

# Sustratos orgánicos en el desarrollo de raíces en esquejes de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)

Organic substrates in vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) rootstock development

Juan Pablo Martínez-Monter<sup>1</sup> , Elvis García-López<sup>1\*</sup> , Antonio Castillo-Martínez<sup>1</sup> ,  
Rosita Deny Romero-Santos<sup>1</sup> , Marja Liza Fajardo-Franco<sup>2</sup> , Santo Ángel Ortega-Acosta<sup>3</sup> ,  
Francisco Palemón-Alberto<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Dirección de Ciencias y Medio Ambiente, Universidad Intercultural del Estado de Hidalgo, Carretera Tenango a San Bartolo km 2.5, El Desdavi, 43487, Tenango de Doria, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Posgrado en Manejo Sustentable de Recursos Naturales, Universidad Intercultural del Estado de Puebla, Calle principal a Lipuntahuaca s/n, 73475, Lipuntahuaca, Huehuetla, Puebla.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero, Periférico poniente s/n, Col. Villa de Guadalupe, 40010, Iguala de la Independencia, Guerrero, México.

\*Autor para correspondencia: e.garcia@uiceh.edu.mx

## Fecha de recepción:

2 de enero de 2022

## Fecha de aceptación:

18 de agosto de 2022

## Disponible en línea:

7 de octubre de 2022

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-

NoComercia-

CompartirIgual 4.0

Internacional

## RESUMEN

*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews es una orquídea endémica de México que está sujeta a protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El objetivo fue evaluar el efecto de sustratos orgánicos y un biofertilizante en el desarrollo de raíces en esquejes de *V. planifolia*. El experimento se realizó en un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron: vermicomposta (T1), bocashi (T2), combinación de 50 por ciento bocashi y 50 por ciento suelo agrícola (T3), suelo agrícola con biofertilizante (T4) y suelo agrícola (testigo; T5). Los abonos orgánicos y el biofertilizante favorecieron el porcentaje de enraizamiento de los esquejes en 90 por ciento e influyeron en el periodo de brotación (49 días) respecto al testigo (80% y 71 días). La vermicomposta mostró mayor longitud y diámetro de raíces primarias (15.3 y 0.33 cm) y secundarias (2.9 y 0.168 cm). Los abonos orgánicos como sustratos tuvieron un efecto positivo en la formación de raíces y brotes en esquejes de vainilla.

## PALABRA CLAVE

Vermicomposta, bocashi, orquídea, propagación.

## ABSTRACT

*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews is an endemic orchid from Mexico and is subject to special protection in NOM-059-SEMARNAT-2010. The goal was to evaluate the effect of compost and a biofertilizer on root development in *V. planifolia* cuttings. The experiment was conducted in a completely randomized design. The treatments were: vermicompost (T1), bocashi (T2), mixture of 50% bocashi and 50% soil (T3), soil with biofertilizer (T4) and soil (control; T5). The compost and biofertilizer increased the cuttings rooting percentage by 90% and reduced the sprout development term (49 days) against control (80% and 71 days, respectively). Vermicompost had longer and thicker primary (15.3 and 0.33 cm) and secondary (2.9 and 168 cm) roots. Compost as substrate had a positive effect upon the root and sprout development in vanilla cuttings.

## KEYWORDS

Vermicompost, bocashi, orchid, propagation.

## INTRODUCCIÓN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews), perteneciente a la familia Orchidaceae, es la orquídea que se cultiva para cosechar sus vainas, de las cuales se obtiene un extracto para agregar sabor y aroma a diversos alimentos y bebidas, así como para la elaboración de productos farmacéuticos, cosméticos y artesanías (SAGARPA 2016). En México, *V. planifolia* es considerada una especie endémica sujeta a protección especial, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), debido al escaso número de individuos silvestres, a las severas afectaciones que ha sufrido su hábitat natural y la sobreexplotación de colectas excesivas de material para el establecimiento de nuevas plantaciones (Soto 2006). En 2019, Veracruz (76.5%), Puebla (11.8%), Oaxaca (9.6%) y San Luis Potosí (2.1%) fueron las principales entidades productoras (SIAP 2021). Aun cuando el estado de Hidalgo no tiene mayor trascendencia en la producción de vainilla, existen áreas agroclimáticas con potencial para su establecimiento, como la Huasteca Hidalguense (Maceda-Rodríguez et al. 2016).

En la actualidad, el cultivo enfrenta diversas problemáticas, entre las cuales destacan la falta de asistencia técnica especializada; el cambio de uso de suelo; la falta de infraestructura, equipo y herramientas de trabajo; la variación de clima y la proliferación de enfermedades, además de problemas en su comercialización (Santillán et al. 2018). A través de la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, se identificó la necesidad de efectuar investigaciones cuyos resultados contribuyan a la mejora de los paquetes tecnológicos, con el objetivo de adaptarlos a las condiciones de cada región productora (SAGARPA 2016).

