


Efectos de bioestimulantes en las clorofilas y el número de hojas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones semiprotegidas

Effects of biostimulants on chlorophylls and number of leaves in pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivation under semi-protected conditions

¹Cobeña-Montes Yelitza Lilibeth

Estudiante egresado. Trabajo final para obtener el título de Ingeniera Agrónoma, de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí.


✉ ycobena6458@utm.edu.ec

 ORCID: 0000-0000-0000-0000

²Torres-Garcia Antonio

Filiación


✉ mail@gmail.com

 ORCID: 0000-0000-0000-0000

³Ardisana-Hector Fidel Eduardo

Filiación


✉ mail@gmail.com

 ORCID: 0000-0000-0000-0000

⁴Fosado-Tellez Oswaldo

Filiación


✉ mail@gmail.com

 ORCID: 0000-0000-0000-0000

⁵Leon-Aguilar Rolando

Filiación

✉ mail@gmail.com

 ORCID: 0000-0000-0000-0000

Recepción: / Aceptación: / Publicación:

Resumen

En la agricultura ecuatoriana se utilizan grandes cantidades de fertilizantes químicos y el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) no constituye excepción en esa realidad que tanto daño causa al ambiente, a los suelos, a las aguas subterráneas y superficiales, así como a la salud humana. Una alternativa en las últimas décadas es el empleo de bioestimulantes, que reducen los impactos negativos que produce la utilización indiscriminada de los fertilizantes químicos sintéticos. Esta



investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes (estiércol bovino, lixiviados de vermicompost de estiércol bovino y caprino, microorganismos eficientes) sobre el contenido de clorofilas y el número de hojas en las plantas de 5 híbridos de pimiento (Salvador, Quetzal, Odín, Nathalie y Canario) en condiciones de cultivo semiprotegido y riego localizado, en el periodo comprendido del 2016 al 2019. En la investigación con los diferentes híbridos se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con 3 réplicas. El contenido relativo de clorofilas y el número de hojas se midieron a los 45 días después del trasplante. La aplicación de los bioestimulantes indujo efectos favorables significativos en las variables evaluadas y las diferencias se expresaron en dependencia del híbrido, dosis y tipo de bioestimulantes, observándose en cada híbrido que al menos una de las dosis de bioestimulantes produjo valores similares o superiores a los alcanzados con la fertilización química a base de nitrógeno, fósforo y potasio. Esto demuestra que el empleo de los bioestimulantes constituye una opción beneficiosa para la sustitución parcial de la aplicación de los fertilizantes químicos en el cultivo de los híbridos de pimiento.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L.; estiércoles; lixiviados de vermicompost; microorganismos eficientes

Abstract

In Ecuadorian agriculture, large amounts of chemical fertilizers are used and the cultivation of peppers (*Capsicum annuum* L.) is no exception in that reality that causes so much damage to the environment, soils, ground and surface waters, as well as the human health. An alternative in recent decades is the use of biostimulants, which reduce the negative impacts produced by the indiscriminate use of synthetic chemical fertilizers. This research aimed to evaluate the effect of different biostimulants (bovine manure, vermicompost leachates from bovine and goat manure, efficient microorganisms) on the chlorophyll content and the number of leaves in the plants of 5 pepper hybrids (Salvador, Quetzal, Odín, Nathalie and Canario) under conditions of semi-protected cultivation and localized irrigation, in the period from 2016 to 2019. In the research with the different hybrids, the experimental design of random blocks with 3 replicates was used. The relative chlorophyll content and the number of leaves were measured 45 days after transplantation. The application of the biostimulants induced significant favorable effects in the evaluated variables and the differences were expressed depending on the hybrid, dose and type of biostimulants, observing in each hybrid that at least one of the doses of biostimulants produced values similar or higher than those reached with chemical fertilization based on nitrogen, phosphorus and potassium. This shows that the use of biostimulants constitutes a beneficial option for the partial substitution of the application of chemical fertilizers in the cultivation of pepper hybrids.

