

Efecto de un biol sobre las características del suelo y la producción de brotes en pitahaya (*Hylocereus* sp.)

José Eladio Monge-Pérez¹ , Michelle Loría-Coto²  & Patricia Oreamuno-Fonseca² 

1. Universidad de Costa Rica, Finca Experimental Interdisciplinaria de Modelos Agroecológicos, Turrialba, Cartago, Costa Rica; jose.mongeperez@ucr.ac.cr,
2. Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Montes de Oca, Mercedes, San José, Costa Rica; michelle_loria@yahoo.com, patrioref@gmail.com

Recibido 08-XI-2021 • Corregido 18-I-2022 • Aceptado 21-II-2022

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3836>

ABSTRACT. “Effect of a biol on soil characteristics and sprout production in pitahaya (*Hylocereus* sp.)”. **Introduction:** Bioles are fermented liquid fertilizers. **Objective:** to evaluate the effect of a biol on soil characteristics and sprout production in pitahaya (*Hylocereus* sp.) cultivation. **Methods:** The evaluated treatments were Fertibiol 45L® and Control (distilled water), both applied to the soil. A physical, chemical and microbiological analysis of the soil was carried out before and towards the end of the trial. The production of new sprouts (vegetative and reproductive) was biweekly evaluated. **Results:** Compared to the Control, Fertibiol caused an increase in the content of P (+112%), S (+1200%) and Zn (+18%) in the soil, and a suppression of the fungi *Penicillium* sp. and *Fusarium* sp. Furthermore, it did not cause changes in the production of vegetative sprouts, but it did cause a decrease (-56%) in the production of reproductive sprouts of pitahaya. **Conclusion:** Fertibiol caused an improvement in the availability of P, S and Zn in the soil, and suppressed the fungi *Penicillium* sp. and *Fusarium* sp.; however, the production of reproductive sprouts was negatively affected in pitahaya cultivation, while the production of vegetative sprouts was not affected.

Keywords: phenology, organic agriculture, biological control, bacteria, phosphate solubilization

RESUMEN. Introducción: Los bioles son fertilizantes líquidos fermentados. **Objetivo:** Evaluar el efecto de un biol sobre las características del suelo y la producción de brotes, en el cultivo de pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Métodos:** Los tratamientos evaluados fueron Fertibiol 45L® y Testigo (agua destilada), ambos aplicados al suelo. Se realizó un análisis físico, químico y microbiológico del suelo, antes y hacia el final del ensayo. Se evaluó la producción de brotes nuevos (vegetativos y reproductivos), en forma quincenal. **Resultados:** En comparación con el Testigo, el Fertibiol provocó un aumento en el contenido de P (+112%), S (+1200%) y Zn (+18%) en el suelo, y una supresión de los hongos *Penicillium* sp. y *Fusarium* sp.; además, no provocó cambios en la producción de brotes vegetativos, pero sí causó una disminución (-56%) en la producción de brotes reproductivos en el cultivo de pitahaya. **Conclusión:** El Fertibiol provocó un mejoramiento en la disponibilidad de P, S y Zn en el suelo, y suprimió a los hongos *Penicillium* sp. y *Fusarium* sp.; sin embargo, la producción de brotes reproductivos en el cultivo de pitahaya fue afectada negativamente, mientras que la producción de brotes vegetativos no fue afectada.

Palabras clave: fenología, agricultura orgánica, control biológico, bacterias, solubilización de fosfatos

La pitahaya (*Hylocereus* spp.) es una planta de la familia Cactaceae, nativa de México y Centroamérica, cuyos frutos son muy apetecidos en el mercado mundial (del Ángel et al., 2012). Es una especie nativa del bosque tropical, adaptada a períodos secos y húmedos muy marcados; presenta una planta hemiepífita, que manifiesta hábitos trepadores (del Ángel et al., 2012; Esquivel & Araya, 2012). El aporte nutricional de este frutal incluye fibra dietética, vitaminas A y C, potasio, hierro, calcio, fósforo, zinc, sodio y magnesio, y además presenta propiedades antioxidantes y medicinales (del Ángel et al., 2012; Kishore, 2016).