De la Cruz et al. (2014) y González-Chávez et al. (2018) sugieren el uso de abonos orgánicos para la propagación asexual de la vainilla a través de esquejes o "bejucos"; además, este tipo de reproducción vegetativa es el modo más utilizado para el establecimiento de nuevas plantaciones de vainilla (Azofeifa-Bolaños et al. 2014). Esta forma de propagación consiste en colocar esquejes jóvenes (de lotes en producción) de seis a ocho nudos, los cuales varían de 80 a 120 cm de longitud, junto a un tutor vivo (cítrico o café), para después cubrir el extremo basal con tierra y hojarasca en descomposición; el resto del esqueje se amarra con tiras

biodegradables de hojas de plátano o hilo de henequén al tutor de manera vertical (Hernández 2011).

Respecto al aprovechamiento de residuos orgánicos, éste cobra cada día mayor importancia como un método eficiente de reciclaje de nutrientes; por ejemplo, el bocashi es un abono orgánico que se produce mediante un proceso controlado de fermentación aeróbica de residuos agropecuarios (Ramos y Terry 2014); asimismo, la vermicomposta es el abono producto de la descomposición de la materia orgánica por parte de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) (Castro et al. 2009; Durán y Henríquez 2007; Mendoza 2008). De la Cruz et al. (2014), González-Chávez et al. (2018) y Osorio et al. (2014) indicaron que para la propagación de vainilla se pueden utilizar sustratos, como: turba negra, sustrato arboriente, tierra vega de río, fibra de coco y vermicomposta, para producir plantas de calidad que favorezcan su establecimiento posterior en campo.

En este sentido, el sustrato empleado es un factor fundamental, ya que debe reunir ciertas características de porosidad, retención de humedad, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, macro y microelementos; por lo tanto, de la selección apropiada de los componentes que conforman el sustrato y de la proporción volumétrica empleada de cada uno de éstos dependerá la exitosa reproducción de cada especie propagada (Hidalgo et al. 2009; Osorio et al. 2014).

Por lo antes mencionado, surge la necesidad de disponer de materiales estables, de calidad y a bajo costo. Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de sustratos orgánicos y un biofertilizante en el desarrollo de raíces en los esquejes de *V. planifolia* y producir plantas con características agronómicas deseables en la región Otomí-Tepehua, del estado de Hidalgo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio y material vegetal

El estudio se llevó a cabo bajo una estructura con malla sombra con una intercepción de luz de 60 por ciento, en el municipio de Huehuetla, Hidalgo, México, cuya temperatura media es de 22 °C y una precipitación pluvial anual de 2,422 mm. A principios de marzo

de 2021, en un lote en producción intercalada con plantas de cítricos y café de tres años, se colectaron 120 esquejes de vainilla de aproximadamente 1 cm de diámetro de tallo, vigorosos y sin daños visibles por plagas o síntomas de enfermedades. Posteriormente, se almacenaron a temperatura ambiente durante cinco días y se transportaron en una hielera ( $15 \pm 2$  °C) hasta el lugar de la plantación (20.4578805 N; -98.070075 O).

Los esquejes seleccionados tenían cinco nudos y 80 cm de longitud aproximadamente; se sumergieron por tres minutos en una solución fúngica de mancozeb (Manzate® 200, UPL Agro, México), a razón de 1 g L<sup>-1</sup>, para desinfectar y evitar contaminación por hongos.

### Sustratos orgánicos

La vermicomposta y el bocashi se prepararon bajo techo de lámina y piso de concreto hidráulico, para evitar pérdidas de humedad y lixiviado de nutrientes, mediante los procedimientos que se detallan a continuación.

Para elaborar el bocashi, se utilizaron 80 kg de suelo “negro” de bosque, 50 kg de aserrín, 25 kg de rastrojo de maíz, 40 kg de bagazo de caña, 60 kg de estiércol seco de bovino, 5 kg de carbón, 2 kg de ceniza, 250 g de levadura y 1.5 kg de piloncillo. Los materiales se colocaron por capas para garantizar homogeneidad sin exceder una altura de 80 cm. En cada capa se adicionó agua con piloncillo y levadura, previamente disueltos, para estimular la actividad de los microorganismos presentes en el material orgánico. Al final, se verificó el contenido de humedad, aplicando la “prueba de

puño” (comprimir un puñado de abono para verificar presencia de humedad, sin goteo). Durante los primeros cinco días se volteó dos veces al día para evitar temperaturas mayores a 60 °C; el bocashi estuvo maduro entre los 20 y 25 días posteriores.