Keywords: *Capsicum annuum* L.; manures; vermicompost lecheates; efficient microorganisms



Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza muy demandada por los consumidores, por su excelente sabor y aporte nutricional. La producción de pimiento a nivel mundial fue de 36 millones de toneladas en casi 2 millones de hectáreas cultivadas en más de 40 países del mundo (FAO, 2019). En Ecuador se obtienen aproximadamente 5 500 t en 1 700 ha de cultivo (Reyes et al., 2017), siendo las provincias de Santa Elena, Guayas, Manabí y Esmeraldas las de mayor producción. Las condiciones climáticas en las provincias costeras ecuatoriana favorecen el desarrollo de la especie, aunque también se cultiva en áreas de la sierra a baja altitud, como Imbabura, Loja y Chimborazo (Pinto, 2013).

La agricultura moderna es una de las actividades que más contribuye al cambio climático, entre otras causas por el indiscriminado empleo de fertilizantes químicos sintéticos, que contaminan el ambiente, los suelos y las aguas subterráneas y fluviales. De acuerdo con Knoema (2021) en la agricultura ecuatoriana el consumo de fertilizantes de nitrógeno, fósforo y potasio en 2018 fue de 386,8 kg ha⁻¹. En cambio, el uso de bioestimulantes en la agricultura ha demostrado un gran potencial. A este respecto, Canellas et al. (2015) argumentan que la utilización de los bioestimulantes constituye una posible alternativa a la aplicación de fertilizantes químicos. Estos productos son efectivos en la reducción del uso de fertilizantes (Anitha, 2020) y aumentan los rendimientos o igualan a los que se producen con la fertilización química, como han demostrado Chinga et al. (2020) en el cultivo de algodón en Ecuador con el empleo de lixiviados de vermicompost.

De acuerdo con Du Jardin (2015), un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, aplicado a las plantas, incrementa la absorción y asimilación de nutrientes, su tolerancia al estrés o mejora sus características agronómicas, independientemente del contenido de nutrientes. Los bioestimulantes potencian la vitalidad y el crecimiento de las plantas, y las protegen de las infecciones (Drobek et al., 2019), lo que brinda opciones útiles al agricultor, entre las que se encuentran el empleo de sustancias húmicas diluidas (Da Silva et al., 2017; Torres et al., 2017; Vujinović et al., 2020) y diversos microorganismos (Da Silva et al., 2017; Selvaraj, 2020). Efectos favorables de los bioestimulantes sobre el número de hojas han sido observados en maní (Mycin et al., 2010) y en lechuga (Papathanasiou et al., 2012). También se ha evidenciado su efecto estimulador sobre las clorofilas en lechuga (Papathanasiou et al., 2012) y el frijol común (Torres et al., 2017)

Esta investigación tuvo por objetivo evaluar el efecto de bioestimulantes a base de vermicompost de estiércol bovino y caprino, lixiviados de vermicompost y microorganismos eficientes sobre el contenido de clorofilas y el número de hojas en 5 híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) que se cultivan en la provincia de Manabí, Ecuador.

Metodología

Un total de siete experimentos se realizaron en el periodo comprendido entre junio de 2016 y diciembre de 2019 en condiciones de cultivo semiprotegido, en el Campus Experimental “La Teodomira”, perteneciente a la Facultad de Agronomía en la Universidad Técnica de Manabí, situado en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador, ubicado



geográficamente a 01°09' de latitud sur y 80°21' de longitud oeste, con una altitud de 60 msnm. Como material de siembra se utilizaron semillas certificadas de cinco híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.): Salvador, Quetzal, Odín, Nathalie y Canario. Los semilleros se hicieron en sustrato de suelo y abono orgánico en proporción 1:1 (v/v), en bandejas germinadoras de 100 alvéolos y de 10 cm de profundidad. El trasplante se realizó a los 15 días después de la germinación, sobre un suelo franco arenoso, Inceptisol (SIGTIERRAS, 2017).

