



Biotempo (Lima)



<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>

REVIEW ARTICLE / ARTÍCULO DE REVISIÓN

EFFECTS OF ORGANIC FERTILIZATION ON COTTON (*GOSSYPIMUM HIRSUTUM*) CROP

EFFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE ALGODÓN (*GOSSYPIMUM HIRSUTUM*)

Jean Pierre Díaz-Gutiérrez¹; Khabir Marcelo Quila-Bonosó¹;
Freddy Zambrano-Gavilanes*¹ & Roberto Bravo-Zamora¹

¹ Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador. E-mail: freddyzg_86@hotmail.com

*Corresponding author: freddyzg_86@hotmail.com

Jean Pierre Díaz-Gutiérrez: <https://orcid.org/0000-0001-9652-1836>
Khabir Marcelo Quila-Bonosó: <https://orcid.org/0000-0002-1290-3034>
Freddy Zambrano-Gavilanes: <https://orcid.org/0000-0003-0004-9122>
Roberto Bravo-Zamora: <https://orcid.org/0000-0001-9648-6890>

ABSTRACT

Cotton is a very demanding plant at a nutritional level; for this reason, it is necessary to carry out an effective application of fertilizers, standing out in recent times as those of organic origin. The main of this research was to evaluate, through a literature review, the importance of organic fertilization in the sustainable production of cotton cultivation. It was used in the study of 44 scientific documents from the Scielo, Redalyc, Latindex, and Scopus databases. The search for scientific manuscripts was comprised in the period between 2002 and 2022, using keywords in both Spanish and English: "cotton", "origin of cotton", "cotton distribution", "benefits and uses of cotton cultivation", "vegetative cycle of cotton", "cotton phenology", "effects of organic fertilization in cotton cultivation", "nutritional requirements of cotton cultivation", "mineral and organic fertilization of cotton cultivation", "effects of organic fertilization on cotton production growth". The organic fertilization carried out in several studies has agreed that it is possible to produce cotton with fertilizers of organic origin (bovine manure, pig manure, guano, chicken manure, humus, etc.). In addition, the importance of the decrease in production costs and the contribution to the improvement of the physical properties of the soil by helping to retain more significant moisture due to the high concentration of organic matter.

Keywords: biofertilizer – Malvaceae – production – vegetative development

RESUMEN

El algodón es una planta muy exigente a nivel nutricional; por ello, es necesario realizar una aplicación eficaz de

fertilizantes, destacándose en los últimos tiempos los de origen orgánico. El objetivo de esta investigación fue evaluar, a través de una revisión bibliográfica, la importancia de la fertilización orgánica en la producción sustentable del cultivo de algodón. Se utilizó en el estudio de 44 documentos científicos de las bases de datos Scielo, Redalyc, Latindex y Scopus. La búsqueda de manuscritos científicos comprendió en el período comprendido entre 2002 y 2022, utilizando palabras clave tanto en español como en inglés: "algodón", "origen del algodón", "distribución del algodón", "beneficios y usos del cultivo del algodón", "ciclo vegetativo del algodón", "fenología del algodón", "efectos de la fertilización orgánica en el cultivo del algodón", "requerimientos nutricionales del cultivo del algodón", "fertilización mineral y orgánica del cultivo del algodón", "efectos de la fertilización orgánica en el crecimiento de la producción de algodón". La fertilización orgánica realizada en varios estudios ha consensado que es posible producir algodón con fertilizantes de origen orgánico (estiércol vacuno, estiércol porcino, guano, gallinaza, humus, etc.). Además, la importancia de la disminución de los costos de producción y la contribución a la mejora de las propiedades físicas del suelo al ayudar a retener la humedad de manera más significativa debido a la alta concentración de materia orgánica.

Palabras clave: biofertilizante – desarrollo vegetativo – Malvaceae – producción

INTRODUCCIÓN

El algodón es una planta de crecimiento arbustivo, la cual desde el punto de vista taxonómico pertenece a la familia Malvaceae, dentro de la cual existen diferentes especies dentro género *Gossypium* (Linneo, 1753), que se encuentran diseminadas por distintas regiones del planeta, particularmente en las áreas subtropicales y tropicales, tanto del hemisferio Sur como norte, cabe destacar que desde el punto de vista botánico el estudio de esta especie resulta simple, dado que la misma presenta una morfología simple; sin embargo a nivel fisiológico y agronómico, su estudio puede resultar complejo dado que existen marcadas variaciones en su fenología (López-Medina *et al.*, 2020).

Aunque el cultivo de algodón es un rubro de manejo intensivo, caracterizado por el uso de maquinaria y fertilizantes químicos, en las últimas décadas la agricultura orgánica ha sido una alternativa para la producción sostenible de este rubro, dado que la misma se esfuerza en el aprovechamiento racional de los recursos para la obtención de rendimientos óptimos, en lograr alcanzar beneficios ambientales, que buscan mantener la fertilidad del suelo y la biodiversidad, basado en la regulación del uso tanto de fertilizantes químicos como de origen inorgánicos, así como de organismos genéticamente modificados (Tschartnke *et al.*, 2021).