Para la obtención de la vermicomposta, se utilizó la metodología de Mendoza (2008), de acuerdo con la cual se utiliza la cascarilla de café como principal fuente de materia orgánica. Se construyó una cama de madera de 0.9 m x 2.50 m, recubierta con hule negro y un desnivel de 2 por ciento; se colocaron 200 kg de cascarilla de café y dos kg de lombriz roja (*Eisenia foetida*), la cual fue colectada del módulo de lombricomposta de la Universidad Intercultural del Estado de Hidalgo; finalmente, se humedeció con suficiente agua y se cubrió con plástico negro para protegerlo de condiciones ambientales extremas; cada siete días se volteó y se humedeció con agua potable (5 L) durante un periodo de ocho semanas.

Una vez madurados, se tomó una muestra de 1.2 kg de cada abono para su análisis en el laboratorio de Fertilidad de Suelos S. de R.L., donde se midieron los siguientes parámetros: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, humedad, carbón orgánico, relación carbono/nitrógeno (C/N), pH y conductividad eléctrica (Cuadro 1).

### Diseño experimental

Los esquejes se plantaron en bolsas de polietileno de color negro (40x40 cm), con ocho perforaciones de cinco mm de diámetro en la parte inferior, llenas

**Cuadro 1. Análisis químico de los abonos orgánicos (vermicomposta y bocashi) utilizados para propagar vainilla en Huehuetla, Hidalgo.**

Parámetro	Método	Vermicomposta	Bocashi
Nitrógeno (g kg <sup>-1</sup> )	Dumas	4.35	1.58
Fósforo (g kg <sup>-1</sup> )	Digestión en microondas/ICP	0.36	0.58
Potasio (g kg <sup>-1</sup> )	Digestión en microondas/ICP	1.17	1.39
Calcio (g kg <sup>-1</sup> )	Digestión en microondas/ICP	3.58	6.88
Magnesio (g kg <sup>-1</sup> )	Digestión en microondas/ICP	0.44	0.64
Carbono orgánico (%)	Calcinación	42.5	17.5
Materia orgánica (%)	Calcinación	73.3	38.8
Relación carbono/nitrógeno	Base seca	9.78	11.3
pH	NMX-FF-109-SCFI-2007	6.9	8.4
Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	NMX-FF-109-SCFI-2007	2.1	3.3

a un volumen de 9 L con abono (vermicomposta o bocashi), suelo agrícola (arcilloso) y combinación de 50 por ciento bocashi y 50 por ciento suelo agrícola; en cada maceta rellena se introdujeron tres nudos del esqueje de vainilla. Además, se utilizó un biofertilizante líquido Spectrum® MicoRadix L (Ultraquimia, Morelos, México), formulado a base de *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg & Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk & Smith, para el cual se preparó una mezcla de 15 L de agua con 100 mL del biofertilizante en un bote con capacidad de 19 L, después se introdujeron sólo tres nudos basales de 10 esquejes por 10 min en la mezcla, y, al final, cada esqueje se depositó en una maceta con suelo agrícola y se adicionaron 300 mL de la mezcla preparada en cuatro ocasiones cada ocho días.

Los experimentos se establecieron en los meses de marzo y abril de 2021 bajo condiciones de vivero, con una temperatura promedio de  $25 \pm 2$  °C. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y 10 repeticiones. Los tratamientos fueron T1: vermicomposta (100%), T2: bocashi (100%), T3: bocashi + suelo agrícola (50%: 50%), T4: suelo agrícola (100%) con biofertilizante y T5: suelo agrícola arcilloso (100%, testigo). Cada unidad experimental estuvo conformada por un solo esqueje, con una totalidad de 50 unidades experimentales.

Durante el experimento, las plantas se asperjaron en tres ocasiones con dimetoato (Rogor®, Dragon, Agricultura Nacional, México), a razón de 2 mL/L, para prevenir ácaros y chinches asociadas al cultivo. El riego fue manual, cada 96 horas, y el volumen aproximado de agua por maceta fue de 1 L. El experimento finalizó 180 días después del trasplante en macetas.

