

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

# EFECTO DE UN LIXIVIADO DE VERMICOMPOST SOBRE EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL ALGODÓN

Chinga, Wilver<sup>a</sup>; Torres García, Antonio<sup>a</sup>; Marmol, Luis E.<sup>b</sup>; Chirinos, Dorys T.<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica e Instituto de Postgrado, Avenida José María Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Ecuador.

<sup>b</sup>Universidad del Zulia, Facultad de Ingeniería Agronomía, Ciudad Universitaria, Av. Guajira, estado Zulia, Venezuela.

Ingresado: 28/07/2020

Aceptado: 13/11/2020

## Resumen

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es importante por la producción de fibra para la industria textil, y por obtención de semilla para la alimentación animal. Se cultiva con altas cantidades de fertilizantes lo que conlleva efectos sobre el ambiente. Durante el período mayo - septiembre 2019, se evaluó el efecto de la aplicación de tratamientos con un lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino (LVC-EB). Se realizó un ensayo en un lote de 1200 m<sup>2</sup> diseñado en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos. Los tratamientos fueron: T1. Fertilizante químico fórmula 15-15-15 (N-P-K). T2. LVC-EB diluido a 1:20 v/v. T3. LVC-EB diluido a 1:30 v/v l. T4. LVC-EB 1:20 v/v + químico, T5. LVC-EB 1:30 v/v + químico, T6. Suelo no tratado. Las variables evaluadas fueron: altura de plantas, diámetro del tallo, número de hojas, índice de clorofila, peso y número de bellotas, rendimiento por parcela y estimado.ha<sup>-1</sup>. La altura de plantas fue superior en un tratamiento que combinó lixiviado con el fertilizante (T4) y el diámetro del tallo en las dos diluciones aplicadas con el fertilizante. El índice de clorofila y el número de hojas fueron superiores en las diluciones de lixiviados, el fertilizante y los tratamientos que combinaron ambas fuentes. Aunque el peso de las bellotas no difirió, su número y el rendimiento fueron incrementados por el fertilizante y las diluciones de lixiviados solas o combinadas con el mismo. Se muestra el efecto positivo de al menos un tratamiento con lixiviados sobre las variables evaluadas.

**Palabras clave:** algodón, fertilización orgánica, lixiviado.

## EFFECT OF A VERMICOMPOST LEACHATE ON COTTON GROWTH AND PRODUCTION

### Abstract

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is important for the production of fiber for the textile industry, but also for animal feeding. It is cultivated with high amounts of chemical fertilizers, resulting in negative effects on the environment. During the period May - September 2019, the response of the application of treatments with a vermicompost leachate from bovine manure was evaluated. A trial was conducted on a plot of 1200 m<sup>2</sup> lot designed in random blocks with four repetitions and six treatments. The treatments were: T1. Chemical fertilizer formula 15-15-15 (N-P-K). T2. Bovine manure vermicompost leachate (LVC-EB) diluted 1:20 v / v. T3. LVC-EB diluted at 1:30 v / v l. T4. LVC-EB 1:20 v / v + chemical, T5. LVC-EB 1:30 v / v + chemical, T6. Untreated soil (control). The variables evaluated were: plant height, stem diameter, number of leaves and chlorophyll index, weight and number of acorns, yield per experimental plot and estimated yield ha<sup>-1</sup>. Plant height was higher in a treatment that combined leachate with fertilizer (T4) and stem diameter in the two dilutions applied with fertilizer. The chlorophyll index and the number of leaves were higher in the dilutions of leachate, the fertilizer and the treatments that combined both sources. Although the weight of the acorns did not differ, their number and yield were increased by the fertilizer and the leachate dilutions alone or in combination with it. The positive effect of at least one treatment with leachate on the variables evaluated is shown.

**Keywords:** cotton, leachate, organic fertilization.

\*Correspondencia a: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ingeniería Agronómica Avenida José María Urbina y Che Guevara,, Portoviejo, Manabí, Ecuador. Teléfono: +593 5 2632677, Fax: +593 5 2632692. Correo electrónico: dorysch66@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

De las especies de género *Gossypium* (Malvaceae), el algodón americano, *Gossypium hirsutum* L. predomina con más del 95% de toda el área de producción mundial [1,2]. Se cultiva principalmente para obtener fibra, como materia prima para la industria textil [2] pero también para obtener semillas que son usadas en la alimentación animal [3]. En el año 2018, en el mundo se produjeron 24,190.795 ton [4], provenientes de aproximadamente 32.429.000 ha sembradas en más de 75 países [2]. En Ecuador, el algodón tuvo un rol importante del sector agropecuario entre los años 1970 a 1990 como parte de la industria aceitera [5]. No obstante, actualmente se produce para la obtención de fibra, el cual es sembrado principalmente en las provincias de Guayas y Manabí con una superficie de 1800 ha y una producción estimada de 1200 ton de fibra [5,6].