El género *Hylocereus* incluye unas 31 especies, que difieren en la coloración interna y externa del fruto, entre otras características (del Ángel et al., 2012). La especie *H. undatus* se cultiva ampliamente en muchos países del mundo, y tiene cáscara roja y pulpa blanca, mientras que *H. polyrhizus* (cáscara roja y pulpa rojo-violeta) y *H. costaricensis* (cáscara roja y pulpa roja) se cultivan

en menor escala (Esquivel & Araya, 2012). En Costa Rica y Nicaragua se cultiva con más frecuencia la pitahaya con frutos de cáscara roja y pulpa roja, y las variedades más utilizadas son “Rosa”, “Cebra”, “Orejona”, “San Ignacio”, “Nacional”, “Crespa”, “Lisa”, y “Amarilla” (López & Miranda, 2002; García & Quirós, 2010; Esquivel & Araya, 2012).

En México y Nicaragua, se ha informado que la producción de frutos de pitahaya va de mayo a noviembre (del Ángel et al., 2012), mientras que en Costa Rica se indica que el período de cosecha va de mayo a setiembre, y los meses de junio, julio y agosto son los de mayor producción (García & Quirós, 2010).

En Veracruz, México, se ha establecido que el período reproductivo inicia a finales de abril o mayo, y termina en octubre, y las cosechas más altas se obtienen de julio a setiembre. Las yemas florales emergen después de las primeras lluvias, y las plantas pueden tener hasta seis ciclos de floración y desarrollo de frutos durante el año (del Ángel et al., 2012). Los botones florales emergen principalmente de los tallos que se han desarrollado en el período de crecimiento del año anterior (del Ángel et al., 2012).

En la agricultura orgánica, los fertilizantes más utilizados son la composta, la vermicomposta, el bocashi y el biol (Solís-Oba et al., 2021). Los bioles son fertilizantes líquidos fermentados, que pueden ser aplicados tanto a nivel foliar como al suelo (Linares-Gabriel et al., 2017). Generalmente, los bioles se obtienen a partir de la descomposición anaeróbica de residuos animales o vegetales (Ramírez et al., 2016). Como resultado de la digestión anaeróbica, se produce biogás como producto principal, mientras que el subproducto es el digestato (o digestado), cuya parte líquida se denomina biol (Solís-Oba et al., 2021). Los bioles pueden aportar macronutrientes, micronutrientes, materia orgánica, y otros beneficios derivados de su composición microbiológica (Elbasher et al., 2021).

Varios investigadores han estudiado el efecto de los bioles aplicados al suelo, sobre el crecimiento de varios cultivos, y en comparación con el testigo, se ha obtenido un aumento en: tasa fotosintética, eficiencia en el uso del agua, altura de planta, peso de la parte aérea de la planta, área foliar, longitud de raíz, tasa de crecimiento del cultivo, y rendimiento, entre otros (Cordero, 2010; Toalombo, 2013; Ramírez et al., 2016; Linares-Gabriel et al., 2017; Santin, 2017; Coaguila et al., 2019; Castro-Barquero et al., 2020; Elbasher et al., 2021; Solís-Oba et al., 2021).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de un biol sobre las características del suelo y la producción de brotes, en el cultivo de pitahaya.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se desarrolló en Higuito de San Mateo, Alajuela, Costa Rica, en una parcela de pitahaya (*Hylocereus* sp.) cultivada en forma orgánica de la variedad “Orejona”, ubicada a 9°56'36,880" de Latitud Norte y 84°32'57,148" de Longitud Oeste, y a una altitud de 232msnm. La fecha de siembra de la plantación fue el 1° de junio de 2016, a partir de plantas reproducidas vegetativamente mediante esquejes. Para el crecimiento de las plantas se utilizaron postes vivos de jiñocuabe (*Bursera simaruba*). La distancia de siembra fue de 3x3m.