### Variables de estudio

En los esquejes de vainilla se midieron las siguientes variables: LB = longitud de brote (cm), DB = diámetro del tallo del brote (cm), NRP = número de raíces primarias, LRP = longitud de raíz primaria (cm), DRP = diámetro de raíz primaria (cm), NRS = número de raíces secundarias, LRS = longitud de raíces secundarias (cm), DRS = diámetro de raíces secundarias (cm) y DFVR = daños físicos visibles en raíces (presencia o ausencia). La longitud del brote y las raíces primarias y secundarias se midieron con una cinta métrica sastre modelo HD1520 (Butterfly®,

Kearing, Shanghai, China), mientras que el diámetro se midió con un calibrador vernier digital modelo HER-411 (Electrónica Steren, México); el número de raíces se cuantificó a partir de las raíces mayores a 1 mm de longitud; el porcentaje de enraizamiento se determinó contando el número de esquejes enraizados, dividido entre el total de esquejes establecidos inicialmente y multiplicado por 100.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza, utilizando el procedimiento GLM y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) v.9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de seis meses, los esquejes de vainilla tuvieron una supervivencia de 85 por ciento respecto al testigo (70%) (Cuadro 2); por consiguiente, la selección de esquejes vigorosos (1 cm de diámetro aproximado) y sin síntomas visibles de enfermedades fue fundamental para estimular el enraizamiento durante el crecimiento y desarrollo de los nuevos brotes, además de contribuir en el manejo agronómico del establecimiento inicial en una plantación de vainilla (Azofeifa-Bolaños et al. 2018).

Los abonos orgánicos están catalogados como enmiendas o mejoradores del suelo; en este estudio, se comprobó que el bocashi y la vermicomposta tienen buena calidad y son viables para su uso como sustrato (Cuadro 1), de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008 "Humus de lombriz (Lombricomposta)-Especificaciones y métodos de prueba" (SCFI 2008). La relación carbono/nitrógeno (C/N) es un indicador apropiado para probar la estabilidad del material, que facilita la mineralización de la materia orgánica y suministra nutrientes al suelo (Contreras et al. 2014); en este sentido, los dos abonos evaluados presentaron una relación promedio de C/N de 10.5, lo cual podría interpretarse como un abono estable y maduro, como lo proponen Román et al. (2013). Por otra parte, la elaboración de abonos con residuos locales tiende a disminuir los costos de producción y resulta una alternativa viable para

suplir las necesidades nutricionales requeridas para el crecimiento de la vainilla; además, ayuda a recuperar los suelos agrícolas a mediano plazo, debido al incremento de los niveles de materia orgánica (>150%), como se observa en el T3 (suelo agrícola + bocashi), respecto al testigo (T5) (Cuadro 3).

El cultivo de vainilla depende primariamente de la fertilización orgánica, y ésta se puede obtener a través de la descomposición de residuos vegetales, animales, composta o humus de lombriz adicionados al suelo (González-Chávez et al. 2016). En esta investigación,

el bocashi y la vermicomposta tuvieron efectos significativos ( $p \leq 0.05$ ) sobre el periodo de brotación, el porcentaje de enraizamiento, la longitud del brote y los parámetros de las raíces primarias y secundarias de los esquejes de vainilla, en comparación con el testigo (Cuadro 2 y 4). Estos resultados señalan que los abonos utilizados como sustratos favorecieron la disponibilidad de macronutrientes: nitrógeno (1.5-4.35%), fósforo (0.36-0.58%) y potasio (1.17-1.39%), así como la presencia de materia orgánica (>30%) (Cuadro 1), como se menciona en otras investigaciones

**Cuadro 2. Periodo de brotación, número de plantas enraizadas y brotadas en esquejes de vainilla (*Vanilla planifolia*) establecidas en Huehuetla, Hidalgo, México.**

Tratamiento	Plantas enraizadas			Plantas brotadas			Periodo de brotación (días)		
	1*	2	%	1	2	%	1	2	Promedio
Vermicomposta	9	9	90	9	9	90	47	47	47 b**
Bocashi (Bo)	8	9	85	9	9	90	50	46	48 b
Combinación (Bo + T)	10	9	95	9	9	90	60	46	53 ab
Suelo agrícola con biofertilizante	9	9	90	8	9	85	56	43	50 b
Suelo agrícola (T)	8	8	80	8	6	70	69	78	74 a

\* Experimento 1 (marzo, 2021) y 2 (abril, 2021).

\*\*Medias con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

**Cuadro 3. Características físico-químicas de suelo agrícola y combinación del bocashi + suelo agrícola (50%: 50%) utilizados como sustrato para propagar vainilla en Huehuetla, Hidalgo, México.**

Variables	Combinación (suelo agrícola + bocashi)	Suelo agrícola (testigo)
<b>Propiedades físicas</b>		
Clase textural	Arcilla	Arcilla
Punto de saturación (%)	80	62
Capacidad de campo (%)	47.9	33.2
Conductividad hidráulica (cm/hr)	0.1	0.8
Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0.79	1
<b>Propiedades químicas</b>		
pH	7.2	6.4
CE(dS m <sup>-1</sup> )	5.2	0.36
CIC	35.6	23.2
MO (%)	15.3	5.37
Nitrógeno (g kg <sup>-1</sup> )	104	11
Fosforo (g kg <sup>-1</sup> )	134	7.8
Potasio (g kg <sup>-1</sup> )	1236	58
Calcio (g kg <sup>-1</sup> )	5266	4372
Magnesio (g kg <sup>-1</sup> )	604	131

(Durán y Henríquez 2007; Castro et al. 2009; Ramos et al. 2014); adicionalmente, se debe considerar que su disponibilidad varía según su concentración, los materiales utilizados en la fabricación y el estado de madurez del abono (Álvarez-Solís et al. 2016).

