

Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano

Elaboration of an organic fertilizer type bocashi and its evaluation on germination and growth of radish

Cecilia Mendivil-Lugo¹, Eusebio Nava-Pérez², Adolfo Dagoberto Armenta-Bojórquez², Ruelas-Ayala Rey David³, Jaime Alberto Félix-Herrán^{3*}

¹ Estudiante de Maestría en Ciencias en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales. Universidad Autónoma Indígena de México. Calle Benito Juárez #39, Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. C.P. 81890

² Investigador Titular del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN). Blvd. Juan de Dios Batís #250, Guasave, Sinaloa. Teléfonos: 687 8729625 y 8729626

³ Profesor TC del Depto. de Ingenierías y Tecnologías, Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa. Calle Benito Juárez #39, Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. C.P. 81890.

RESUMEN

El presente estudio consistió en elaborar el bocashi y evaluar su efecto en la germinación y desarrollo del rábano. Las mezclas de bocashi utilizadas fueron: aserrín-mango-plátano (BA), mango (BM) y tradicional (BT). Para la caracterización fisicoquímica se tomó 1 kg de cada bocashi. Para evaluar emergencia en semillas de rábano, se realizó ensayo en charolas de poliestireno con mezcla bocashi – peat moss (1:1 v/v), por triplicado. El Testigo fue suelo agrícola (A). Para evaluar el efecto en la calidad de planta, las plantas fueron trasplantadas a mesas organopónicas de madera, con mezcla bocashi – peat moss (1:1 v/v). El riego fue diario por un mes. A los 30 días del trasplante, se midió: la altura de la planta (cm), el número de hojas y la masa seca de la raíz (g). El tratamiento A promovió la mayor germinación en las semillas de rábano; en cuanto al desarrollo de la planta, el tratamiento A estimuló la altura y número de hojas en las plantas de rábano; sin embargo, el tratamiento BT favoreció la mayor acumulación de biomasa seca. Las plantas de rábano fertilizadas con bocashi presentaron mejor desarrollo que las germinadas en suelo agrícola.

Palabras clave: calidad de la planta, emergencia, agricultura sostenible, reciclaje.

ABSTRACT

The present study consisted in the elaboration of a bocashi and the evaluation of its effects on germination and development of radish. The mixtures of bocashi were: saw dust-mangoose-banana (BA), mangoose (BM) and traditional (BT). For physicochemical characterization, 1 kg of each bocashi was taken. To evaluate emergence of radish seeds, an essay was realized in polystyrene trays with a mixture of bocashi – peat moss (1:1 v/v), in triplicate. The reference was agricultural soil (A). To evaluate the effect on plant quality, plants were transplanted to wooden organoponic tables, with a mixture of bocashi – peat moss (1:1 v/v). The irrigation was daily for a month. After thirty days of transplant, we measured: plant height (cm), number of leaves and root dry biomass (g). Treatment A promoted the higher germination of radish seeds; as to the plant development, treatment A

stimulated the height and leaves number of radish plant; but nevertheless, treatment BT favored the greater accumulation of dry biomass. The radish plants fertilized with bocashi showed better development than those germinated in agricultural soil.

Key words: plant quality, emergence, sustainable agriculture, recycling.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos urbanos (RSU) son una de las principales causas de contaminación en México, para el 2017, la SEMARNAT estimó que diariamente se producen a nivel nacional 102,895.00 t de RSU, de éstos, el 9.63% son residuos sólidos orgánicos (RSO). El sector agropecuario es la principal fuente de RSO, para el 2012 generó el 52.4 % del total de RSU (SEMARNAT, 2016). Una alternativa para el procesamiento de los RSO es la descomposición aerobia, que ayuda a reducir la cantidad de basura arrojada al ambiente y al mismo tiempo se produce un abono orgánico que puede ser utilizado para fertilizar jardines, parques, huertos familiares, cultivos agrícolas y en la obtención de sustratos para producir planta en vivero (García-Gutiérrez y Félix-Herrán, 2014).

Entre estas alternativas de descomposición aerobia esta la producción de bocashi, término en japonés que significa abono orgánico fermentado a partir de materiales de origen vegetal y animal que incorpora al suelo materia orgánica, macro y micronutrientes como N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B (Ramos-Agüero et al., 2014; Bertoli et al., 2015), además, contribuye positivamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, proporciona materia orgánica humificada o humus y es una importante fuente de carbohidratos para los microorganismos favoreciendo el desarrollo normal de las cadenas tróficas del suelo, también favorece la formación de agregados en el suelo, lo que mejora su permeabilidad (Osman, 2013; Tan, 2014; Paul, 2015). Hay reportes de que el bocashi se ha empleado combinado con sustrato comercial en producción de planta y su uso favorece al incremento del desarrollo vegetativo en frutales producidos en vivero (Restrepo et al. 2014).