La productividad de algodón es controlada por muchos factores, entre los que destaca la nutrición mineral y particularmente son considerados importantes el nitrógeno y el fósforo [3,5,6], lo que conlleva a un alto uso de fertilizantes químicos en este cultivo [5].

En la agricultura, los fertilizantes (especialmente los nitrogenados) contribuyen con un porcentaje importante, con las emisiones de gases de efecto de invernadero [9,10]. Dado que el algodón depende del uso excesivo de fertilizantes químicos, es necesario propender a la implementación de prácticas que tengan como objetivo, mitigar los impactos ambientales y mejorar los beneficios sociales de la producción mundial de este importante cultivo [2]. Por otro lado, la producción extensiva de algodón aumenta la vulnerabilidad del suelo a la erosión, el declive de la estructura y pérdida de fertilidad, lo que hace necesario la adopción de medidas tendientes a reconstruir las características físicas y químicas del suelo, entre las que destaca el uso de fertilizantes orgánicos [2].

Dentro de las fuentes de fertilizantes orgánicos, se encuentran los lixiviados, que se producen durante el proceso de vermicompostaje debido a las actividades de macro y microorganismos, los cuales deben ser drenados para evitar la saturación de la unidad de vermicompostaje [11]. Así, los lixiviados derivados de este proceso, se consideran beneficiosos debido a que pueden usarse como fertilizante líquido, contribuyendo con el desarrollo de la planta por la presencia

de ácidos húmicos, entre otros [11], sin embargo deben ser diluidos para evitar daños a las plantas [12].

El efecto sobre el desarrollo y producción de la aplicación lixiviados de vermicompost ha sido corroborado para varios cultivos, tales como: sorgo (*Sorghum bicolor* L.) [13], fresa (*Fragaria x ananassa* Duch) [11], frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) [14], pimienta (*Capsicum annuum* L.) [15] y caña de azúcar (*Saccharum* sp.) [12]. Sobre la base de estas consideraciones, la presente investigación tuvo como finalidad determinar el efecto de la aplicación de diluciones de un lixiviado de vermicompost de estiércol bovino sobre algunas variables de crecimiento y producción en el cultivo del algodón.

## II. METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó durante el período mayo - septiembre de 2019, en el campus experimental La Teodomira, parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí (coordenadas: latitud 01° 09' 51" S y longitud 80° 23 '24" W) a una altura 60 m s.n.m. La zona de vida del sitio experimental corresponde a un bosque seco tropical.

El lote experimental consistió de una parcela de 1200 m<sup>2</sup> (50 x 24 m) diseñado en bloques completos al azar, donde se evaluaron seis tratamientos en cuatro repeticiones. Las plantas se sembraron, a una distancia de 0,4 m entre plantas y 1 m entre hileras. Cada parcela estuvo constituida por cuatro hileras de 4 m de largo con 20 plantas (dos plantas por punto) para un total de 80 plantas por unidad experimental (16 m<sup>2</sup>). Entre repeticiones había dos metros de separación. El lote fue plantado el 2 de mayo de 2019 usando semilla de algodón variedad Alcalá 90, sembrado en hoyos de 5 cm de profundidad. El riego se realizó mediante un sistema por goteo con cintas de goteros de 0,02 mm, ubicadas cada 20 cm y una capacidad de 3 L.hora<sup>-1</sup>. En los primeros 45 días se realizaron dos riegos de 30 minutos por semana, después el riego fue realizado semanalmente por el mismo tiempo hasta los 110 días. Para el control de malezas se realizaron deshierbes manuales durante los primeros 60 días, tiempo en que las separaciones entre hileras fueron cerradas por el crecimiento de las plantas de algodón. Se realizaron tres controles contra áfidos, *Aphis gossypii* Glover, trips, *Thrips* sp., mosca

blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) y chinches manchadores, *Dysdercus* spp., con imidacloprid a dosis de 300 cc en 200 L de agua, a los 30, 50 y 90 días, respectivamente. Se utilizó el regulador de crecimiento, Cloruro de mepiquat en tres aplicaciones, a los 45-60-75 días en dosis de 200 cc en 200 L de agua. La cosecha se realizó a los 166 días, cuando el 98% de las bellotas estaban abiertas exponiendo la fibra.

Los tratamientos evaluados fueron:

- T1. Fertilizante químico (FQ) a base de fórmula completa 15-15-15 (N-P-K)
- T2. Lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino diluido a una proporción 1:20 v/v (LVC-EB 1:20 v/v)
- T3. Lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino diluido a una proporción 1:30 v/v (LVC-EB 1:30 v/v)
- T4. LVC-EB 1:20 v/v + FQ.
- T5. LVC-EB 1:30 v/v + FQ.
- T6. Suelo (testigo absoluto)

Para los tratamientos del lixiviado vermicompost, éste fue extraído de compostaje de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Savigny), procesado de estiércol de ganado bovino, en la zona de Cañita, parroquia Charapotó, cantón Sucre, provincia de Manabí. Se realizaron análisis de suelos y del lixiviado el 16 de mayo de 2019 previo a la siembra y aplicación de los tratamientos.