La fertilización de la parcela consistió en la aplicación de bocashi, a una dosis de 1,5 kg/planta/año, fraccionada en tres aplicaciones a lo largo del año (junio, agosto y octubre), de 500g cada una.

Los tratamientos evaluados fueron: Fertibiol 45L® y Testigo. El biol utilizado (Fertibiol) es un biofertilizante y biocontrolador 100% orgánico, hecho a base de microorganismos, producido por el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica; su número de registro MAG es 7968 (Rodríguez & Chavarría, s.f.). Este producto favorece la nutrición de las plantas por medios biológicos e intensifica los recursos microbiológicos del suelo; sus principales componentes son las

siguientes bacterias: *Bacillus* cepa CIA 200-201-202 (15% v/v), *Pseudomonas* cepa CIA 110-101 (15% v/v), y *Azotobacter* CIA 300 (15% v/v) (Rodríguez & Chavarría, s.f.).

La solución de Fertibiol se aplicó en forma quincenal, desde el 1° de junio al 26 de diciembre de 2018, y del 14 de mayo al 12 de noviembre de 2019, a 10 plantas de pitahaya ubicadas en forma aleatoria en la parcela. El biol se aplicó únicamente en esas fechas, pues se requería que el suelo estuviera húmedo para poder aplicar el producto, por lo que no se realizaron aplicaciones durante la época seca.

Asimismo, se establecieron al azar otras 10 plantas de pitahaya de la parcela, a las que se les aplicó agua destilada (tratamiento Testigo), en las mismas fechas que el tratamiento con Fertibiol.

Para cada aplicación del biol, se colocaron 125ml de Fertibiol 45L® en un envase plástico, al cual se le agregó agua destilada hasta llevar el volumen final a 3 litros; de esta solución, se aplicaron 300ml alrededor de la base de cada una de las plantas del tratamiento con Fertibiol, en forma quincenal. En cada fecha de aplicación del biol, en el tratamiento Testigo se aplicó 300ml de agua destilada alrededor de la base de cada planta.

Las variables evaluadas fueron:

1. Número de brotes vegetativos nuevos por planta: se registró el dato para cada planta en forma quincenal, y se obtuvo el promedio.
2. Número de brotes reproductivos nuevos por planta: se registró el dato para cada planta en forma quincenal, y se obtuvo el promedio.

Para la contabilización de los brotes vegetativos, se incluyó aquellos que correspondieran con los estados de crecimiento fenológico 011, 013, 015, 017, 019 y 310, y para los brotes reproductivos se registró los que se encontraban en los estados de crecimiento fenológico 510, 511, 513 y 514 y 515, en ambos casos según la escala BBCH desarrollada para pitahaya (Kishore, 2016). De esta forma se aseguró que no existiera un doble registro, o un subregistro, de los brotes nuevos entre una evaluación y la siguiente, pues se comprobó que en el intervalo de dos semanas se registraban exactamente los brotes nuevos emergidos en ese lapso de tiempo. Las evaluaciones de los brotes iniciaron el 13 de junio de 2018, y finalizaron el 26 de diciembre de 2019.

Además, se realizó un análisis de suelo (físico, químico y microbiológico) antes del inicio del ensayo (6 abril 2018) a nivel general de la parcela, y otro (químico y microbiológico) hacia el final del trabajo (4 octubre 2019) para cada tratamiento; estos análisis se realizaron en los laboratorios del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Las características evaluadas fueron: arena, limo, arcilla, clase textural, pH (H₂O), acidez, porcentaje de saturación de acidez (SA), Ca, Mg, K, capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICE), P, Zn, Cu, Fe, Mn, C, N, relación C/N, S, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), hongos, y hongos dominantes. Para el análisis de abril 2018, la muestra de suelo estuvo compuesta por 20 submuestras, tomadas en la zona alrededor de la base de las plantas seleccionadas para el ensayo. Para el análisis de octubre 2019, la muestra de suelo para cada tratamiento estuvo compuesta por 10 submuestras tomadas en la zona alrededor de la base de las plantas. En todos los casos, las muestras se tomaron a una profundidad de 0-20cm.