Una de las razones que han conducido a buscar soluciones para mejorar la producción basado en la

agricultura orgánica, es que aunque los fertilizantes químicos continúan desempeñando un papel importante en el aumento de la producción de algodón (Liu *et al.*, 2020), se ha demostrado que los mismos presentan una baja eficiencia en la utilización de nutrientes, lo que conlleva a un bajo aprovechamiento de macronutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); y de micronutrientes como el hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu), los cuales son requeridos para cumplir los procesos fisiológicos de las plantas y lograr rendimiento del rubro (Echer *et al.*, 2020).

Además desde el punto de vista ambiental existen evidencias que muestran los daños en la salud y en el ambiente causados los efectos agronómicos asociados al uso ineficiente de fertilizantes y un uso excesivo de agroquímicos (Vasseghian *et al.*, 2022), por lo cual dentro de la preocupación por la conservación del ambiente, enmarcada en los modelos de desarrollo sostenible, surge la agricultura orgánica, dado que la misma permite utilizar todos los recursos que se encuentren en el entorno, dentro de lo cual destaca el uso de los fertilizantes orgánicos, producto de efecto benéfico tanto para el medio ambiente, como para el mejoramiento de la calidad física, química y biológica del suelo (De Oliveira *et al.*, 2022).

Basado en lo expuesto en los párrafos anteriores, el objetivo de esta investigación es la de evaluar mediante una revisión de literatura la importancia de la fertilización orgánica en la producción sostenible del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* Linneo, 1763).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la revisión de literatura fueron utilizados 44 documentos científicos de las bases de datos Scielo, Redalyc, Latindex y Scopus. La búsqueda estuvo comprendida de manuscritos científicos comprendidos en el periodo entre 2002 hasta 2022, empleando palabras claves tanto en español y en inglés: "algodón", "origen del algodón", "distribución del algodón", "beneficios y usos

del cultivo de algodón", "ciclo vegetativo del algodón", "fenología del algodón", "efectos de la fertilización orgánica en el cultivo de algodón", "requerimientos nutricionales del cultivo de algodón", "fertilización mineral y orgánica del cultivo del algodón" y "efectos de la fertilización orgánica sobre el crecimiento producción del algodón", los resultados de la búsqueda en las base de datos consultadas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Artículos consultados en distintas bases de datos durante el periodo 2002-2021 con respecto a la relación entre la fertilización y rendimiento del cultivo del algodón.

Base de datos	Años de publicación					Total
	2002-2006	2007-2010	2011-2014	2015-2018	2019-2022	
Scielo	0	1	4	4	5	14
Redalyc	1	0	1	1	0	3
Latindex	0	1	0	2	3	6
Scopus	0	0	3	8	10	20
Total	1	2	8	15	18	44

Las fuentes consideradas han sido esenciales para verificar y plasmar la información correcta y adecuada en la revisión científica sobre efectos de la fertilización orgánica en el cultivo de algodón (*G. hirsutum*).

Aspectos éticos: Los autores señalan que se cumplieron todos los aspectos éticos a nivel nacional e internacional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Origen, taxonomía, y distribución del algodón

El algodón es un cultivo ancestral en el mundo que incluye muchas especies textiles como *G. hirsutum*, el cual es considerado uno de los recursos más importantes en especial en países como México y algunos de Centroamérica, dado que se considera estas regiones es el centro de origen de esta especie, por lo tanto, es el pilar de muchas familias en esta región, cuya producción se ha extendido a otras partes del mundo, contribuyendo al crecimiento de otras regiones (Gil-Rivero & López-Medina 2015).

El origen del algodón se ubica en dos grandes regiones en México al norte del continente americano y en África, a partir de estas regiones ocurrió la distribución del mismo a escala mundial, proceso que ha sido descrito detalladamente por Burbano-Figueroa *et al.* (2017), quien señala que la distribución de la especie se originó a

partir un grupo de plantas hexaploides, las cuales mutaron hacia genomas diploides, los cuales se denominaron AG y K, posteriormente se dio un proceso de hibridación, cuando el genoma se duplica, dando origen al algodón alotetraploide, cuya distribución es cosmopolita predominando la especie *G. hirsutum* el cual se originó en México.

México constituye el banco de germoplasma más importante para el mejoramiento genético del algodón dado que además ser el origen de la especie más importante de este rubro (*G. hirsutum*), se ha contabilizado que 11 de las 13 de las especies silvestres conocidas del género *Gossypium* son endémicas de México (Pérez-Mendoza *et al.*, 2016), lo que conlleva a que los genetista durante los años del 2009 hasta el 2011 hicieron un sin número de pruebas enfocadas principalmente a la elaboración del diagnóstico de los recursos genético del algodón de México con el propósito de contribuir al mejoramiento genético de la misma.