*Autor para correspondencia: Jaime Alberto Félix-Herrán
Correo electrónico: jfelixherran@yahoo.com.mx

Recibido: 14 de noviembre de 2018

Aceptado: 27 de mayo de 2019

En Sinaloa, en el año 2016 se sembraron 98,661 ha de otros cultivos (forrajes, cebada, agave, acelgas, rábano, soya, especies aromáticas, entre otros), que produjeron 864,970 t, generando alrededor de 1,505 millones de pesos (CODESIN, 2016). El rábano *Raphanus sativus* L. es una especie de la familia Brassicaceae, originaria del Mediterráneo, y es considerado como fuente de Ca, Fe, P, vitaminas (C, B1, B2 y ácido nicotínico), fibra dietaria, carbohidratos, proteínas, lípidos y fluoruros, además, tiene efecto diurético, antiescorbútico, y contiene compuestos azufrados con actividad anticancerígena (Ayub *et al.*, 2013; Politud, 2016; Banihani, 2017). Aun, cuando su producción no es intensiva, es un cultivo rentable al tener un ciclo de cultivo corto y requiere baja cantidad de nutrimentos, favorece la diversificación de cultivos y el proceso de rotación de los mismos (Cecílio-Filho *et al.*, 2017). Al ser un cultivo con baja demanda de fertilización, el bocashi podría ser una buena alternativa para el cultivo, además la fertilización orgánica contribuye a mejorar las condiciones fisicoquímicas y orgánicas del suelo, y en la planta favorece la elongación celular del tejido meristemático y radicular, lo que contribuye a que la planta tenga un mejor desarrollo (Ramos-Agüero *et al.*, 2014). En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue elaborar un abono orgánico tipo bocashi y evaluarlo en la germinación y crecimiento del rábano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración del Bocashi

El presente experimento se llevó a cabo en el laboratorio de suelos forestales en la Unidad Mochichahui, de la Universidad Autónoma Intercultural de Sinaloa, de enero a junio de 2017. Se evaluaron tres sustratos formados por mezclas de bocashi: 1) bocashi con aserrín de pino-mango-plátano; 2) bocashi con pulpa de mango; 3) bocashi tradicional; denominados BA, BM y BT, respectivamente, el BT se elaboró siguiendo la metodología propuesta por Restrepo *et al.* (2014). Para el BA y BM, se sustituyó la paja de maíz, por la mezcla de aserrín de pino-pulpa de mango-pulpa de plátano o por pulpa de mango, respectivamente, en relación 1:1:1 p/p/p, con estiércol de bovino y suelo. A cada mezcla se le añadieron 2 L de melaza previamente disuelta en 7.25 L de suero de leche sin sal. Se homogenizó la mezcla, la humedad ideal se verificó con la prueba del puño. Las pilas se voltearon a diario mediante traspaleos durante los primeros diez días para prevenir que la temperatura no sobrepasara de 70 °C, al concluir el proceso de descomposición de 21 días, las mezclas de bocashi se cosecharon y conservaron en costales para su posterior utilización.

Análisis de los sustratos

El análisis de los sustratos se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Vegetal del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa). De cada sustrato se tomó 1 kg de muestra, y se tamizó con una malla de > 5 mm, la acidez (pH) y la conductividad eléctrica (CE) se

determinaron en el extracto de pasta saturada, en relación 1:5 bocashi-agua, las mediciones se obtuvieron con un potenciómetro Orion Modelo 230A calibrado a pH 4.0 y 7.0, y a 1.4118 dS×m⁻¹ para CE; el Fósforo extractable total se obtuvo por el método de Olsen, utilizando un Espectrofotómetro Thermospectronic UV-Visible Genesys; los Cationes Intercambiables (Ca⁺², Mg⁺², Na⁺ y K⁺) se midieron por el método de acetato de amonio; la materia orgánica se midió con el método de Walkley y Black; para medir la concentración de micronutrimentos (Fe, Mn, Zn y Cu) se utilizó el método AS-14 (NOM-021-RECNAT-2000).

Ensayo para evaluar el efecto del bocashi en la emergencia en semillas de rábano

El ensayo de germinación se realizó en charolas de poliestireno de 214 cavidades, las cuales se llenaron con la mezcla bocashi-peatmoss en relación 1:1, para cada tratamiento, por triplicado. En cada cavidad se sembraron dos semillas de rábano, es decir, por tratamiento fueron 1,248 semillas. Como testigo se utilizó suelo agrícola. Se evaluó la emergencia de plántulas, se realizaron observaciones cada 24 h hasta los 10 días después de la siembra. Se obtuvo el porcentaje de semillas germinadas para cada tratamiento, y se calculó el índice de velocidad de germinación (IVG) mediante la fórmula (Terry-Alfonso *et al.*, 2014):

$$IVG = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{t_i} \right)$$

Donde: IVG = Índice de velocidad de germinación
 n_i = número de semillas germinadas
 t_i = tiempo necesario para alcanzar el mayor porcentaje de germinación

Ensayo para evaluar el efecto del bocashi en la calidad de planta de rábano

Todas las plantas que emergieron se trasplantaron después de tener las primeras hojas verdaderas a cuatro mesas organopónicas de madera con las siguientes dimensiones: 1.2–1.4 m de longitud x 90–100 cm de ancho x 10–20 cm de profundidad. Las cuales se llenaron con la mezcla bocashi-peatmoss, en relación 1:1, para cada tratamiento. Como testigo se utilizó suelo agrícola. El riego se realizó a diario y después de 30 días del trasplante se midieron las siguientes variables: Altura de la planta (cm) se midió con un vernier digital Caliper Neiko; se contabilizó el número de hojas; el peso seco de la raíz (g) se midió al final del experimento, tomando 10 plántulas por tratamiento y secándose a 40 °C por 48 h o a peso constante en una incubadora Labnet international, Inc. Modelo 2IIDS.