El T1 fue aplicado a una dosis de 200 kg.ha<sup>-1</sup>, basado en la dosis comercialmente usada en la zona. El lixiviado diluido a 1:20 v/v fue usado a una dosis de 650 L.ha<sup>-1</sup> y para la dilución 1:30 v/v se aplicaron 937,5 L.ha<sup>-1</sup>. Cuando los tratamientos con lixiviados fueron combinados con el fertilizante, éste se usó a una dosis de 150 kg.ha<sup>-1</sup>. Las aplicaciones de todos los tratamientos se realizaron a los 10, 20 y 30 días después de la germinación. El fertilizante químico fue enterrado a 5 cm de profundidad cerca de la planta. Los lixiviados fueron aplicados al suelo alrededor de la planta con boquilla usando una asperjadora manual de 20 L.

Para determinar el efecto de los tratamientos se midieron variables de crecimiento y de producción. Las variables de crecimiento fueron, altura de planta, diámetro del tallo principal y número de hojas. La altura de la planta (cm) se midió con un flexómetro desde

el suelo hasta el ápice de la planta. El diámetro del tallo (mm) se midió con un vernier en la mitad de su largo. Se contó el número total de hojas sobre el tallo principal. Estas variables fueron evaluadas en cinco plantas escogidas al azar en la parcela experimental a los 15, 30 y 45 días después de la germinación. También se estimó el Índice de clorofila (%) con un medidor Minolta SPAD-502 en cinco plantas por parcela, a los 45 y 60 días después de la germinación. Las variables de producción evaluadas fueron el peso y número de bellotas por planta, lo cual fue realizado para todas las plantas de las hileras centrales de la parcela, a los 130 días posterior a la germinación. Se determinó el peso de las bellotas (g) con una balanza. Se pesó la fibra que incluía el peso de la semilla de todas las plantas que formaban la parcela experimental. A partir del peso de la fibra (con semilla) por parcela (16 m<sup>2</sup>) se estimó el peso en ton.ha<sup>-1</sup>.

Los análisis químicos del suelo y del lixiviado se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas, Estación Experimental Tropical, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Pichilingue, Ecuador. Se determinó el carbono orgánico usando la metodología de Walkley Black [16] para posteriormente estimar el contenido de materia orgánica usando como factor de corrección 1,72. El azufre fue determinado por turbidimetría, mientras que el nitrógeno, fósforo y boro fueron determinados por colorimetría. El potasio, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso y zinc se determinaron mediante absorción atómica. El pH del suelo se determinó por el método potenciométrico según la relación suelo: agua (1: 2,5).

Para los análisis de las variables se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. En las variables de crecimiento (altura de plantas, diámetro del tallo central, número de hojas), se analizó la diferencia del incremento entre la primera (15 días) y la última medición (45 días), mientras que para el índice de clorofila se analizó el incremento de 45 a 60 días. En el caso de las variables productivas (número de bellotas, peso y rendimiento), el análisis fue realizado sobre las mediciones obtenidas al final del ciclo. Las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey (P<0,05). Los análisis fueron ejecutados con el programa estadístico Statgraphics version 17.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Análisis del suelo y del lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino

Basado en lo referido por Bernier [17], los análisis químicos de suelo en macroelementos mostraron bajas concentraciones de nitrógeno amoniacal y altas concentraciones en fósforo disponible y potasio intercambiable (Tabla 1). También se determinó el porcentaje de materia orgánica cuyo valor es referido como medio [18]. Los microelementos analizados en el suelo, con excepción del cobre presentaron bajas concentraciones [17].

**Tabla 1:** Propiedades químicas del suelo.

Parámetro	Valor
Materia orgánica (%)	4,0
Nitrógeno (NH <sub>4</sub> , ppm)	11
Fósforo (ppm)	30
Potasio (meq.100 mL <sup>-1</sup> )	0,69
Calcio (meq.100 mL <sup>-1</sup> )	20
Magnesio (meq.100 mL <sup>-1</sup> )	4,1
Azufre (ppm)	8
Hierro (ppm)	17
Manganeso	2,7
Cobre (ppm)	4,5
Zinc (ppm)	0,6
Boro (ppm)	0,15
pH	6,3