La vermicomposta elaborada con cascarilla de café exhibió una consistencia suelta y friable, lo que promovió una alta capacidad de retención de humedad, como lo reportan Contreras et al. (2014); además, presentó mejores parámetros nutrimentales en relación con bocashi (Cuadro 1). El tratamiento con vermicomposta promovió 27 días antes la brotación de yemas axilares, en comparación con el testigo (Cuadro 2); también mostró variación significativa en la longitud y diámetro de raíces primarias (15.3 y 0.33 cm) y secundarias (2.9 y 0.168 cm), respecto al testigo ( $p \leq 0.05$ ) (Cuadro 4). Hay reportes que indican que este abono repercute en la nutrición y vigor de las plantas de vainilla, café, durazno y hortalizas (Alvarado-Raya 2017; González-Chávez et al. 2018; Mosquera et al. 2016; Quesada y Méndez 2005), debido a la disponibilidad de nutrientes (Contreras et al. 2014) y la presencia de grupos de auxinas intercambiables en la macroestructura de los ácidos húmicos (Barros et al. 2010; Canellas et al. 2002). En esta investigación, en los abonos orgánicos utilizados a 100 por ciento no se observaron daños visibles en las raíces (Figura 1); sin embargo, en otras investigaciones se recomienda realizar pruebas de mezclado (González-Chávez et al. 2016; González-Chávez et al. 2018), como ocurre en

el cafeto, que puede limitar el desarrollo del sistema radicular (Aguilar et al. 2016).

El abono tipo bocashi se utilizó como sustrato y mejorador de las propiedades físicas y químicas del suelo agrícola "arcilloso", pues al combinarse aportó cantidades adecuadas de nutrimentos que posiblemente favorecieron el desarrollo de los esquejes de vainilla (Cuadro 3). Ramos et al. (2014) mencionan que este tipo de abono contiene un variado grupo de microorganismos (bacterias, actinomicetos, levaduras y lactobacilos) que determinan la facilidad de descomposición y mineralización de sus nutrimentos.

No se presentaron diferencias significativas en la longitud (32.7 cm) y diámetro del brote (0.54 cm), longitud de raíz primaria (14.9 cm) al utilizar el bocashi y la vermicomposta como sustrato para el desarrollo de la planta, pero si respecto al testigo ( $p \leq 0.05$ ) (Cuadro 4; Figura 1), lo cual evidencia su efecto positivo, como se menciona en el cultivo de café (Encalada et al. 2018; Mosquera et al. 2016) y hortalizas (Álvarez-Solís et al. 2016).

Los microorganismos *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* promovieron mayor número de raíces secundarias y altura de brotes en los esquejes de vainilla ( $p \leq 0.05$ ) (Cuadro 4, Figura 1); resultados similares fueron obtenidos en café y papaya (Aguirre-Medina et al. 2011; Alarcón et al. 2002). Por otra parte, se ha reportado que la simbiosis de microorganismos (*A. brasilense* y *G. intraradices*) con las plantas origina una asociación multifuncional, al crear

**Cuadro 4. Efecto del bocashi, vermicomposta y biofertilizante sobre parámetros morfológicos de esquejes de vainilla (*Vanilla planifolia*) en Huehuetla, Hidalgo, México.**

Tratamiento	LB* (cm)	DB (cm)	LRP (cm)	DRP (cm)	LRS (cm)	DRS (cm)	NRP	NRS	DFVR (A o P)
Vermicomposta	32.3 a**	0.515 a	15.3 a	0.33 a	2.91 a	0.17 a	2.6 a	10.9 ab	A
Bocashi (Bo)	32.7 a	0.543 a	14.9 a	0.29 ab	2.32 ab	0.16 ab	2.5 a	8.6 ab	A
Combinación (Bo+T)	32.9 a	0.51 a	9.3 bc	0.28 ab	1.26 cb	0.15 ab	3.1 a	9.8 ab	A
Suelo agrícola con biofertilizante	45 a	0.51 a	13.6 ab	0.27 ab	1.82 abc	0.11 bc	2.9 a	14.2 a	P
Suelo agrícola (T)	14.1 b	0.326 b	7.3 c	0.23 b	0.98 c	0.08 c	2.3 a	4.6 b	P