Para el análisis de las características químicas y microbiológicas del suelo, se realizó una comparación simple entre los datos obtenidos al inicio y hacia el final del ensayo, y entre los dos tratamientos.

Para el análisis de los datos de producción de brotes vegetativos y reproductivos por tratamiento, se utilizó la prueba de t de Student ($p \leq 0,05$) para confirmar si existían diferencias significativas entre los tratamientos o no.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados del análisis de suelo para las plantas que recibieron la aplicación de Fertibiol y para las plantas Testigo, tanto antes del inicio de las aplicaciones (abril 2018, un solo análisis para ambos tratamientos), como hacia el final del ensayo (octubre 2019).

En la figura 1 se muestra la comparación entre las plantas que recibieron la aplicación de Fertibiol y las plantas Testigo, con respecto a la producción quincenal promedio de brotes vegetativos y reproductivos nuevos, para el período del estudio.

TABLA 1

Características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, en la parcela de pitahaya, según fecha y tratamiento

Características	Fecha			Valor de referencia
	Abril 2018	Octubre 2019, según tratamiento		
		Testigo	Fertibiol	
Físicas				
Arena (%)	22	nd	nd	nd
Limo (%)	23	nd	nd	nd
Arcilla (%)	55	nd	nd	nd
Clase textural	Arcilloso	nd	nd	nd
Químicas				
pH (H ₂ O)	5,9	7,1	7,2	5,5
Acidez (cmol(+)/L)	0,12	0,12	0,13	0,5
Ca (cmol(+)/L)	10,37	12,27	12,82	4
Mg (cmol(+)/L)	2,14	4,43	3,86	1
K (cmol(+)/L)	0,86	0,87	0,90	0,2
CICE (cmol(+)/L)	13,49	17,69	17,71	5
SA (%)	0,9	0,7	0,7	nd
P (mg/L)	4	24	51	10
Zn (mg/L)	6,9	8,9	10,5	3
Cu (mg/L)	20	14	16	1
Fe (mg/L)	91	59	63	10
Mn (mg/L)	27	9	10	5
CE (mS/cm)	0,3	0,2	0,3	1,5
C (%)	4,65	4,41	4,30	nd
N (%)	0,44	0,41	0,38	nd
Relación C/N	10,6	10,8	11,3	nd
S (mg/L)	17	3	39	12
MO (%)	6,65	6,31	6,15	nd
Microbiológicas				
Hongos (UFC/g)	9,9 x 10 ⁴	8,4 x 10 ⁵	5,8 x 10 ⁵	nd
Hongos dominantes	<i>Penicillium sp.</i> , <i>Trichoderma sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i>	<i>Penicillium sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	nd

Nota: CICE: capacidad de intercambio de cationes efectiva = Acidez+Ca+Mg+K; SA: porcentaje de saturación de acidez = (Acidez/CICE)*100; CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; nd: no dato; valor de referencia: dato considerado como deseable en un suelo para cada característica, según el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, por encima o por debajo del cual podrían presentarse consecuencias perjudiciales para los cultivos.