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los datos se analizaron en el paquete estadístico SAS (SAS, 2002), se utilizó la prueba de rangos múltiples de Tukey para

la comparación de medias, a un nivel de significancia de 0.05. Se verificaron los supuestos de normalidad por el estadístico de Shapiro-Wilk (Shapiro y Wilk, 1965), homogeneidad de varianzas por la prueba de Brown y Forsythe (Brown y Forsythe, 1974).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestra la temperatura promedio diaria registrada en el bocashi, en los primeros cinco días la temperatura de las tres pilas ascendió hasta 68 °C en BM y la menor temperatura se registró en BT. Este aumento de temperatura se debe al rompimiento de los enlaces C-C de la melaza, plátano y mango, que son ricos en azúcares simples que son de fácil descomposición, la melaza contiene 55 – 65%, el mango contiene 16.8% y el plátano 22.2% (Badui-Dergal, 1988; Ramos-Agüero *et al.*, 2014); de ahí la temperatura comienza a descender porque los materiales remanentes son relativamente más complejos, como la celulosa, pectina, entre otros, lo que hace que la descomposición sea más lenta, esta fase dura aproximadamente 10 días; por último la temperatura se iguala a la del ambiente, y es donde comienza la degradación de la lignina, taninos, quitina, entre otros, esta degradación la llevan a cabo los actinomicetos, que son responsables del olor a tierra mojada del abono (Ramos-Agüero *et al.*, 2014).

La temperatura alcanzada en las tres mezclas fue mayor a la reportada en otros estudios que es de 45 – 50 °C; es recomendable que no exceda los 50 °C (Medina-Saavedra *et al.*, 2016). Restrepo *et al.* (2014), sugieren que la temperatura no debe exceder los 60 °C para evitar la desnaturalización de nutrientes, que se considera un factor importante en el proceso de elaboración del bocashi. Medina-Saavedra *et al.* (2016) también mencionan un descenso de temperatura a partir del cuarto día, y en el presente estudio se observó el descenso de temperatura a partir del sexto día.

Durante el proceso de descomposición aeróbica ocurren cambios en las poblaciones de microorganismos presentes en la mezcla en función de las transformaciones

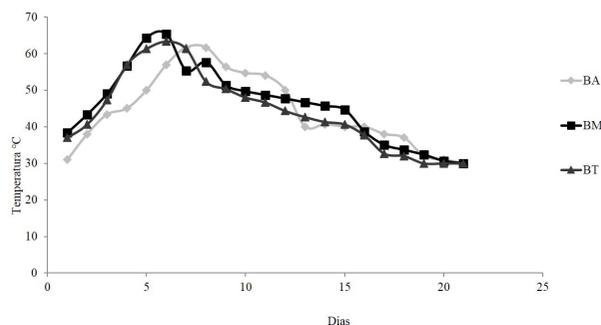


Figura 1. Temperatura promedio diaria de las mezclas de los Bocashi: BA) Bocashi Aserrín, Mango y Plátano; BM) Bocashi con Mango; BT) Bocashi tradicional.

Figure 1. Daily mean temperature of bocashi mixtures: BA) bocashi with sawdust, mangoose and banana; BM) bocashi with mangoose; BT) Traditional bocashi.

químicas que ocurren en los materiales, en la descomposición del bocashi se observa un incremento en la temperatura de la pila por acción de las bacterias presentes, que hidrolizan los enlaces C-C de fácil descomposición, este aumento de temperatura favorece la eliminación de patógenos y larvas de insectos, también se observa un aumento en el pH; después viene una fase en la que la temperatura desciende al terminarse la materia orgánica de fácil descomposición, quedando compuestos relativamente más complejos como la pectina, celulosa, que serán degradadas por los hongos, en esta etapa el pH se acidifica y la temperatura baja; por último viene la etapa de maduración en la que los actinomicetos degradarán los compuestos fenólicos, como la lignina y taninos; Ramos-Agüero *et al.* (2014) reportan que a los cinco meses de maduración el bocashi conserva el contenido de nutrientes y el contenido de materia orgánica humificada aumenta.

En la Tabla 1, se muestran las medias del análisis fisicoquímico y nutricional en las mezclas de bocashi, entre las cuales se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). El pH de las mezclas de bocashi fue altamente alcalino, pero las características de un abono varían en función de la naturaleza de los materiales originales a partir de los cuales se producen, Restrepo-Rivera (2007) menciona que el pH del bocashi debe oscilar entre 7.8 – 8.8.