\*LB: Longitud de brote; DB: Diámetro de tallo de brote; LRP: Longitud de raíz primaria; DRP: Diámetro de raíz primaria; LRS: Longitud de raíz secundaria; DRS: Diámetro de raíz secundaria; NRP: Numero de raíces primarias; NRS: Numero de raíces secundarias; DFVR: Daños físicos visibles en raíces (ausencia o presencia)

\*\*Medias con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

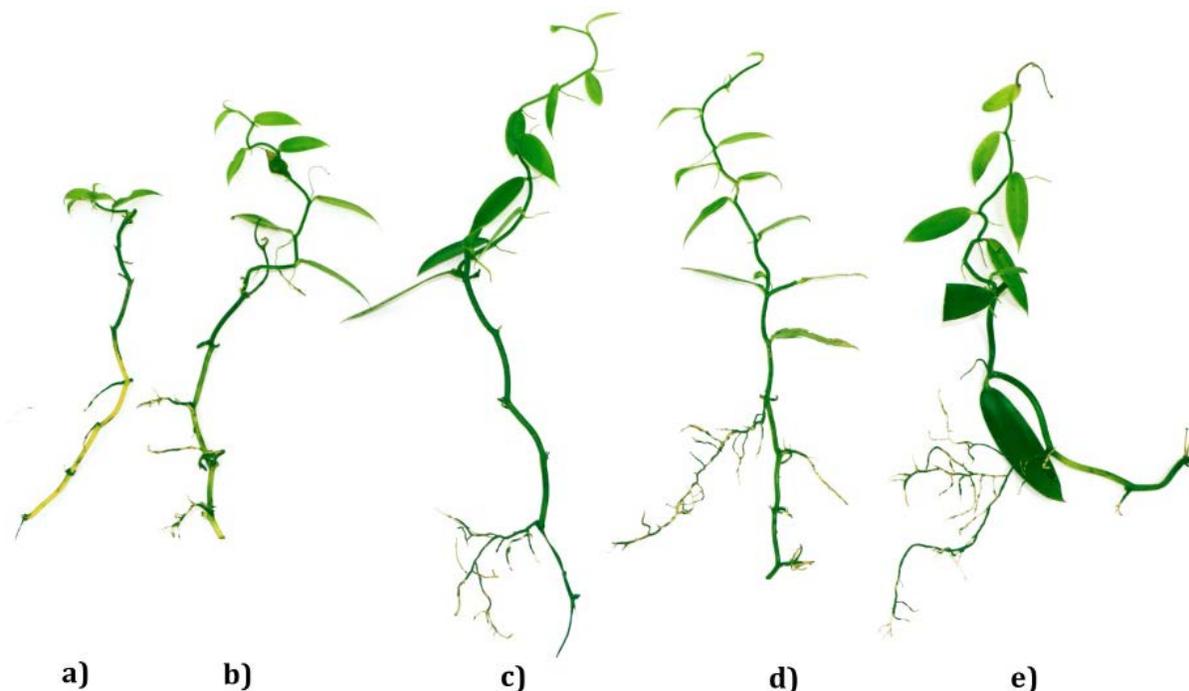


Figura 1. Efecto de los sustratos en esquejes de vainilla (*Vanilla planifolia*) en Huehuetla, Hidalgo: a) Suelo agrícola (testigo), b) Combinación bocashi + suelo agrícola (50%:50%), c) Biofertilizante, d) Bocashi, e) Vermicomposta.

un proceso sucesivo de intercambio de sustancias nutritivas por el incremento de la superficie absorbente del sistema radicular, además de brindar cierta protección contra patógenos de la raíz (Aguirre-Medina et al. 2007; Aguirre-Medina 2018).

En el suelo agrícola "arcilloso" (testigo) se observó compactación, lo que dificultó evaluar los parámetros de las raíces, al ocasionar daños físicos por fragmentación; lo anterior se puede correlacionar con el análisis del suelo: la textura arcillosa y conductividad hidráulica (0.8 cm/h) (Cuadro 3). En este sentido, la combinación de bocashi con suelo arcilloso (proporción 50%: 50%) aportó las cantidades de nutrientes necesarias para favorecer el desarrollo de raíces en vainilla, como se observa en el Cuadro 3; asimismo, puede ser una alternativa para regenerar los suelos agrícolas en la región en el mediano plazo. Según Trinidad-Santos y Velasco-Velasco (2016), los abonos orgánicos tienen efectos positivos en las propiedades físicas del suelo: mejoran la estructura, disminuyen la densidad aparente, crean mayor capacidad de intercambio catiónico y evitan la erosión del suelo; además, aumentan la porosidad, aireación, infiltración, retención de agua, estabilidad de agregados, contenido de materia orgánica, así como la disponibilidad de macros y micronutrientes.