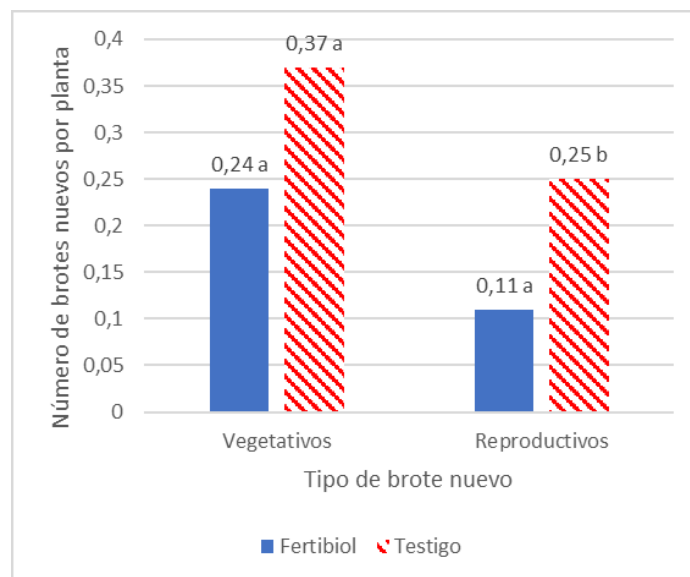


Fig. 1. Producción quincenal promedio de brotes vegetativos y reproductivos nuevos en pitahaya, en las plantas que fueron fertilizadas con Fertibilol y en las plantas Testigo, del 13 junio 2018 al 26 diciembre 2019. Nota: promedio de 10 plantas; comparación entre tratamientos según prueba de t de Student ($p \leq 0,05$).

DISCUSIÓN

Con respecto a las características del suelo, con base en el análisis realizado en abril de 2018 se concluye que el suelo en que se ubica la parcela de pitahaya es arcilloso, con una CICE alta, una acidez baja, contenidos altos de bases y microelementos, y en el que la principal limitante es un contenido bajo de P.

Entre los principales resultados del ensayo, se observó un aumento importante en el pH (H_2O), en el contenido de P, Ca, Mg y Zn, y en la CICE, así como un leve aumento en la relación C/N, en octubre 2019, con relación a abril 2018, en ambos tratamientos. También se presentó una disminución en la saturación de acidez (SA) y en el contenido de Cu, Fe y Mn, así como una leve reducción en el contenido de C y N y en el contenido de MO, en octubre 2019, con respecto a abril 2018, para ambos tratamientos. No se presentaron cambios en la acidez, en el contenido de K y en la CE, en ambos tratamientos, a lo largo del ensayo.

En el caso del contenido de P, se obtuvo un aumento muy significativo en ambos tratamientos, en octubre 2019, en comparación con abril 2018; un factor que ayudó en este resultado fue el aumento del pH, desde 5,9 hasta 7,1-7,2 hacia el final del ensayo, dado que el rango óptimo de disponibilidad de P en el suelo se presenta en valores de pH entre 6,5 y 7,5 (Beltrán, 2014). Otro investigador informó que el bocashi provocó un aumento en el pH y en el contenido de P en un suelo en Perú (Ríos, 2015); por lo tanto, el aumento en el pH y en el contenido de P en el suelo que se obtuvo en ambos tratamientos, se pueden explicar debido a la aplicación de bocashi en la parcela de pitahaya.

Sin embargo, el contenido de P en octubre 2019 fue muy superior (+112%) en el tratamiento con Fertibilol, con respecto al Testigo. Varios investigadores han informado que muchos microorganismos tienen la capacidad de colaborar en la solubilización de fosfatos en el suelo, entre ellos *Bacillus* sp. y *Pseudomonas* sp. (Tripti et al., 2012; Beltrán, 2014; Corrales et al., 2014; Pérez-Pazos & Sánchez-López, 2017; Bjelić et al., 2018; Rosa et al., 2020; Nosheen et al., 2021), y también existen algunos autores que incluyen a *Azotobacter* sp. (Tripti et al., 2012; Corrales et al., 2014; Pérez-Pazos & Sánchez-López, 2017; Bjelić et al., 2018); estos tres géneros de bacterias son los

componentes principales del Fertibiol. Las bacterias solubilizadoras de fosfatos convierten el fosfato insoluble en la forma soluble, mediante diversos mecanismos como producción de ácidos orgánicos, quelatación, y reacciones de intercambio iónico (Nosheen et al., 2021).