En cada híbrido se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 3 réplicas. Las parcelas experimentales estaban compuestas de 4 surcos con un marco de plantación de 0,70 x 0,70 m, y una densidad de 20 400 plantas ha⁻¹; de los dos surcos internos fueron seleccionados al azar 6 plantas para la medición de las variables de clorofila y el número de hojas. Los tratamientos experimentales ensayados a base de bioestimulantes en cada uno de los híbridos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos experimentales ensayados en los híbridos

Tratamientos	Híbridos						
	Salvador	Quetzal	Quetzal	Odín	Canario	Nathalie	Nathalie
Testigo	Suelo	Suelo	Suelo	NPK	Suelo	Suelo	Suelo
1	LVCEB 1:10 v/v	VCEB 7 t ha ⁻¹	LVCEB 1:10 v/v	LVCEB 1:20 v/v	NPK	LVCEB 1:10 v/v	LVCEB 1:40 v/v
2	LVCEB 1:20 v/v	VCEB 5 t ha ⁻¹	LVCEB 1:20 v/v	LVCEB 1:30 v/v	ME 1:10 v/v	LVCEB 1:20 v/v	LVCEB 1:50 v/v
3	LVCEB 1:30 v/v	VCEB 3 t ha ⁻¹	LVCEB 1:30 v/v	VCEB 1 t ha ⁻¹	ME 1:20 v/v	LVCEB 1:30 v/v	LVCEB 1:60 v/v
4	LVCEC 1:10 v/v	NPK	NPK	VCEB 3 t ha ⁻¹	LVCEB 1:10 v/v	NPK	NPK
5	LVCEC 1:20 v/v				LVCEB 1:20 v/v		
6	LVCEC 1:30 v/v						

LVCEB: Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino; LVCEC: Lixiviado de vermicompost de estiércol caprino; VCEB: Vermicompost estiércol bovino; ME: Microorganismos eficientes; NPK: Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio.

El vermicompost de estiércol bovino y caprino, y sus lixiviados compuestos por altas cantidades de N, P, K, Ca, Mg, contienen también fitohormonas como, auxinas, giberelinas y citoquininas,

fueron proporcionados por el Ministerio de la Agricultura, producidos en el sitio Cañitas de la Parroquia Charapotó del cantón Sucre, provincia de Manabí, Ecuador. Los microorganismos eficientes se obtuvieron en la Estación Experimental de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la UTM, situado en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador, localizada geográficamente a 01°09' de latitud sur y 80°21' de longitud oeste, con una altitud de 60 msnm.. Los ME están compuestos por bacterias fotosintéticas o fototrópicas, ácido láctico y levaduras, la mezcla de estas tres bacterias tienen mayor efecto que cada una por separada. Para ello se cultivaron *Rhodospseudomonas palustris* (10^3 UFC L⁻¹), *Saccharomyces cerevisiae* (10^3 UFC L⁻¹), (10^4 UFC L⁻¹), *Lactobacillus plantarum* (10^4 UFC L⁻¹), melaza 10 % y leche pasteurizada 15 %. La mezcla se dejó fermentar a pH 3,5 y temperatura ambiente en condiciones anaeróbicas durante 15 días, y luego se proporcionó aire mediante bombeo constante por 15 días; finalmente se filtró la mezcla a través de una tela fina (Cedeño, 2018).

La fertilización con NPK se hizo con 10 g planta⁻¹ antes del trasplante. El VCEB se aplicó de forma localizada con antelación al trasplante. La aplicación de LVCEB y LVCEC se realizó por vía foliar en frecuencia quincenal para un total de seis aplicaciones. Los ME se aplicaron en el suelo a 10-15 cm de la base del tallo, y se hicieron 5 aplicaciones con frecuencia decenal, iniciando a los 15 días después del trasplante.

Se utilizó un sistema de riego por goteo con cintas situadas en la hilera de plantas, ubicado a 20 cm los goteros con una descarga de 1,5 L hora⁻¹. Para el manejo del riego durante el experimento, en suelo franco arcilloso, en correspondencia a las fases del cultivo se aplicó una lámina bruta que osciló 8 y 12 L m⁻², con intervalos de riego entre 1 y 3 días y duración entre 10 y 25 minutos.