El bocashi y la vermicomposta son una alternativa viable para proveer los nutrientes requeridos del cultivo; además, permiten reciclar los desechos orgánicos de la localidad o región para obtener materia orgánica. En esta investigación, las características físicas y químicas de los abonos orgánicos tuvieron efectos positivos sobre la emisión de raíces y en el crecimiento del brote axilar (Figura 1); por lo tanto, también pueden ser utilizados como sustratos en semilleros y viveros. Así, la variabilidad existente en los contenidos nutrimentales de los abonos orgánicos analizados evidencia la necesidad de seguir investigando la caracterización de los materiales orgánicos y los procesos para su fabricación.

El municipio de Huehuetla, Hidalgo tiene zonas para la producción de vainilla, pero se recomienda efectuar modelajes de distribución potencial, considerando variables climáticas y altitud mediante el programa Maxent, como el propuesto por Maceda-Rodríguez et al. (2016), así como caracterizar la planta de vainilla local mediante análisis molecular, con la finalidad de establecer un banco de germoplasma, pues cualquier estrategia técnica que evite la disminución de poblaciones silvestres de vainilla es necesaria para salvaguardar los únicos y escasos recursos genéticos que existen (Azofeifa-Bolaños et al. 2018).

## CONCLUSIONES

El uso de abonos orgánicos bocashi, vermicomposta y el biofertilizante promovieron el crecimiento y desarrollo de raíces; además, tuvieron un efecto positivo en la disminución del periodo de brotación en las plántulas de vainilla en comparación con el suelo agrícola.

## AGRADECIMIENTOS

Al programa para el desarrollo profesional docente tipo superior (PRODEP) que otorgó el financiamiento del proyecto. A Luis Sevilla García, productor de vainilla en Huehuetla, Hidalgo.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar JCE, Alvarado CI, Martínez AFB, Galdámez JG, Gutiérrez MA, Morales CJA. 2016. Evaluación de tres abonos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en etapa de vivero. *Siembra* 3: 11-20. <https://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.211>
- Aguirre-Medina JF. 2018. Biofertilizantes a base de micorriza-arbuscular y su aplicación en la agricultura. *Agro Productividad* 4: 12-19.
- Aguirre-Medina JF, Mendoza-López A, Cadena-Iñiguez J, Avendaño-Arrazate C. 2007. Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenk et Smith. *Interciencia* 32: 541-546.
- Aguirre-Medina JF, Moroyoqui-Ovilla DM, Mendoza-López A, Cadena-Iñiguez J, Avendaño-Arrazate CH, Aguirre-Cadena JF. 2011. Hongo endomicorrízico y bacteria fijadora de nitrógeno inoculadas a *Coffea arabica* en vivero. *Agronomía Mesoamericana* 22: 71-80.
- Alarcón A, Davies FT, Egilla JN, Fox TC, Estrada-Luna AA, Ferrera-Cerrato R. 2002. Short term effects of *Glomus claroideum* and *Azospirillum brasilense* on growth and root acid phosphatase activity of *Carica papaya* L. under phosphorus stress. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 44: 31-37.
- Alvarado-Raya HE. 2017. Peach seedling growth with mycorrhiza and vermicompost. *Tecnociencia Chihuahua* 11: 48-57.
- Álvarez-Solís JD, Mendoza-Núñez JA, León-Martínez NS, Castellanos-Albores J, Gutiérrez-Miceli FA. 2016. Effect of bokashi and vermicompost leachate on yield and quality of pepper (*Capsicum annuum*) and onion (*Allium cepa*) under monoculture and intercropping cultures. *Ciencia e Investigación Agraria* 43: 243-252. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202016000200007>
- Azofeifa-Bolaños JB, Paniagua-Vásquez A, García-García JA. 2014. Importancia y desafíos de la conservación de *Vanilla* spp. (Orquidaceae) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 25: 189-202.
- Azofeifa-Bolaños LB, Rivera-Coto G, Paniagua-Vásquez A, Cordero-Solórzano R. 2018. Selección cualitativa del esqueje en la sobrevivencia y desarrollo morfo genético de *Vanilla planifolia* Andrews. *Agronomía Mesoamericana* 29: 619-627. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32213>
- Barros DL, Pascualoto CL, López OF, Oliveira AN, Eustáquio PPL, Azevedo M, Spaccini R, Piccolo A, Façanha AR. 2010. Bioactivity of chemical transformed humic matter from vermicompost on plant root growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 3681-3688. <https://doi.org/10.1021/jf904385c>
- Canellas LP, Olivares FL, Okorokova-Façanha AL, Façanha AR. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology* 130: 1951-1957. <https://doi.org/10.1104/pp.007088>
- Castro A, Henríquez C, Bertsch F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33: 31-43.
- Contreras JL, Rojas J, Acevedo I, Adams M. 2014. Caracterización de las propiedades físicas y bioquímicas del vermicompost de pergamino de café y estiércol de bovino. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) Suplemento 1*: 489-501.
- De la Cruz W, Dominguez J, De la AV, Díaz L. 2014. Evaluación del efecto de cinco sustratos y una dosis de Ácido  $\alpha$  Naftalen-acético (ANA) en la propagación de esquejes de vainilla (*Vanilla* sp). *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología* 3: 198-220.
- Durán L, Henríquez C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31: 41-51.
- Encalada M, Fernández P, Jumbo N, Alejo A, Reyes L. 2018. Evaluación del crecimiento de plántulas de *Coffea*