El Bocashi BA presentó la mayor conductividad eléctrica ($8.97 \text{ mmhos cm}^{-1}$), y el mayor contenido de potasio ($4,298.5 \text{ mg kg}^{-1}$), en cuanto al sodio fue intermedio (161.0 mg kg^{-1}), esto probablemente se debió a que esta mezcla contenía pulpa de plátano, lo cual concuerda con lo reportado por Ramos-Agüero *et al.* (2014), que mencionan que el plátano absorbe una gran cantidad de potasio del suelo.

Tabla 1. Características fisicoquímicas y orgánicas de las muestras de Bocashi: BA) Bocashi con aserrín, mango y plátano; BM) Bocashi con mango; y BT) Bocashi tradicional.

Table 1. Physicochemical and organic characteristics of bocashi samples: BA) Bocashi with sawdust, mangoose and banana; BM) Bocashi with mangoose; and BT) Traditional bocashi.

| Variable | BA ($\mu \pm \text{ES}$) | BM ($\mu \pm \text{ES}$) | BT ($\mu \pm \text{ES}$) |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| pH | 9.80 \pm 0.018 ^a | 9.50 \pm 0.015 ^b | 9.39 \pm 0.01 ^c |
| Conductividad Eléctrica mmhos cm^{-1} | 6.71 \pm 0.01 ^b | 8.97 \pm 0.03 ^a | 8.96 \pm 0.06 ^a |
| Materia Orgánica (%) | 24.89 \pm 0.06 ^a | 25.34 \pm 0.51 ^a | 18.60 \pm 0.58 ^b |
| Nitrógeno (%) | 1.103 \pm 0.01 ^b | 1.251 \pm 0.01 ^b | 1.503 \pm 0.06 ^a |
| Fósforo Olsen mg kg^{-1} | 869.33 \pm 2.02 ^a | 473.30 \pm 1.28 ^c | 565.69 \pm 0.68 ^b |
| Potasio mg kg^{-1} | 4298.5 \pm 4.29 ^a | 2888.6 \pm 3.52 ^c | 2997.6 \pm 1.19 ^b |
| Calcio mg kg^{-1} | 2304.4 \pm 2.01 ^c | 3464.4 \pm 0.55 ^a | 2326.4 \pm 0.48 ^b |
| Magnesio mg kg^{-1} | 264.00 \pm 0.5 ^a | 231.53 \pm 0.26 ^c | 243.03 \pm 0.78 ^b |
| Sodio mg kg^{-1} | 161.00 \pm 0.51 ^b | 167.27 \pm 0.14 ^a | 160.03 \pm 0.09 ^b |
| Hierro mg kg^{-1} | 33.21 \pm 0.021 ^b | 33.61 \pm 0.01 ^a | 29.53 \pm 0.03 ^c |
| Cobre mg kg^{-1} | 6.52 \pm 0.02 ^c | 10.31 \pm 0.02 ^a | 9.51 \pm 0.02 ^b |
| Zinc mg kg^{-1} | 6.52 \pm 0.01 ^a | 4.98 \pm 0.06 ^c | 5.55 \pm 0.02 ^b |
| Manganeso mg kg^{-1} | 12.31 \pm 0.03 ^c | 16.73 \pm 0.03 ^b | 17.32 \pm 0.09 ^a |

*Letras diferentes en filas indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$). ES = error estándar de la media.

Castro *et al.* (2009) mencionan que 1 kg de abono de buena calidad debe contener entre 20–24 % de materia orgánica, 1,2–1,8 % de N, 0,3–0,5 % de P y 1,0–2,0 % de K, por lo que en general podríamos considerar a los bocashi en estudio como de buena calidad. Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con los reportados por Castro *et al.* (2009) para materia orgánica y nitrógeno, pero para fósforo y potasio fueron menores a los reportados en la literatura.

En cuanto a la materia orgánica el proceso de humificación requiere en promedio 120 días (Paul, 2015), y depende de la relación C/N, contenido de lignina y taninos que son precursores de las sustancias húmicas, y del contenido de minerales como el Ca y Mg (Tan, 2014). Estos factores influyen en la velocidad de degradación de la materia fresca, en el contenido final de materia orgánica humificada (humus) y en el contenido de minerales (Ca y Mg) (López-Méndez *et al.*, 2013), como ocurrió en el bocashi BA que contenía aserrín, que presenta alta relación C/N y alto contenido de lignina y taninos (Nieto-Garibay *et al.*, 2009), y su contenido de Ca y Mg es bajo, por lo que su velocidad de degradación será lenta (Schuldt, 2004), pero al final el contenido de materia orgánica y sustancias húmicas será alto aun cuando tengan bajo contenido de minerales disponibles para la planta (Sánchez-Monedero *et al.*, 1996; Singh *et al.*, 1992). Cabe señalar, que el proceso de elaboración del bocashi requiere 21 días, por lo que probablemente si hubiera continuado el proceso de degradación, mineralización y finalmente la humificación, el contenido de materia orgánica hubiera incrementado, como en el estudio de Ramos-Agüero *et al.* (2014) quienes evaluaron las propiedades fisicoquímicas del bocashi durante 5 meses, y encontraron que el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y materia orgánica, se mantuvieron de manera estable durante los cinco meses de duración del experimento.