Se evaluó del número de hojas y el contenido relativo de clorofilas, así como el incremento para ambas variables entre los 15 y 45 días después del trasplante. El contenido relativo de clorofilas se midió en unidades SPAD, con un equipo MINOLTA SPAD-502 en ambos lados de la parte media de la lámina foliar. Las determinaciones se hicieron en 6 plantas de los surcos del centro (2 y 3) de cada réplica.

Una vez comprobados los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (prueba de Levene) de los datos, los resultados se analizaron mediante Anova y prueba de comparación de medias de Tukey para $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el programa SPSS Statistics v. 21.

Resultados

Híbrido Salvador

A los 45 días después del trasplante (DDT), dos de los tratamientos con LVCEB (1:10 y 1:30) y dos con LVCEC (1:20 y 1:30) superaron al suelo (control) en el contenido relativo de clorofila (Tabla 2). En el incremento del contenido relativo clorofila, todos los tratamientos estuvieron en el mismo nivel de significación que el control.

A los 45 DDT, el número de hojas de todos los tratamientos fue superior al del control, excepto LVCEB (1:10). Otro tanto sucedió con el incremento de esta variable entre los 15 y 45 DDT; todos

los tratamientos superaron significativamente al control excepto LVCEB (1:10). Los incrementos en esta última variable están en el orden de las 5 a 10 hojas por planta (Tabla 2).

Tabla 2. Efectos de los lixiviados de vermicompost de estiércol bovino y caprino sobre el contenido de clorofilas (CRC), número hojas (NH) e incrementos en el número de hojas (INH) en el pimiento híbrido Salvador

Tratamientos	CRC a los 45 DDT	Incremento en el CRC	NH a los 45 DDT	Incremento en el NH
Suelo	46,017 b	19,13 ab	33,250 e	23,42 d
LVCEB 1:10 v/v	47,650 a	19,01 ab	34,917 de	25,17 d
LVCEB 1:20 v/v	46,858 ab	17,84 b	38,083 bc	28,42 bc
LVCEB 1:30 v/v	47,992 a	19,98 ab	37,333 cd	27,67 c
LVCEC 1:10 v/v	47,392 ab	17,91 b	40,000 ab	30,33 ab
LVCEC 1:20 v/v	46,592 a	20,13 ab	42,250 a	32,50 a
LVCEC 1:30 v/v	47,65 a	22,63 a	40,750 a	30,50 ab

LVCEB: Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino; LVCEC: Lixiviado de vermicompost de estiércol caprino. Medias con letras desiguales en una misma columna difieren para la prueba de Tukey con $p < 0.05$.

Híbrido Quetzal

Los contenidos relativos de clorofilas en presencia de bioestimulantes en el primer experimento desarrollado con el híbrido Quetzal (Tabla 3) fueron similares a los obtenidos en el suelo (control) pero inferiores a los alcanzados en presencia de fertilización química. En el número de hojas, sin embargo, la fertilización con NPK ocupó el último lugar, siendo superada significativamente por los tratamientos con bioestimulantes e incluso por el control. No hubo diferencias entre las dosis de VCEB en ninguna de las dos variables.

Tabla 3. Efecto del vermicompost de estiércol bovino sobre el contenido relativo de clorofilas (CRC) y el incremento en el número de hojas en el híbrido Quetzal (Experimento 1).

Tratamientos	CRC a los 45 DDT	Incremento en el NH
Suelo	16,06 bc	81 c
VCEB 7 tha^{-1}	14,53 c	105 ab
VCEB 5 t ha^{-1}	15,81 bc	109 ab
VCEB 3 tha^{-1}	19,84 b	123 a
NPK	26,59 a	55 d

VCEB: Vermicompost de estiércol bovino. Medias con letras desiguales en una misma columna difieren para la prueba de Tukey con $p < 0.05$.

En el experimento 2 con el híbrido Quetzal, el LVCEB (1:30) condujo a valores en el contenido relativo de clorofilas superiores al control, la fertilización con NPK y los restantes tratamientos con bioestimulantes (Tabla 4).