- arabica* L. cv. caturra en condiciones de vivero con diferentes sustratos y recipientes. Bosques Latitud Cero 8: 70-84.
- González-Chávez MCA, Carrillo-González R, Villegas-Monter A. 2016. Manejo de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews.) con vermicompost. Agro productividad 9 (Suplemento): 9-10.
- González-Chávez MC, Carrillo-González R, Villegas-Monter A, Delgado-Alvarado A, Perea-Vélez SY, Herrera-Cabrera BE. 2018. Uso de vermicompost para la propagación de estacas de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). Agro productividad 11: 22-28.
- Hernández HJ. 2011. Paquete tecnológico vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson). Establecimiento y mantenimiento (Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo 2011). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Tlapacoyan, México.
- Hidalgo PR, Sindoni M, Méndez JR. 2009. Importancia de la selección y manejo adecuado de sustratos en la producción de plantas frutales en vivero. Revista UDO Agrícola 9: 282-288.
- Maceda-Rodríguez A, Herrera-Cabrera BE, Delgado-Alvarado A, Salazar-Rojas VM. 2016. Nuevas áreas para el cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews.) en Hidalgo, México. Agro productividad 9 (Suplemento): 7-8.
- Mendoza GL. 2008. Manual de lombricultura. SEP-CECYTECH-DG-UI-ENC-001. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. [citado 2021 dic 10]. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/read/14512054/manual-de-lombricultura-cecytech>
- Mosquera AT, Melo MM, Quiroga CG, Avendaño DM, Barahona M, Galindo FD, Lancheros JJ, Prieto SA, Rodríguez A, Sosa DN. 2016. Evaluación de fertilización orgánica en caféto (*Coffea arabica*) con pequeños productores de Santander, Colombia. Temas Agrarios 21: 90-101.
- Osorio AI, Osorio VNW, Díez MC, Moreno FH. 2014. Nutrient status and vegetative growth of *Vanilla planifolia* Jacks plants as affected by fertilization and organic substrate composition. Acta Agronómica 63: 326-334.
- Quesada G, Méndez C. 2005. Evaluación de sustratos para almácigos de hortalizas. Agronomía Mesoamericana 16: 171-183.
- Ramos D, Terry E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. Cultivos Tropicales 35: 52-59.
- Ramos AD, Terry E, Soto F, Cabrera JA. 2014. Bocashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. Cultivos Tropicales 35: 90-97.
- Román P, Martínez MM, Pantoja A. 2013. Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile, Chile.
- [SAGARPA] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [internet]. 2016. Vainilla mexicana. Planeación agrícola nacional 2017-2030. [citado 2021 dic 01]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257086/Potencial-Vainilla.pdf>.
- Santillán A, Salas A, Vásquez N. 2018. La productividad de la vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en México de 2003 a 2014. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 9: 50-69. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.165>
- [SCFI] Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. [internet]. 2008. NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba. [citado 2021 dic 10]. Disponible en: <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNMX.xhtml?pidn=MWVudjczeGZzZ1BnUX-VGY3pDdFBSZz09>
- [SEMARNAT] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [internet]. 2010. NORMA Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010). Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. [citado 2021 nov 20]. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5173091](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091)
- [SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [internet]. 2021. Anuario estadístico de la producción agrícola 2019. [citado 2021 nov 15]. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Soto MA. 2006. La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. Biodiversitas 66: 1-9.
- Trinidad-Santos A, Velasco-Velasco J. 2016. Importancia de la materia orgánica en el suelo. Agro productividad 9: 52-58.