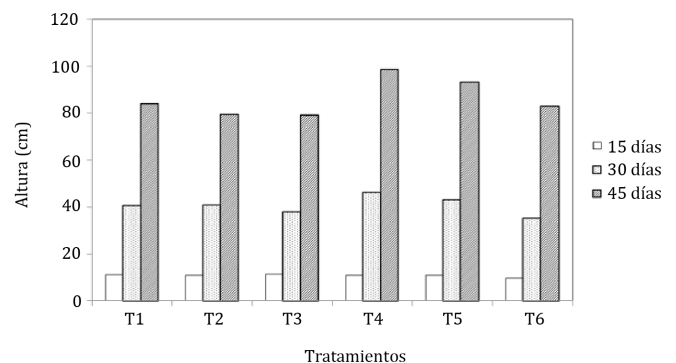
Por otro lado, los macroelementos del lixiviado de vermicompost mostraron valores (Tabla 2) que por sí solos no aportan todos los requerimientos nutritivos de las plantas. A pesar de esto, los resultados mostraron efecto de los tratamientos

con las diluciones del lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino (solos o combinados con fertilizante), cuyo fundamento es discutido para las variables de crecimiento y producción.

**Tabla 2:** Análisis del lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino.

Parámetro	Valor (%)
Nitrógeno	0,30
Fósforo	0,02
Potasio	0,42
Calcio	0,14
Magnesio	0,08

**Parámetros de crecimiento: altura de plantas, diámetro del tallo, número de hojas e índice de clorofila.** La altura de planta (cm) mostró incremento de los 15 a los 45 días de evaluación para todos los tratamientos (Fig. 1), (Tabla 3). No obstante, esa altura fue significativamente incrementada ( $P < 0,05$ ) cuando las plantas fueron tratadas con la dilución 1: 20 v/v del lixiviado más el fertilizante químico.



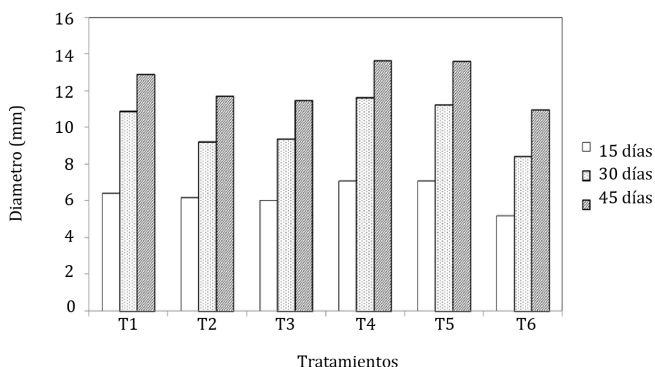
**Fig.1:** Altura de la planta (cm) de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) para los tratamientos evaluados.

**Tabla 3:** Incremento de los parámetros de crecimiento de plantas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), para los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	Número de hojas	Índice de clorofila
T1 = FQ	72,7 ± 3,3 b	6,5 ± 0,8 a	29,8 ± 0,5 a	9,6 ± 0,4 a
T2 = LVC-EB 1: 20 v/v	68,3 ± 3,1 b	5,5 ± 0,7 b	24,7 ± 0,3 b	10,3 ± 0,4 a
T3 = LVC-EB 1: 30 v/v	67,6 ± 3,1 b	5,4 ± 0,8 b	28,3 ± 0,3 a	10,3 ± 0,2 a
T4 = LVC-EB 1: 20 v/v + FQ	87,8 ± 4,0 a	6,6 ± 1,0 a	29,4 ± 0,6 a	7,7 ± 0,3 b
T5 = LVC-EB 1: 30 v/v + FQ	76,9 ± 3,8 b	6,5 ± 0,7 a	29,2 ± 0,3 a	10,6 ± 0,4 a
T6 = Testigo	72,3 ± 3,4 b	5,8 ± 0,8 b	23,6 ± 0,3 b	6,3 ± 0,3 b
CV (%)	25,60	21,1	20,20	30,3

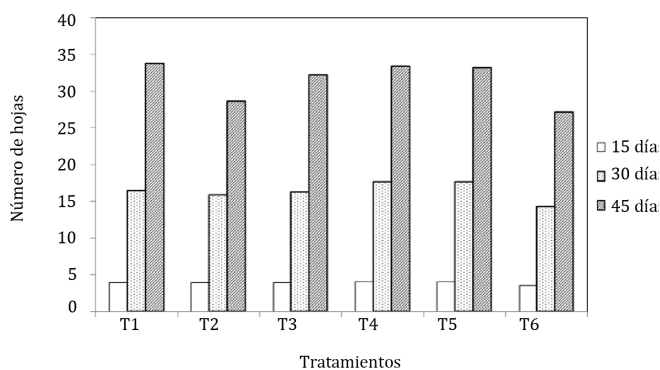
Medias ± error estándar. Medias con igual letra no difieren significativamente. Comparaciones realizadas mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

El diámetro del tallo también incrementó durante el período de evaluación (Fig. 2), que fue superior ( $P < 0,05$ ) en plantas tratadas con las dos diluciones del lixiviado más el fertilizante químico, así como, cuando solo fue aplicado fertilizante químico (Tabla 3).