En el incremento en el número de hojas, las dosis de LVCEB 1:10 y 1:30, así como el control, mostraron valores superiores a los alcanzados en presencia de fertilización con NPK y LVCEB (1:20).

Tabla 4. Efecto del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino sobre el incremento en el contenido relativo de clorofilas (CRC) y el incremento en el número de hojas (NH) en el híbrido Quetzal (Experimento 2).

Tratamientos	Incremento en el CRC	Incremento en el NH
Suelo	17,43 bc	57,94 a
LVCEB 1:10 v/v	15,47 c	66,67 a
LVCEB 1:20 v/v	18,72 b	43,83 b
LVCEB 1:30 v/v	21,56 a	62,61 a
NPK	17,97 b	47,44 b

LVCEB: Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino. Medias con letras desiguales en una misma columna difieren para la prueba de Tukey con $p < 0.05$.

Híbrido Odín

No se observaron incrementos significativos en el contenido relativo de clorofila en ninguno de los tratamientos con bioestimulantes con respecto al control usado en este híbrido (fertilización con NPK). En cambio, en cuanto al incremento en el número de hojas, la fertilización química y el VCEB 1 t ha⁻¹ (sin diferencias entre ellos) superaron a los restantes tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto del vermicompost de estiércol bovino y el lixiviado de vermicompost de estiércol bovino sobre el incremento en el contenido relativo de clorofilas (CRC) y el incremento en el número de hojas (NH) en el híbrido Odín.

Tabla 5. Efecto del vermicompost de estiércol bovino y el lixiviado de vermicompost de estiércol bovino sobre el incremento en el contenido relativo de clorofilas (CRC) y el incremento en el número de hojas (NH) en el híbrido Odín.

Tratamientos	Incremento en el CRC	Incremento en el NH
NPK	8,49	133 a
LVCEB 1:20 v/v	8,42	108 c
LVCEB 1:30 v/v	8,63	108 c
VCEB 1 t ha ⁻¹	7,47	130 ab
VCEB 1 3 ha ⁻¹	6,71	102 c

LVCEB: Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino; VCEB: vermicompost de estiércol bovino. Medias con letras desiguales en una misma columna difieren para la prueba de Tukey con $p < 0.05$.

Híbrido Canario



En este híbrido, la aplicación vía foliar de lixiviados de vermicompost o de microorganismos eficientes en el suelo condujo a diferencias significativas en el contenido relativo de clorofilas a los 45 DDT, superando en todos los casos los valores obtenidos en el suelo (control) y en presencia de fertilización con NPK. Sin embargo, el incremento en el valor de esta variable entre los 15 y 45 DDT no mostró diferencias entre los tratamientos (Tabla 6).

En el número de hojas a los 45 DDT se destacó el LVCEB (1:10) que superó a todos los tratamientos restantes. En un segundo nivel de significación estadística se encuentran la fertilización química y los tratamientos con ME (1:20) y LVCEB (1:20). Estos últimos a su vez no difirieron de ME (1:10). El suelo (control) estuvo por debajo de todos los tratamientos ensayados.

Tabla 6. Efecto del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino y los microorganismos eficientes sobre el contenido relativo de clorofilas (CRC), su incremento y el número de hojas (NH) en el híbrido Canario.

Tratamientos	CRC a los	Incremento en el CRC	NH a los
	45 DDT		45 DDT
Suelo	49,51 c	13,36	153 d
NPK	50,01 c	13,77	164 b
ME 1:10 v/v	51,38 ab	14,46	158 c
ME 1:20 v/v			159 bc
LVCEB 1:10 v/v	51,68 a	15,14	169 a
LVCEB 1:20 v/v	50,69 b	14,34	
	58,82 b	14,72	159 bc

ME: microorganismos eficientes; LVCEB: Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino. Medias con letras desiguales en una misma columna difieren para la prueba de Tukey con $p < 0.05$.