Ensayo para evaluar el efecto del bocashi en la emergencia de semillas de rábano

No se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) en el efecto del bocashi en la emergencia de las semillas de rábano (Figura 2). La mayor germinación se obtuvo en el suelo agrícola (79.16%), seguido del bocashi BM (65.62%), después el bocashi BT (63.54%) y la menor se obtuvo en el bocashi BA (59.37%). También es importante destacar que la germinación fue más rápida en el suelo agrícola que en las mezclas de bocashi. En cuanto al IVG, los índices obtenidos fueron: BA) 6.5972; BM) 7.2916; BT) 7.0601 y en SA) 8.7962.

La germinación de las semillas comenzó a los dos días después de la siembra en los cuatro sustratos y terminó al noveno día aproximadamente. En la ficha técnica del rábano se informa que la emergencia de las plántulas ocurre en la primera semana de la siembra (Santiago-Calvo *et al.*, 2014). Lo cual concuerda con lo encontrado en la presente investigación.

En el presente estudio se observó que las plántulas de rábano que germinaron en el bocashi BA presentaban

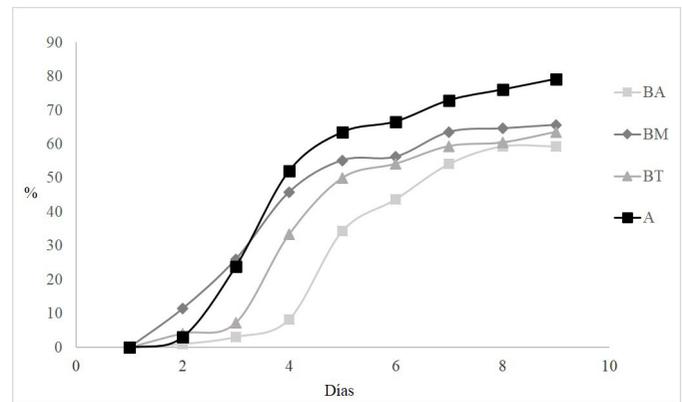


Figura 2. Semillas de rábano germinadas en las mezclas de bocashi: BA) bocashi con aserrín, mango y plátano; BM) bocashi con mango; BT) bocashi tradicional; y A) Suelo Agrícola.

Figure 2. Radish seeds germinated in the bocashi mixtures: BA) bocashi with sawdust, mangoose and banana; BM) bocashi with mangoose; BT) Traditional bocashi; and A) Agricultural Soil.

mayor vigor con respecto a las obtenidas en suelo agrícola, las cuales, si bien es cierto que tenían mayor longitud, pero presentaban tallo más delgado y doblado. El aserrín de pino no se debe utilizar como sustrato cuando está crudo porque puede presentar fitotoxicidad, pero este problema se corrige al someterlo a compostaje (Sánchez-Córdoba *et al.*, 2008). Este efecto fitotóxico se observó en este estudio, porque el bocashi que mantuvo la germinación más baja fue el que contenía aserrín, y es que debido a la alta relación C/N (>200) y al alto contenido de lignina y taninos que éste contiene, el proceso de descomposición es muy lento (120 días) (Tan, 2014; Paul, 2015), por lo que el periodo de descomposición del bocashi (21 días) no permite la humificación de la materia orgánica.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son más bajos a los informados por Carrera-Bastidas (2015), quien evaluó la respuesta agronómica del rábano a la fertilización orgánica (humus de lombriz) y alcanzó una emergencia del 93.43–97.14%. También son menores a los encontrados cuando se evaluó el efecto residual del bocashi EM elaborado a partir de estiércol de bovino, ovino y aves de corral en rábano, los autores informan que el desarrollo de la planta fue mejor con el bocashi de estiércol de ave de corral seguido del bocashi de estiércol ovino (Suthamathy y Seran, 2013). En un estudio similar Kumar-Ameta *et al.* (2015), evaluaron el efecto de la composta de *Parthenium hysterophorus* en la germinación de semillas de rábano; los autores reportan el 100% de germinación en las semillas tratadas con la composta, mientras que en el suelo agrícola germinó el 80%. Terry-Alfonso *et al.* (2014) mencionan que el cálculo del IVG es muy importante porque indica el vigor de las semillas al considerar el número de semillas que germina y el tiempo requerido para germinar; los autores mencionan que en un ensayo similar evaluando el producto Pectimorf en la germinación de semillas de rábano, obtuvo un IVG entre 8 y 9. Lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio,

se obtuvieron valores entre 6.59 y 7.29 para las mezclas de bocashi y 8.79 para el suelo agrícola.