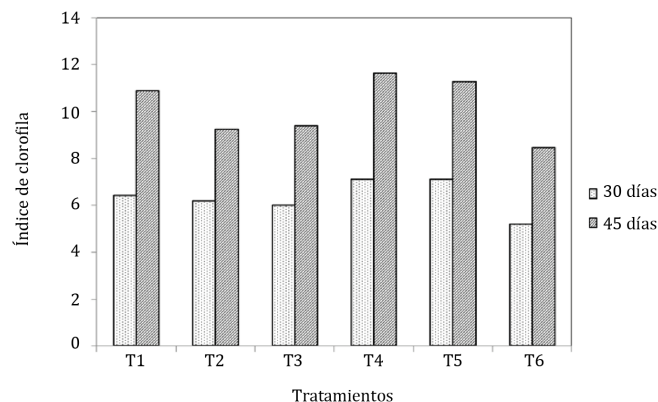
**Fig.2:** Diámetro del tallo principal (mm) de la planta de algodón, *Gossypium hirsutum* L. para los tratamientos evaluados.

Las variaciones en el número de hojas (Fig. 3), indicaron diferencias significativas (Tabla 3,  $P < 0,05$ ). Los mayores aumentos ocurrieron con las diluciones del lixiviado mezcladas con el fertilizante químico y con el tratamiento solo del fertilizante químico.



**Fig.3:** Número de hojas de la planta de algodón, *Gossypium hirsutum* L. para los tratamientos evaluados.

El índice de clorofila aumentó de la primera (30 días después de la germinación) a la segunda evaluación (45 días después de la germinación), para todos los tratamientos (Fig. 4), de los cuales, los mayores incrementos fueron detectados en las plantas que fueron tratadas con las diluciones de lixiviados (T2 y T3), cuando se aplicó la dilución de 1: 30 v/v del lixiviado combinado con el fertilizante químico y cuando este último fue aplicado solo (Tabla 3,  $P < 0,05$ ).



**Fig.4:** Índice de clorofila para la planta de algodón, (*Gossypium hirsutum* L.) para tratamientos evaluados.

Al analizar los parámetros de crecimiento, se observa que, con algunas variantes, siguieron similares tendencias. Los valores significativamente inferiores fueron detectados en plantas no tratadas (testigo), lo que valida el efecto de los tratamientos en los incrementos que fueron significativamente superiores. Así, bajo los tratamientos que evaluaron solo las diluciones del lixiviado, se detectó un incremento superior para el número de hojas e índice de clorofila, mientras que las diluciones del lixiviado combinadas con el fertilizante químico aumentaron la altura de plantas y el diámetro del tallo. Para el cultivo del algodón, no existen reportes que indiquen el efecto de aplicaciones de lixiviados de vermicompost sobre estos parámetros de crecimiento evaluados. Los reportes sobre este cultivo refieren incrementos de esos parámetros con aplicaciones realizadas al suelo de abonos orgánicos de diferentes fuentes, solos o combinados con fertilizantes químicos [19-22] lo que coincide con lo aquí observado.

Por otro lado, varias investigaciones indicadas a continuación, han mostrado el efecto de lixiviados de vermicompost sobre el incremento en los parámetros de crecimiento, cuando fueron aplicados al follaje o al suelo, solos o combinados con fertilizante químico en otros cultivos. La aplicación de un bioestimulante sólido obtenido de extractos de líquidos de vermicompost incrementaron significativamente los contenidos de clorofila en plantas de frijol [14]. Torres et al. [15] reportaron el incremento en la altura de plantas, del número de hojas y del índice de clorofila en el cultivo de pimiento en aquellas plantas en las que se realizaron aplicaciones foliares con diferentes dosis de lixiviados de vermicompost de estiércol de bovino y de caprino. Las mayores alturas de plantas de la avena forrajera, *Avena sativa* L.,

fueron alcanzadas en los tratamientos aplicados al suelo que combinaron lixiviados de vermicompost de bovino con fertilizantes [23]. Lixiviados de vermicompost aplicados en el agua de riego incrementaron significativamente los parámetros de crecimiento en plantas de sorgo [13]. La aplicación al suelo de lixiviados de vermicompost incrementó otras variables de crecimiento, como área foliar y materia seca en un ensayo realizado con espinaca (*Spinacia oleracea* L.) [24].

#### Parámetros de producción: peso y número de bellotas, rendimiento por parcela y estimado por ha. No hubo diferencias entre tratamientos en

**Tabla 4:** Incremento en los parámetros de producción de plantas de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), para los tratamientos evaluados.