Por otra parte, con respecto al contenido inicial de S en el suelo, se presentó una disminución drástica en el tratamiento Testigo (-82%), pero, en forma contraria, se obtuvo un aumento muy importante en el tratamiento con Fertibiol (+129%); en el análisis de octubre 2019, el tratamiento con Fertibiol presentó un contenido de S que fue 13 veces superior con respecto al Testigo. Otros investigadores ya habían informado que algunas bacterias del suelo logran solubilizar y liberar iones de diversos elementos, además del fósforo, como es el caso del azufre, así como también nitrógeno, potasio, calcio y magnesio (Corrales et al., 2014).

Además, el tratamiento con Fertibiol presentó un contenido de Zn superior (+18%) con respecto al Testigo en la evaluación de octubre 2019; se ha informado que *Pseudomonas* spp. y *Bacillus* spp. son capaces de solubilizar este microelemento (Nosheen et al., 2021).

Con respecto al análisis microbiológico, en ambos tratamientos se presentó un aumento en la población de hongos a lo largo del ensayo (entre 5,86 y 8,48 veces mayor cantidad de UFC/g). Sin embargo, en el tratamiento Testigo, de los cuatro géneros de hongos predominantes al inicio del ensayo, al final se detectaron solamente tres de ellos, y no se encontró al hongo *Trichoderma* sp., el cual es un biocontrolador, y que sí estaba presente al inicio del experimento; es decir, existió una supresión del hongo *Trichoderma* en el tratamiento Testigo. En contraste, en el tratamiento con Fertibiol, al final del ensayo únicamente se encontró al hongo *Aspergillus* sp., y no se encontró a *Trichoderma* sp., *Penicillium* sp. y *Fusarium* sp., siendo este último en muchas ocasiones un patógeno de suelo de importancia agrícola. Este resultado parece comprobar el efecto como controlador biológico del Fertibiol sobre patógenos de plantas, el cual ya se había comprobado en otro ensayo, contra el hongo de suelo *Plasmodiophora brassicae* en el cultivo de mostaza china (Castro-Barquero et al., 2020). Además de suprimir a *Fusarium*, el Fertibiol también afectó al hongo *Penicillium*, que es un patógeno frecuente en poscosecha de frutos.

Con respecto a la producción de brotes, tanto para los brotes vegetativos como reproductivos, el tratamiento Testigo obtuvo valores superiores con respecto al tratamiento con Fertibiol. A pesar de las importantes diferencias en los valores obtenidos, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el número de brotes vegetativos, pero sí se presentaron dichas diferencias para el número de brotes reproductivos; el tratamiento con Fertibiol produjo un 56% menos de brotes reproductivos, en comparación con el Testigo.

Para los brotes vegetativos, las plantas Testigo mostraron una mayor producción de brotes vegetativos, especialmente desde setiembre 2018 hasta junio 2019, pero luego de esa fecha ambos tratamientos mostraron valores más similares entre sí.

En el caso de la producción de brotes reproductivos, se presentaron emisiones en cuatro momentos (julio 2018; y mayo, julio y setiembre 2019), aunque los valores siempre fueron superiores para el tratamiento Testigo, en comparación con el Fertibiol.

Por lo tanto, la aplicación de Fertibiol no influyó sobre la producción de brotes vegetativos en pitahaya, pero sí provocó una menor producción de brotes reproductivos, con respecto al Testigo. Este resultado parece contradecir la hipótesis de que los bioles son fertilizantes orgánicos que deberían promover el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, en forma similar a lo obtenido en este ensayo, otros investigadores ya habían informado que la aplicación de Fertibiol en el cultivo de mostaza china no presentó diferencias con respecto al Testigo, para variables relacionadas con crecimiento y desarrollo de la planta, como peso fresco y peso seco de la parte aérea de la planta, ni para la relación raíz:tallo para el peso fresco y seco de la planta (Castro-Barquero et al., 2020).