Ensayo para evaluar el efecto del bocashi en la calidad de planta de rábano

En la Tabla 2, se presentan las medias de las variables altura, número de hojas y biomasa seca de las plantas de rábano. En cuanto a la altura, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), siendo mayor la altura en el tratamiento testigo, con suelo agrícola (6.0 cm) y la menor altura se encontró en el bocashi BM (2.1 cm). Para el número de hojas no se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) en el efecto del suelo agrícola con respecto de las diferentes mezclas de bocashi, es decir, el número de hojas fue similar en todos los tratamientos, aun así, el mayor número se obtuvo con el tratamiento testigo, con suelo agrícola (2.66 hojas), y el menor se obtuvo en el bocashi BT (1.33 hojas).

Tabla 2. Promedios de altura, número de hojas y biomasa seca en las plántulas de rábano sembradas en las diferentes mezclas de Bocashi: BA) Bocashi con aserrín, mango y plátano; BM) Bocashi con mango; BT) Bocashi tradicional; y A) Suelo Agrícola.

Table 2. Means of height, number of leaves and dry biomass of radish plants sown on different mixtures of bocashi: BA) Bocashi with sawdust, mango and banana; BM) Bocashi with mango; BT) Traditional bocashi; and A) Agricultural soil.

| Tratamiento | Altura (cm) ($\mu \pm ES$) | No. de hojas ($\mu \pm ES$) | Peso seco (g) ($\mu \pm ES$) |
|-------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| BA | 2.33 \pm 0.33 ^{b*} | 1.6667 \pm 0.33 ^a | 1.9433 \pm 0.11 ^{bc} |
| BM | 2.1 \pm 0.14 ^b | 1.6667 \pm 0.33 ^a | 0.9974 \pm 0.1 ^c |
| BT | 2.6667 \pm 0.66 ^b | 1.3333 \pm 0.33 ^a | 4.2085 \pm 0.03 ^a |
| A | 6.0 \pm 0.08 ^a | 2.6667 \pm 0.33 ^a | 2.1873 \pm 0.5 ^b |

* Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p < 0.05$). ES = error estándar de la media.

Mientras que el peso seco de la raíz, si presentó diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$), siendo mayor en el bocashi BT (4.2085 g), la menor se obtuvo en el bocashi BM (0.9974 g). En una investigación similar, Méndez y Viteri (2007) evaluaron el efecto de cuatro tipos de bocashi y dos tratamientos de referencia (testigos) en cebolla, las variables a evaluar fueron la incidencia de enfermedades, número de bulbos, masa de los bulbos sanos y enfermos, masa total de los bulbos y diámetro de los bulbos, los autores informaron que en general el bocashi favoreció un mejor desarrollo de la planta de cebolla con respecto de los testigos. En otra investigación, Barrera *et al.* (2011) evaluaron el efecto del bocashi, fermentos o bioles, lombricomposta, tratamiento de referencia (testigo) y combinaciones de los abonos orgánicos en el crecimiento y producción de plátano. Los autores comprobaron un efecto a largo plazo (a partir del segundo ciclo de corta) de los abonos orgánicos en las variables de crecimiento, desarrollo y producción, pero encontraron que no hubo efecto significativo en la masa del fruto. Sin embargo, la combinación que mejor influyó en las variables de crecimiento, desarrollo y producción fue bocashi-fermento-micorrizas en los dos ciclos de evaluación. Mientras que, en

otra investigación, Gómez-Pérez (2011) evaluó el efecto de fertilizantes orgánicos (bocashi, lombricomposta, humus líquido de lombriz) e inorgánicos (urea líquida) en rábano, midiendo las variables: peso total de la planta, altura de la hoja, peso de la hoja, peso del fruto, diámetro ecuatorial del fruto, diámetro polar del fruto y peso de la raíz. Los mejores resultados se observaron con la lombricomposta y el bocashi. En las plantas de rábano en este experimento, se pudo observar que las fertilizadas con bocashi presentaron mayor vigor en términos de grosor y mayor peso en comparación con el suelo agrícola. Esto se pudo deber a la materia orgánica presente, que osciló entre 18.6–25.34%, al igual que el N de 1.1 a 1.5%, el P de 0.04733–0.08693%, el K de 0.2997–0.4298%, de acuerdo a Ramos-Agüero *et al.* (2014), 1 kg de bocashi de buena calidad debe tener entre 20–24% de materia orgánica, 1.2–1.8% de N, 0.3–0.5% de P y 1.0–2.0% de K, por lo que en general podríamos considerar a los bocashi en estudio como de buena calidad.

El rábano se considera como una especie que requiere baja cantidad de nutrimentos y hay pocos trabajos sobre nutrición y fertilización mineral de esta especie (Cecílio-Filho *et al.*, 2017), por lo que aun cuando no se realizó un análisis del suelo agrícola utilizado, para conocer el contenido de macro y micronutrimentos del mismo, y teniendo en cuenta el bajo requerimiento de nutrimentos por parte de este cultivo, la reserva de minerales del suelo pudo haber favorecido al desarrollo de la planta, aun cuando el bocashi, como se comentó previamente, favoreció a la acumulación de biomasa seca.