Tratamiento	Peso de Bellotas (g)	Número de bellotas	Rendimiento (kg)	Ton (ha)
T1 = FQ	7,6 ± 1,6 a	34,0 ± 0,8 b	9,7 ± 0,8 a	6,1 ± 0,9 a
T2 = LVC-EB 1: 20 v/v	8,5 ± 1,9 a	25,9 ± 1,0 a	9,0 ± 0,2 b	5,6 ± 0,3 b
T3 = LVC-EB 1: 30 v/v	8,1 ± 0,1 a	29,0 ± 0,9 b	10,0 ± 1,1 a	6,3 ± 1,4 a
T4 = LVC-EB 1: 20 v/v + FQ	5,4 ± 0,3 a	34,2 ± 0,8 a	11,3 ± 0,9 a	7,0 ± 1,2 a
T5 = LVC-EB 1: 30 v/v + FQ	8,9 ± 0,1 a	32,3 ± 0,9 a	10,5 ± 0,9 a	6,5 ± 1,1 a
T6 = Testigo	6,4 ± 0,1 a	22,5 ± 0,5 c	6,9 ± 0,7 c	4,3 ± 0,9 c
CV (%)	17,6	26,0	16,0	21,2

Medias ± error estándar. Medias con igual letra no difieren significativamente. Comparaciones realizadas mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Respecto a los parámetros de producción, diferentes investigaciones denotan el efecto de algunos tipos de abonos orgánicos aplicados solos o combinados con fertilizantes químicos sobre el cultivo del algodón. Coincidiendo con este estudio, algunas investigaciones no detectaron diferencias significativas en el peso de las bellotas entre tratamientos químicos, orgánicos y plantas no tratadas [18-20]. En contraste, Annadurai & Nelson [22] encontraron influencia del tratamiento en esta variable, el cual fue inferior en el testigo y superior cuando se combinó vermicompost y estiércol de bovino, entre otros componentes orgánicos.

El efecto positivo de las diluciones de lixiviados (solos o aplicadas con el fertilizante químico) sobre el número de bellotas, rendimiento por parcela y por ha, es similar a lo obtenido en otros estudios realizados en algodón. Dichos parámetros fueron significativamente incrementados tanto por tratamientos con fertilizantes químicos, así como, cuando se combinaron abonos orgánicos con fertilizantes

el peso de bellotas (Tabla 4). Se detectó diferencias estadísticas en el número de bellotas (Tabla 4), el cual fue significativamente superior en las plantas tratadas tanto con las diluciones del lixiviado más el fertilizante químico, así como, con el lixiviado diluido a 1: 20 v/v. Los rendimientos por parcela experimental y el estimado por hectárea también mostraron diferencias estadísticas (Tabla 4). Estos últimos fueron significativamente superiores, en plantas en las que se aplicó el lixiviado de vermicompost a una dilución de 1: 30 v/v y en aquellas tratadas con diluciones de lixiviados combinadas con fertilizante químico.

químicos [19,20] y cuando se aplicaron solo abonos orgánicos [25].

Efectos sobre el rendimiento ejercidos por abonos orgánicos y lixiviados de vermicompost aplicados al follaje o al suelo, solos o combinados con fertilizante químico, han sido informados para varios cultivos, como maíz [26,27], avena forrajera [23], pimiento [15,28], fresa [11], tomate (*Solanum lycopersicum* L.) [29], pepino, (*Cucumis sativus* L.) [30] y col asiática (*Brassica chinensis* L.) [31].

En general, los tratamientos con el lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino, mostraron valores similares al fertilizante químico. La cantidad de nutrientes determinados en el análisis de los lixiviados no parece ser la explicación de tales efectos. Para los parámetros de crecimiento, las respuestas detectadas en las variables cuando se aplicaron las diluciones del lixiviado de vermicompost de estiércol de bovino, podrían estar asociadas a los ácidos húmicos y fúlvicos, auxinas, citoquininas,

aminoácidos, vitaminas y enzimas que son producidos durante el proceso de compostaje y a los que se les atribuye inducción del desarrollo vegetativo de las plantas [11,23,32,33]. Investigaciones señalan efectos sinérgicos entre el crecimiento y el rendimiento de las plantas cuando se han realizado aplicaciones de lixiviados de vermicompost, es decir, que bajo estos tratamientos un buen desarrollo vegetativo influye en una mayor producción [11,13,34]. Finalmente, Pant et al. [34] señalan que los extractos acuosos de vermicompost aplicados de manera foliar o al suelo, mejoran la salud de la planta, así como el rendimiento debido a que inciden sobre las comunidades microbianas y sus efectos consecuentes en suelos agrícolas.

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que la altura de plantas fue significativamente superior en el tratamiento que combinó lixiviado (1:20 v/v) con el fertilizante químico y el diámetro del tallo en las dos diluciones aplicadas con el fertilizante. El índice de clorofila y el número de hojas fueron superiores en las diluciones de lixiviados, el fertilizante y los tratamientos que combinaron ambas fuentes. Aunque el peso de las bellotas no difirió, su número y el rendimiento fueron incrementados por el fertilizante y las diluciones de lixiviados solas o combinadas con el mismo. Esto indica que en el estudio se detectó el efecto positivo de al menos un tratamiento con el lixiviado sobre las variables de crecimiento y producción evaluadas.