En otro ensayo, una investigadora evaluó el efecto de tres bioles sobre el cultivo de mora, y encontró que uno de ellos produjo la misma cantidad de brotes vegetativos por planta que el Testigo, mientras que los otros dos bioles produjeron una mayor cantidad. Además, dos de los bioles produjeron la misma cantidad de inflorescencias por planta que el Testigo, pero el otro biol sí produjo una mayor cantidad; esto mismo sucedió también con las variables número de frutos por inflorescencia y rendimiento (Toalombo, 2013). Estos resultados indican que el tipo de biol utilizado incide sobre la respuesta de la planta a dicha aplicación.

De forma similar, otra investigadora evaluó tres bioles, a tres concentraciones diferentes, en el cultivo de rábano, y halló que algunos tratamientos con biol produjeron más que el Testigo, pero otros produjeron menos (Cordero, 2010), lo que comprueba que las plantas responden de diversas maneras a la aplicación de bioles. En forma contraria, en el cultivo de frijol, la aplicación de un biol sobre dos variedades sí provocó un mayor rendimiento, en comparación con el Testigo (Santin, 2017).

Por lo tanto, la respuesta obtenida en pitahaya para la producción de brotes vegetativos y reproductivos, debido a la aplicación de Fertibiol, se puede considerar un resultado normal, pues no necesariamente todos los cultivos responden a la aplicación de un biol mediante un mayor crecimiento y desarrollo, como se podría esperar hipotéticamente.

Además, otra posible explicación para los resultados obtenidos es que el efecto de la aplicación de Fertibiol se pudo haber expresado sobre otras características que no fueron evaluadas, como podrían ser la longitud y el grosor de los cladodios, por ejemplo, lo que podría haber consumido fotosintatos para la formación de biomasa, en detrimento de su utilización en la producción de brotes reproductivos, e incluso vegetativos.

Se concluye que el Fertibiol provocó un mejoramiento en la disponibilidad de P, S y Zn en el suelo, y suprimió a los hongos *Penicillium* sp. y *Fusarium* sp.; sin embargo, la producción de brotes reproductivos en el cultivo de pitahaya fue afectada negativamente, mientras que la producción de brotes vegetativos no fue afectada.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de Carlos Blanco en el trabajo de campo, de Marena Chavarría en la donación del Fertibiol 45L®, y de Mario Monge en la revisión de la traducción del resumen al idioma inglés. Asimismo, agradecemos el financiamiento recibido por parte de la Universidad de Costa Rica para la realización de este trabajo.

ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO

Declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en la preparación de este documento; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, estamos de acuerdo con la versión editada final de esta publicación. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

La declaración de contribución de cada autor es la siguiente: J.E.M.P.: Diseño del estudio, recolección y análisis de datos, y preparación del manuscrito. M.L.C.: Análisis de datos. P.O.F.: Recopilación de datos.