En cuanto a las variables evaluadas en el presente experimento, los resultados obtenidos son inferiores a los reportados en investigaciones similares (Carrera-Bastidas, 2015), el autor reporta que el ensayo duró 90 días, al final del experimento obtuvo una altura promedio de 32.68–35.07 cm. También son menores a los encontrados al evaluar el efecto de la fertilización orgánica (humus de lombriz) en hortalizas (Palma-Méndez y Macías-Pettao, 2015), para el rábano mencionan que a los 90 días una altura promedio de 37.95 cm y en promedio 8.71 hojas por planta. Cabe señalar que en el presente estudio el ensayo duró 30 días, por lo que de haber continuado probablemente las variables hubieran incrementado. En un trabajo similar, Suthamathy y Seran (2013), evaluaron el efecto residual de la fertilización con bocashi producido a partir de diferente tipo de estiércol (bovino, ovino y ave de corral) en el cultivo de la arveja y posteriormente sembraron rábano, el ensayo duró 12 meses (2009–2010), los autores reportan que la masa seca de rábano osciló entre 3.42 – 5.71 g.

CONCLUSIONES

El bocashi es un abono que aporta macro y micronutrimentos al suelo y a la planta, y su efecto varía en función de la naturaleza de los materiales a partir de los cuales se produce. Es factible el uso de residuos sólidos orgánicos para producir abonos, pero se debe tener cuidado de algunos materiales como el aserrín, que es necesario precompostearlo aproximadamente 60 días, esto permitirá la degradación de

los compuestos polifenólicos como los taninos, y permitirá la humificación de la materia orgánica y la producción de sustancias húmicas. El bocashi tuvo un efecto positivo en la germinación de las semillas de rábano y promovió un mayor vigor en las plántulas de rábano, así como una mayor biomasa seca radicular de las mismas. Con el presente trabajo se demuestra la posibilidad de emplear residuos sólidos orgánicos, que a menudo son considerados desperdicio, pero al ser manejados agroecológicamente se pueden convertir en un abono orgánico de calidad, en términos nutrimentales y de microflora, lo que a su vez reduce la contaminación al ambiente.