Híbrido Nathalie

En el experimento 1 con el híbrido Nathalie se observaron diferencias significativas en el contenido relativo de clorofilas a los 45 DDT; la fertilización con NPK y dos tratamientos con LVCEB (1:20 y 1:30) estuvieron al mismo nivel de significación estadística. El empleo de NPK condujo a resultados superiores a los restantes tratamientos (incluso el control), pero los bioestimulantes y el suelo fueron estadísticamente similares (Tabla 7). Estas diferencias, no obstante, no se reflejaron en el incremento en le CRC entre 15 y 45 DDT, como tampoco se observaron diferencias entre el número de hojas ni en el incremento en esta variable entre 15 y 45 DDT.

Tabla 7. Efecto del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino y los microorganismos eficientes sobre el contenido relativo de clorofilas (CRC), su incremento y el número de hojas (NH) en el híbrido Nathalie (experimento 1).

Tratamientos	CRC a los	Incremento en el CRC	NH a los	Incremento En el NH
	45 DDT		45 DDT	
Suelo	56,53 b	10,20	162	138
LVCEB 1:10 v/v	57,20 b	10,37	163	140
LVCEB 1:20 v/v	56,80 ab	9,83	163	139
LVCEB 1:30 v/v	57,93 ab	10,17	163	140

NPK 60,67 a 9,00 170 144
LVCEB: Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino. Medias con letras desiguales en una misma columna difieren para la prueba de Tukey con $p < 0.05$.

En el experimento 2, con dosis más diluidas de LVCEB, el comportamiento del contenido relativo de clorofilas a los 45 DDT fue aproximadamente similar al del experimento anterior: el NPK condujo a resultados estadísticamente iguales a las tres dosis de bioestimulantes, y estas a su vez no difirieron del suelo (Tabla 8).

En este experimento sí fue posible observar diferencias en las restantes variables. En el incremento en el CRC entre 15 y 45 días, el NPK y los tratamientos con bioestimulantes fueron semejantes; en este caso fueron el NPK y el LVCEB 1:40 y 1:50 los que a su vez no fueron diferentes del suelo (control).

En el número de hojas a los 45 DDT se destacaron el LVCEB (1:60) y el NPK, sin diferencias con el suelo y con el LVCEB (1:40), pero superando al LVCEB (1:50). En el incremento de esta variable entre los 15 y 45 días, tanto el NPK como el LVCEB (1:40 y 1:60) se destacaron, quedando en un segundo nivel el suelo y obteniéndose el menor valor en el LVCEB (1:50).

Tabla 8. Efecto del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino y los microorganismos eficientes sobre el contenido relativo de clorofilas (CRC), su incremento y el número de hojas (NH) y su incremento en el híbrido Nathalie (experimento 2).

Tratamientos	CRC a los 45 DDT	Incremento en el CRC	NH a los 45 DDT	Incremento En el NH
Suelo	55,55 b	11 b	158 ab	137 ab
LVCEB 1:40 v/v	60,61 ab	14 ab	164 ab	139 a
LVCEB 1:50 v/v	59,92 ab	12 ab	154 b	126 b
LVCEB 1:60 v/v	60,48 ab	15 a	167 a	143 a
NPK	62,06 a	13 ab	166 a	147 a

LVCEB: Lixiviado de vermicompost de estiércol bovino. Medias con letras desiguales en una misma columna difieren para la prueba de Tukey con $p < 0.05$.

Discusión

En los siete experimentos se observaron efectos favorables sobre el número de hojas o su incremento por la acción de los bioestimulantes a base de vermicompost y sus lixiviados, así como por los microorganismos eficientes en los híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L) Salvador, Quetzal, Odin, Canario y Nathalie. Los efectos benéficos de los bioestimulantes sobre el crecimiento foliar han sido demostrado en cultivos como lechuga (Papathanasiou et al., 2012), frijol negro común (Torres et al., 2017), maní (Mycin et al., 2010), tomate (Meenakumari y Shehkar, 2012) y *Lilium* (Moghadam et al., 2012). En particular en el cultivo de pimiento se ha demostrado el efecto estimulador del crecimiento foliar inducido por diferentes bioestimulantes (Arancon et al., 2004; López et al., 2013; Medranda et al., 2016).

