080/1065657x.2004.10702203

González-Solano KD, Rodríguez Mendoza MN, Trejo Téllez LI, Sánchez Escudero J, García Cué JL (2013) Propiedades químicas de té de vermicompost. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 5: 901-911.

Griffin TS, Hutchinson M (2007) Compost maturity effects on nitrogen and carbon mineralization and plant growth. *Comp. Sci. Util.* 15: 228-236.

Hargreaves CJ, Sina MA, Warman PR (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. doi 10.1002/jsfa.3456

Keeling AA, McCallum KR, Beckwith CP (2003) Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. *Biore-source Tecnol.* 90: 127-132. doi: 10.1016/S0960-8524(03)00125-1

Montgomery D (2007) *Introduction to Statistical Quality Control*, 6th ed. Wiley. Nueva York, EEUU.

Moreira ER, Boliani AC, Correa LD, Pagliarini MK, dos Santos DM, Furlani A, Pereira GA (2015) Pre-germinative treatments and substrate on seeds emergence and quality physic nut seedlings (*Jatropha curcas* L.). *Semina-Cs. Agr.* 36: 657-667. doi: 10.5433/1679-0359.2015v36n2p657

Naidu Y, Meon S, Siddiqui Y (2013) Foliar application of microbial-enriched compost tea enhances growth, yield and quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.)

- cultivated under fertigation system. *Sci. Hort.* 159: 33-40. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.024>
- Nasri N, Kaddour R, Rabhi M, Plassard C, Lachaal M (2011) Effect of salinity on germination, phytase activity and phytate content in lettuce seedling. *Acta Physiol. Plant.* 33: 935-942. doi: 10.1007/s11738-010-0625-4
- Pant A, Radovich TJK, Hue NV, Arancon NQ. (2011) Effects of vermicomposta tea (Aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Sci. Util.* 19: 279-292.
- Pant AP, Radovich TJK, Hue NV, Paull R. (2012) Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Sci. Hort.* 148: 138-146. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.019>
- Reeve JR, Carpenter-Boggs L, Reganold JP, York AL, Brinton WF (2010) Influence of biodynamic preparations on compost development and resultant compost extracts on wheat seedling growth. *Bioresource Technol.* 101: 5658-5666. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.144>.
- Statgraphics (1999) *Statgraphics Plus for Windows. Design of Experiments Analyses Software*. Manugistics, Inc. Rockville, MD, EEUU.
- Tiquia SM (2010) Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. *Chemosphere* 79: 506-512. doi: 10.1016/j.chemosphere.2010.02.040.
- Wang KH, Radovich T, Pant A, Cheng Z (2014) Integration of cover crops and vermicompost tea for soil and plant health management in a short-term vegetable cropping system. *Appl. Soil Ecol.* 82: 26-37. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.05.003>
- Warman PR, AngLopez MJ (2010) Vermicompost derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technol.* 12: 4479-4483. doi: 10.1016/j.biortech.2010.01.098