REFERENCIAS

- Ahmad, M., Zahir, Z.A., Khalid, M., Nazli, F., Arshad, M. 2013. Efficacy of Rhizobium and Pseudomonas strains to improve physiology, ionic balance and quality of mung bean under salt-affected conditions on farmer's fields. *Plant Physiol Biochem.* 63:170-176. Doi: 10.1016/j.plaphy.2012.11.024
- Ayub, R.A., Spinardi, B., Gioppo, M. 2013. Storage and fresh cut radish. *Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá,* 35(2): 241-245. Doi: 10.4025/actasciagron.v35i2.15461
- Badui-Dergal, S. 1988. Diccionario de tecnología de los alimentos. Libro editado por Editorial Alhambra Mexicana. 300 p.
- Barrera, J.L., Combatt, E.M., Ramírez Y.L. 2011. Efecto de abonos orgánicos sobre el crecimiento y producción del plátano Hartón (*Musa AAB*). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas;* 5(2): 186 – 194.
- Banihani, S. A. 2017. Radish (*Raphanus sativus*) and Diabetes. *Nutrients.* 9, 1014. Doi:10.3390/nu9091014
- Bertoli, H.M.P., Terry, A.E., Ramos, A.D. 2015. Producción y uso del abono orgánico tipo bocashi. Una alternativa para la nutrición de los cultivos y la calidad de los suelos. Editado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Cuba.
- Brown, M.B., Forsythe, A.L. 1974. Robust Test for the Equality of Variances, *Journal of the American Statistical Association,* 69(346), 364–367. Doi:10.1080/01621459.1974.10482955
- Carrera-Bastidas, J.V. 2015. Respuesta agronómica del cultivo de rábano (*Raphanus sativus*) a la aplicación de abonos orgánicos. Tesis de Licenciatura. [Latacunga] Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Castro, A., Henríquez, C., Bertsch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(1): 31-43.
- Cecílio-Filho, A.B., Filgueiras-Dutra, A., Da Silva, G.S. 2017. Phosphate and potassium fertilization for radish grown in a latosol with a high content of these nutrients. *Rev. Caatinga, Mossoró,* 30(2): 412 – 419.
- CODESIN. 2016. Reporte sobre la agricultura en Sinaloa al año 2016. Boletín No. 32/2017. Culiacán, Sinaloa; 2017. 10 p. Available from: http://codesin.mx/wp-content/uploads/2014/09/Reporte_WEB_32_2017_de_agricultura2016_WEB.pdf
- García-Gutiérrez, C., Félix-Herrán J.A. 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Editado por Fundación Produce Sinaloa A. C.
- Gómez-Pérez, L. 2011. Evaluación del cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo diferentes condiciones de fertilización orgánica e inorgánica. Tesis de Licenciatura. [Coahuila] Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Kumar-Ameta, S., Sharma, S., Ameta, R., Ameta, S.C. 2015. Effect of Compost of *Parthenium hysterophorus* on Seed Germination and Survival of Radish (*Raphanus sativus*): A Comparative Study. *International Journal of Bioassays* 4(9): 4325-4328.
- López-Méndez, C., Ruelas-Ayala, R.D., Sañudo-Torres, R.R., Armenta-López, C., Félix Herrán J.A. 2013. Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Tecnociencia Chihuahua de la Universidad Autónoma de Chihuahua,* 7(2): 81-87.
- Medina-Saavedra, T., Arroyo-Figueroa, G., Martínez-Pérez, I., Vargas-Rodríguez, L. 2016. Fertilizante orgánico bocashi en germinación de semillas de mezquite (*Prosopis glandulosa*). *Ciencia y Tecnol. Agrop. México,* 4(2): 20-30.
- Méndez, M.J., Viteri S.E. 2007. Alternativas de biofertilización para la producción sostenible de cebolla bulbo (*Allium cepa*) en Cucaita Boyacá. *Agronomía Colombiana, Colombia;* 25(1): 168-175.
- Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Murillo-Amador, B., García-Hernández, J.L., Larrinaga-Mayoral, J.A. 2009. La composta: Importancia, elaboración y uso agrícola. Editado por Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. La Paz, B.C.S., México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, para especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. [Consultado 05 septiembre 2018]. 2002. Disponible en: http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002
- Osman, K.T. 2013. *Soils Principles, properties and management.* 1st edition, Springer. New York, USA.
- Palma-Méndez, K.V., Macías-Pettao, J.K. 2015. Comportamiento agronómico de cinco hortalizas de raíz con tres tipos de abonos orgánicos en la Hacienda Tecnilandia-Quevedo. Tesis de Licenciatura. [Quevedo] Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- Paul, E.A. 2015. *Soil microbiology, ecology, and biochemistry.* 4th edition, Eldor A. Paul (ed.), Natural Recourse Ecology Laboratory and Department of Soil and Crop Sciences, Colorado State University, Ft. Collins, CO, USA.
- Politud, E.R.R. 2016. Growth and Yield Performance of Radish (*Raphanus sativus* L.) 'cv' 'SNOW WHITE' in Response to Varying Levels of Vermicast Applications. *International Journal of Scientific and Research Publications,* 6(5): 53 – 57.
- Ramos-Agüero, D., Terry-Alfonso, E., Soto-Carreño, F., Cabrera-Rodríguez, J.A. 2014. Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del toro, Panamá. *Cultivos Tropicales, Revista del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Cuba;* 35(2): 90-97.
- Restrepo-Rivera, J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica y harinas de roca. 1er edición, Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible (SIMAS). Managua, Nicaragua.
- Restrepo, J. M., Gómez, J., Escobar, R. 2014. Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura. Editado por la Fundación para la investigación y desarrollo agrícola (FIDAR), Official Development Assistance (ODA) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia-Japón.

- Sánchez-Córdoba, T., Aldrete A., Cetina-Alcala V.M., López-Upton J. 2008. Caracterización de medios de crecimiento compuestos por corteza de pino y aserrín. *Madera y Bosques*; 14(2): 41 – 49.
- Sánchez-Monedero, M.A., Roig A., Martínez-Pardo C., Cegarra J., Paredes C. 1996. A microanalysis method for determining total organic carbon in extracts of humic substances. Relationships between total organic carbon and oxidable carbon. *Bioresource Technology*, 57: 291-295.
- Santiago-Calvo, L.A., Magaña-Lira, N., Vázquez-Romero, C. 2014. Carta tecnológica del cultivo del rábano. Carta tecnológica No. 14, Editado por SAGARPA-Universidad Autónoma Chapingo.
- SAS System for Windows. 2002. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schuldt, M. 2004. *Lombricultura fácil*. Workgraf, La Plata.
- SEMARNAT. 2016. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. SEMARNAT. México.
- SEMARNAT. 2017. Residuos sólidos urbanos. Consultado el 23 de agosto de 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>
- Shapiro, S.S., Wilk, M.B. 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591. Doi:10.2307/2333709
- Singh, Y., Singh, B., Khind, C.S. 1992. Nutrient transformations in soils amended with green manures. *Advances in soil science*. 20:258-265.
- Suthamathy, N., Seran T.H. 2013. Residual effect of Organic manure EM Bokashi applied to Proceeding Crop of Vegetable Cowpea (*Vigna unguiculata*) on succeeding Crop of Radish (*Raphanus sativus*). *Research Journal of Agriculture and Forestry Science*. 1(1): 2-5.
- Tan, K.H. 2014. *Humic matter in soil and the environment: principles and controversies*. 2nd edition, CRC Press a Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, USA.
- Terry-Alfonso, E., Ruiz-Padrón J., Tejeda-Peraza T. y Reynaldo-Escobar I. 2014. Efectividad agrobiológica del producto bioactivo pectimorf® en el cultivo del rábano (*Raphanus sativus* L.). *Revista Cultivos Tropicales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 35(2): 105-111.