El contenido relativo de clorofilas y/o su incremento en la fase de crecimiento vegetativo en los híbridos de pimiento estudiados resultó incrementado por efectos inductores de alguna de las dosis de los bioestimulantes a base de vermicompost, lixiviados de vermicompost y los microorganismos eficientes, lo cual coincide con lo encontrado con la aplicación de vermicompost en diferentes especies de plantas como, en frijol (*Phaseolus vulgaris L*) por Martínez et al. (2012), en *Lilium* por Mirkalaei et al. (2013) y en frijol (*Phaseolus vulgaris L*) Torres et al. (2017). Es de observar que los efectos favorables sobre el contenido relativo de clorofilas concuerdan con lo encontrado en el cultivo de pimiento por Arancon et al. (2004), López et al. (2013) y Medranda et al. (2016).

Los efectos beneficiosos sobre el número de hojas y contenidos de clorofilas inducidos por los bioestimulantes vermicompost, lixiviados de vermicompost y microorganismos eficientes en los híbridos de pimiento estudiados se sustentan en que los bioestimulantes promueven los procesos fisiológicos de las plantas, independientemente del contenido en nutrientes que puedan aportar (Du Jardin, 2015).

En el vermicompost y sus lixiviados se ha informado la presencia de sustancias con actividad biológica, como los ácidos húmicos y los reguladores del crecimiento (Joshi et al., 2013; Fathima y Sekhar, 2014; Aremu et al., 2015). Es de esperar por tanto que los efectos observados en las variables estudiadas en esta investigación se deban a la posible presencia de sustancias de este tipo, capaces de estimular los procesos biológicos de las plantas.

Existe poca información acerca de la disponibilidad de estas sustancias bioestimulantes para el vegetal, su persistencia y degradación en el suelo; tampoco se conoce con exactitud su modo de acción en las plantas, pero el hecho de que al menos uno de los bioestimulantes ensayados en cada híbrido produzca resultados similares o superiores a la fertilización convencional con productos químicos estimula estudios posteriores para la sustitución parcial de los fertilizantes químicos sintéticos en el pimiento.

Conclusiones

La aplicación de los bioestimulantes a base de vermicompost, lixiviados de vermicompost y microorganismos eficientes induce efectos favorables sobre el número de hojas y el contenido relativo de clorofilas en los híbridos Salvador, Quetzal, Odín, Canario y Nathalie en condiciones de cultivo semiprotectado y las diferencias se expresan en dependencia del híbrido, dosis y tipo de bioestimulantes.

Al menos uno de los bioestimulantes empleados en cada uno de los híbridos promueve en el número de hojas y el contenido relativo de clorofilas valores similares o superiores a los alcanzados con la fertilización química a base de nitrógeno, fósforo y potasio.

Referencias bibliográficas

Anitha K. V. (2020). Role of biostimulants in uptake of nutrients by plants. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* Sp 9 (4): 563-567.



Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Atiyeh, R., Metzger, J. D. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93 (2): 139-144.

Aremu, A. O., Stirk, W. A., Kulkarni, M. G., Tarkowská, D., Turečková, V., Gruz, J. et al. (2015) Evidence of phytohormones and phenolic acids variability in garden-waste-derived vermicompost leachate, a well-known plant growth stimulant. *Plant Growth Regul.* 75 (2): 483-492.

Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O. Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P. et al. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196: 15-27.

Cedeño, C. (2018). “Efectos del lixiviados de vermicompost de estiércol bovino sobre el crecimiento, clorofilas y producción del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L) bajo sistema protegido”. Universidad técnica de Manabí.

Chinga, W., Torres, A., Mármol, L. E, Chirinos, D. (2020). Efecto de un lixiviado de vermicompost sobre el crecimiento y producción del algodón. *Revista Ecuador es Calidad* 7 (2): 32-40.

Da Silva, S. F., Olivares, F. L., Canellas, L. P. (2017). The biostimulant manufactured using diazotrophic endophytic bacteria and humates is effective to increase sugarcane yield. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4: 24.