REFERENCIAS

- Beltrán, M.E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101-113.
- Bjelić, D., Marinković, J., Tintor, B., & Mrkovački, N. (2018). Antifungal and plant growth promoting activities of indigenous rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) rhizosphere. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(1), 88-98.
- Castro-Barquero, L., Martínez-Vargas, V., Castro-Zúñiga, O., & Blanco-Meneses, M. (2020). Abono orgánico, microorganismos de montaña (MM) y Fertibiol para el control biológico de la hernia de las crucíferas (*Plasmiodiophora brassicae* Wor.) en el cultivo de mostaza china (*Brassica rapa* sp. Pekinensis var. Taranko F1. *Agronomía Costarricense*, 44(2), 31-49. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v44i2.43088>
- Coaguila, P., Bardales, R., & Zeballos, O. (2019). Digestatos procedentes de la obtención de biogás a partir de purines vacunos en la producción de cebolla en zonas áridas. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 119-124. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.13>
- Cordero, I.M. (2010). *Aplicación de biol a partir de residuos: ganaderos, de cuy y gallinaza, en cultivos de Raphanus sativus L. para determinar su incidencia en la calidad del suelo para agricultura*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana].
- Corrales, L.C., Arévalo, Z.Y., & Moreno, V.E. (2014). Solubilización de fosfatos: una función microbiana importante en el desarrollo vegetal. *Nova*, 12(21), 67-79.
- del Ángel, A., Hernandez, C.A., Rebolledo, A., & Zetina, R. (2012). *Pitahayas: patrimonio biocultural para diversificar la agricultura y la alimentación*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Elbashier, M.M., Shao, Y., Wang, L., Chen, D., & Zhong, H. (2021). Effects of organic amendments on soil properties and growth characteristics of melon (*Cucumis melo* L.) under saline irrigation. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 14(5), 123-129.
- Esquivel, P., & Araya, Y. (2012). Características del fruto de la pitahaya (*Hylocereus* sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 113-129.
- García, M.E., & Quirós, O. (2010). Análisis del comportamiento de mercado de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 23(2), 14-24.
- Kishore, K. (2016). Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale. *Scientia Horticulturae*, 213, 294-302.
- Linares-Gabriel, A., López-Collado, C.J., Tinoco-Alfaro, C.A., Velasco-Velasco, J., & López-Romero, G. (2017). Aplicación de biol, fertilizante inorgánico y polímeros superabsorbentes en el crecimiento de heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropic). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 23(1), 35-48. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.02.004>
- López, H., & Miranda, A. (2002). Guía Tecnológica 6: *Cultivo de la pitahaya*. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
- Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability*, 13(4), 1868.
- Pérez-Pazos, J.V., & Sánchez-López, D.B. (2017). Caracterización y efecto de *Azotobacter*, *Azospirillum* y *Pseudomonas* asociadas a *Ipomoea batatas* del Caribe Colombiano. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 19(2), 35-46.
- Ramírez, D.E., Chipana, R., & Echenique, M.A. (2016). Aplicación de biol y riego por goteo en diferentes cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Choquenaira. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(3), 30-38.

- Ríos, W.D. (2015). *Efectos de la aplicación del bocashi en el crecimiento del sachu inchi (Plukenetia volubilis L.) y recuperación de un suelo degradado en el distrito de Daniel Alomía Robles, Huánuco*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/399>
- Rodríguez, D., & Chavarría, M. (s.f.). *Fertibiol 45L*. Universidad de Costa Rica Obtenido de: <http://www.cia.ucr.ac.cr/wp-content/controlbiologico/Fertibiol%2045L.pdf>
- Rosa, P.A., Mortinho, E.S., Jalal, A., Galindo, F.S., Buzetti, S., Fernandes, G.C., Neto, M.B., Pavinato, P.S., & Filho, M.C. (2020). Inoculation with growth-promoting bacteria associated with the reduction of phosphate fertilization in sugarcane. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 32.
- Santin, E.B. (2017). *Efecto de la aplicación de biol en el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) variedades Amadeus 77 y Dehoro, Zamorano, Honduras*. [Tesis pregrado, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6191>
- Solís-Oba, M.M., Castro, R., Villegas-Luna, A., Cruz-Murillo, A., Solís-Oba, A., Castro-Ramos, J.J., Romero, A., Juárez, A.P., Pacheco, J.A., & Aguilar, G. (2021). Evaluación de biol, bocashi, composta y vermicomposta en las variables morfológicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 3649-3662.
- Toalombo, M.C. (2013). *Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (Rubus glaucus Benth)*. [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato.
- Tripti, Kumar, V., & Anshumali. (2012). Phosphate solubilizing activity of some bacterial strains isolated from chemical pesticide exposed agriculture soil. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(9), 1-6.