#### AGRADECIMIENTOS

A los proyectos: “Bioestimulantes en la producción vegetal”, “Identificación de las principales plagas, enemigos naturales y virosis en algunos cultivos de importancia en Ecuador y Venezuela” y “+Algodón: Fortalecimiento del sector algodón por medio de la Cooperación Sur-Sur” por haber subvencionado parcialmente la presente investigación.

#### REFERENCIAS

[1] Department of Health and Ageing Office of Gene Technology Regulation. Biology of *Gossypium hirsutum* L. and *Gossypium barbarens* L. (cotton). [Internet] Australian Government. 2008. [acceso 16 de julio de 2020] Disponible en: [http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/cotton-3/\\$FILE/](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/cotton-3/$FILE/biologycotton08.pdf)

[biologycotton08.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/content/cotton-3/$FILE/biologycotton08.pdf)

[2] FAO. Measuring Sustainability in Cotton Farming Systems. Towards a Guidance Framework. [Internet] Food and Agriculture Organization of the United Nations International Cotton Advisory Committee Rome 2015. [acceso 16 de julio de 2020] 168 p. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4170e.pdf>

[3] Lokesh BS, Malabasari TA, Vyakaranahal BS, Biradar Patil NK, Kotikal, YK. Studies on Organic Seed Production in Cotton Cultivars. Karnataka J Agric Sci, 2008; 21 (3): 349-52.

[4] FAOSTAT. Datos de producción de cultivos. [Internet] 2018. [acceso 16 de julio de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>.

[5] FAO. El estado de arte del sector algodón en países del Mercosur y asociados. [Internet] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Agência Brasileira de Cooperação - Ministério das Relações Exteriores, Chile. 2017. [acceso 16 de julio de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/b-i7314s.pdf>

[6] Cañarte-Bermudez E, Sotelo-Proañó R, Navarrete-Cedeño B. Generación de tecnologías para incrementar la productividad del algodón *Gossypium hirsutum* L. en Manabí, Ecuador. Revista Ciencia UNEMI. 2020; 13 (3): 85-9.

[7] Mng'omba SA, Festus K, Akinnifesi FK, Kerr A, Salipira K, Muchugi A. Growth and yield responses of cotton (*Gossypium hirsutum*) to inorganic and organic fertilizers in southern Malawi. Agroforest Syst. 2016; doi: 10.1007/s10457-016-9924-0

[8] Nafiu KA, Chude VO, Ezendu CO. Field Evaluation of Foliar Blend Micronutrient Fertilizer on Cotton (*Gossypium hirsutum*) Production in Katsina State, Nigeria. J Exp Agric Inter. 2017; 17 (2): 1-8.

[9] FAO. Estimaciones globales de las emisiones gaseosas de NH<sub>3</sub>, NO y N<sub>2</sub>O provenientes de las tierras agrícolas. [Internet]. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA) Organización De Las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma. 2004. [acceso 16 de julio de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-y2780s.pdf>

[10] González-Estrada A, Camacho Amador M. Emisión de gases de efecto invernadero de la fertilización nitrogenada en México. Rev Mex Cienc Agr. 2017; 8 (8): 1733-45.

[11] Singh R, Gupta RK, Patil RT, Sharma RR, Asrey R, Kumar A, Jangra KK. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry

- (*Fragaria \_ ananassa* Duch.) *Sci Hortic.* 2010; 124: 34-9.
- [12] Gutiérrez-Miceli FA, García-Gómez RC, Oliva-Llaven MA, Montes-Molina JA, Dendooven L. Vermicomposting leachate as liquid fertilizer for the cultivation of sugarcane (*Saccharum* sp.), *J Plant Nutr.* 2017; 40 (1): 40-9, doi: 10.1080/01904167.2016.1193610
- [13] Gutierrez-Miceli FA, Gracia-Gomez RC, Rincon RR, Abud-Archila M, Oliva Lallen MA, Gullin-Cruz MJ, Dendooven L. Formulation of liquid fertilizer for sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Moench) using vermicompost leachate. *Bioresour Technol.* 2008; 99: 6174-6180.
- [14] Torres García A, Héctor Ardisana EF; Hernández del Valle G; Cué García JL, Fosado Téllez OA. Efectos del BIOSTAN® en los índices de crecimiento y los pigmentos fotosintéticos de *Phaseolus vulgaris* L. *Rev La Técnica.* 2017; 18: 25-35.
- [15] Torres García A, Héctor Ardisana EF, Fosado Téllez O, Cué García JC, Mero Muñoz JA, León Aguilar R, Peñarrieta Bravo S. Respuesta del pimiento (*Capsicum annum* l.) ante aplicaciones foliares de diferentes dosis y fuentes de lixiviados de vermicompost. *Bioagro,* 2019; 31 (3): 213-220.
- [16] Walkley A, Black IA. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 1934; 37 (1): 29-38.
- [17] Bernier Villarroel R. Análisis de suelo. Metodología e interpretación. [Internet] Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), CRI Remehue. Osorno, Chile. Serie Actas N° 2. 12 p. 1999. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/>
- [18] Molina E. Análisis de suelos y su interpretación. Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR, Costa Rica. 8p. 2007. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- [19] Das A, Prasad M, Gautam RC, Sshivay Y. Productivity (*Gossypium hirsutum*) as influenced by organic and inorganic sources of nitrogen. *Indian J Agri Sci.* 2006; 76 (6): 354-7.
- [20] Gudadhe NN, Khang VT, Thete NM, Lambade BM, Jibhkate SB. Effect of different inms treatments on growth, yield, quality, economics and nutrient uptake of hybrid cotton phule-492 (*Gossypium hirsutum* L.) *Omonrice,* 2011; 18: 137-43.
- [21] Ramesh S, Sudhakar P, Elankavi S. Effect of organic and inorganic sources of nitrogen on growth, yield and quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Int J Dev Res.* 2013, 3:71-3.
- [22] Annadurai R, Nelson R. Effect of Application of Vermicompost, Cowdung, Neem Cake and Biofertilizer on Growth and Yield Responses of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Int J Curr Res Biosci plant Biol.* 2018; 5 (7): 70-6.
- [23] Montaña-Carrasco M, Hernández-Rodríguez A, Martínez-Rosales A, Ojeda-Barrios, D, Núñez-Barrios A, Guerrero-Prieto V. Producción y contenido nutrimental en avena forrajera fertilizada con fuentes químicas y orgánicas. *Rev Fitotec Mex.* 2017; 40 (3): 317-24.
- [24] Benitez E, Elvira C, Gomez M, Gallardo-Lara F, Nogales R. Leachates from a vermicomposting process. A possible new liquid fertilizer? En: Rodríguez-Barrueco C, editor. *Fertilizers and Environment.* New York: Springer; 1996. p. 323-26.
- [25] Fergusson L. Advances in Soil Amendment: Vermicomposting, Alumina Refinery Residue and Cotton Production in Australia. *Int J Environ Agri Res.* 2016; 2 (2): 1-11.
- [26] Fortis-Hernández M, Leos-Rodríguez JA, Preciado-Rangel P, Orona-Castillo I, García-Salazar JA, García-Hernández JL, Orozco-Vidal JA. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana.* 2009; 27: 329-36.
- [27] Preciado P, García JL, Segura MÁ, Salas L, Ayala AV, Garay A, Esparza JR, Rivera E, Troyo E. Efecto del lixiviado de vermicomposta en la producción hidropónica de maíz forrajero. *Terra Latinoamericana.* 2014; 32:333-38.
- [28] Abreu Cruz E, Araujo Camacho E, Rodríguez Jimenez SL, Valdivia Ávila AL, Fuentes Alfonso L, Pérez Hernández Y. Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. *Rev Centro Agrícola.* 2018; 45 (1):52-61
- [29] Ávila-Juárez L, Rodríguez González A, Rodríguez Piña N, Guevara González RG, Torres Pacheco I, Ocampo Velázquez RV, Moustapha B. Vermicompost leachate as a supplement to increase tomato fruit quality. *J Soil Sci Plant Nutr.* 2015; 15 (1): 46-59.
- [30] Calero Hurtado A, Quintero Rodríguez E, Pérez Díaz Y, González-Pardo Hurtado Y, González Lorenzo T. Microorganismos eficientes y vermicompost lixiviado aumentan la producción de pepino. *Rev UDCA Actualidad & Divulgación Científica.* 2019; 22 (2): <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1167>
- [31] Churilova EV, Midmore DJ. Vermiliquer (Vermicompost Leachate) as a Complete



Liquid Fertilizer for Hydroponically-Grown Pak Choi (*Brassica chinensis* L.) in the Tropics. Horticulturae, 2019; 26 (5): doi:10.3390/horticulturae5010026

[32] Ramírez Gerardo MG, Chávez-García MA, Mejía-Carranza J. Evaluación de un vermicompost y lixiviados en *Solidago x hybrida*, y mineralización de C orgánico en incubaciones aerobias. *Phyton Rev Int Bot Exp.* 2015; 84: 397-406.

[33] Ordoñez C, Tejada M, Benitez C, Gonzalez JL. Characterization of a phosphorus-potassium solution obtained during a protein concentrate process from sunflower flour. Application on rye-grass. *Bioresour Technol.* 2006; 97: 522-28.

[34] Pant AP, Radovich TJK, Hue NV, Talcott ST, Krenek KA. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *J Sci Food Agric.* 2009; 89: 2383-92.