Drobek, M., Frac, M., Cybulska, J. (2019). Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress - a review. *Agronomy* 9 (6): 335. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060335>

Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196: 3-14.

Fathima, M., Sekhar, M. (2014). Studies on growth promoting effects of vermiwash on the germination of vegetable crops. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 3 (6): 564-570.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. FAOSTAT- Producción de chiles, pimiento picante y pimientos verdes.

Hulse-Kemp, A. M., Ashra, H., Plieske, J., Lemm, J., Stoffel, K., Hill, T. et al. (2016). A HapMap leads to a *Capsicum annuum* SNP infinium array: a new tool for pepper breeding. *Hort. Res.* 3: 16036.

Joshi, R., Vig, A. P., Singh, J. (2013). Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L.: a field study. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.* 2 (16).

Knoema (2021). Ecuador-Consumo de fertilizantes. <https://knoema.es/atlas/Ecuador/Consumo-de-fertilizantes>

López, J., Méndez, A., Pliego, L., Aragón, E., Robles, M. L. (2013) Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile onza (*Capsicum annuum*) en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pub. Esp. 6: 1139-1150.



Martínez, D., Huelva, R., Portuondo, L., Guridi, F. (2012). Evaluación del efecto protector de las sustancias húmicas líquidas en plantas de maíz cultivar P-2928 en condiciones de salinidad. *Centro Agrícola* 39 (1): 29-32.

Medranda, E. F., Cedeño, G. A., Cargua, J. E, Soplín, H., Lucas, L. R. (2016). Efecto del biol bovino y avícola en la producción de pimiento dulce (*Capsicum annum* L.). *Revista ESPAMCIENCIA* 7 (1): 15-21.

Meenakumari, T., Shehkar, M. (2012). Vermicompost and other fertilizers effects on growth, yield and nutritional status of tomato (*Lycopersicon esculentum*) plant. *World Res. J. Agric. Biotechnol.* 1(1): 14-16.

Mirkalaei, S. M. M., Ardebili, Z. O., Mostafavi, M. (2013). The effects of different organic fertilizers on the growth of lilies (*Lillium longiflorum*). *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.* 4 (1): 181-186.

Moghadam, A. R. L., Ardebili, Z. O., Saidi, F. (2012). Vermicompost induced changes in growth and development of *Lilium* Asiatic hybrid var. Navona. *Afr. J. Agric. Res.* 7 (17): 2609-2621.

Mycin, T. R., Lenin, M., Selvakumar, G., Thangadurai, R. (2010). Growth and nutrient content variation of groundnut *Arachis hypogaea* L. under vermicompost application. *J. Exp. Sci.* 1 (8): 12-16.

Papathanasiou, F., Papadopoulos, I., Tsakiris, I., Tamoutsidis, E. (2012) Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J. Food Agric. Environ.* 10 (2): 677-682.

Pinto, M. B. (2013). El cultivo del pimiento y el clima en Ecuador. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20%20cultivo%20del%20pimiento%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>

Reyes, J. J., Luna, R. A., Reyes, M. R., Zambrano, D., Vázquez, V. F. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola* 44 (4): 88-94. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n4/cag13417.pdf>

Selvaraj, A. (2020). Role of microbial plant bio-stimulants on improvement of crop growth and development. *Agric & Food: e-News.* 2 (12): 377-379.

SIGTIERRAS, Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (2017). Memoria explicativa del Mapa de Órdenes de Suelos del Ecuador. Quito, Ecuador.

Torres, A., Héctor, E., Hernández, G., Cué, J., Fosado, O. (2017). Efectos del BIOSTAN® en los índices de crecimiento y los pigmentos fotosintéticos de *Phaseolus vulgaris* L. *Revista La Técnica* 18: 25-35.

Vujinović, T., Zanin, L., Venuti, S., Contin, M., Ceccon, P., Tomasi, N. (2020). Biostimulant action of dissolved humic substances from a conventionally and an organically managed soil on nitrate acquisition in maize plants. *Frontiers in Plant Science* 10: 1652.