Además del conocimiento sobre el origen y distribución de las plantas, es necesario tener en cuenta algunas particularidades de la misma desde el punto de vista botánico, en este sentido, se debe señalar que el algodón pertenece a la familia Malvaceae y al género *Gossypium*, contabilizándose aproximadamente alrededor de 50 especies en el mundo, de las cuales únicamente cuatro se cultivan para obtener fibra, las cuales están

distribuidas por todo el mundo, siendo *G. hirsutum* y *G. barbadense* originarias de Centroamérica y Sudamérica, respectivamente. Las mismas que son consideradas las de mayor importancia económica al tener la mayor cantidad de has sembradas (Pérez *et al.*, 2015).

Desde el punto de vista taxonómico el algodón está clasificado en Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Malvales, Familia: Malvaceae, Genero: *Gossypium*, Especie: *hirsutum*, y cuya distribución en el mundo está relacionada con que se satisfagan todos sus requerimientos agroclimáticos; sin embargo la presencia del cambio climático puede llevar a cabo una amenaza para el cumplimiento de los mismos, afectando la presencia y distribución de las especies tanto mejoradas como silvestres (Ramírez-Ojeda *et al.*, 2014).

Gossypium hirsutum es una de las especies más cultivadas del mundo, sus fibras de alta calidad se utilizan para fabricar telas y aceite para humanos, siendo los principales países productores: China (25%), Estados Unidos (19,9%), India (13,1%), Pakistán (9,8%), Brasil (5,1%) y Uzbekistán (4,2%). A nivel de Latinoamérica - México, es el principal productor, dado que hasta en 2017 se cultivaron 228 mil has con un rendimiento promedio de 1800 kg de fibra por ha, siendo los principales estados productores Chihuahua, Baja California, Coahuila, Sonora, Durango y Tamaulipas (Maltos-Buendía *et al.*, 2020; Ávila-García *et al.*, 2017), mientras que en Ecuador, este cultivo se siembra principalmente en dos provincias, Manabí y Guayas, debido a que en estos lugares, las condiciones edafoclimáticas son idóneas para el desarrollo del cultivo del algodón (Cañarte-Bermúdez *et al.*, 2020).

Beneficios y usos del cultivo de algodón

La importancia del algodón está basada en ser la materia prima más importante en la industria textil a nivel mundial, por lo que las ventas generadas de su fibra permiten a todos los productores tener un buen ingreso económico (Lacape, 2014). Su producción es una de las actividades más importantes de la economía agrícola, porque juega un papel muy fundamental dentro del producto interno bruto (PIB) de muchos países, constituyéndose en algunos casos, en la columna vertebral del sistema económico de algunos países tropicales, generando además una gran cantidad de empleo tanto en la etapa de producción como de procesamiento (Espitia *et al.*, 2008).

Se menciona que el algodón es una materia prima muy importante en la fabricación de muchos de los productos elaborados por empresas textiles y aunque esta planta se

cultiva en regiones cálidas, la mayoría de las transacciones económicas relacionadas con la compra de esta fibra son llevadas cabo por países altamente industrializados, aportando a una expansión del sector primario en los países productores y la consolidación de la industria textil en los países con mayor desarrollo tecnológico, dinamizando la economía de las regiones rurales y permitiendo un incremento positivo al aumentar los ingresos por la venta de algodón producto de un aumento de las hectáreas sembradas (Vanegas-Duran, 2018).

La preferencia para el uso de esta fibra radica que las grandes empresas industriales utilizan la fibra natural del género *Gossypium*, porque tiene excelentes propiedades como suavidad y transpirabilidad, que la hacen atractiva en la producción de la mayoría de las prendas confeccionadas en todo el mundo, por lo tanto las empresas textiles usan algodón para crear sus productos, dado a ello el algodón es uno de los cultivos económicamente más rentables en el mundo textil gracias a que es la fibra natural más común en el mundo (Martínez-Reina & Hernández, 2015). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el mismo se cultiva en unos 80 países y se considera una de las granjas más populares, utilizando alrededor del 2,5% del área cultivada, especialmente en África occidental y central, con decenas de miles de pequeños agricultores que dependen de este cultivo para su desarrollo económico.

Ciclo vegetativo y fenología

En el medio ambiente, la temperatura es el principal factor que afecta la tasa de crecimiento de las plantas. Considerando el caso donde las temperaturas más altas afectan el rendimiento del algodón debido a una mayor transpiración, se acorta el ciclo morfológico. Por otro lado, una disminución de la temperatura puede aumentar el crecimiento vegetativo y prolongar el ciclo morfológico (López-Medina & Gil, 2017). Por esta razón, la fenología tiene como objetivo estudiar y describir de manera integral los diversos eventos morfológicos que ocurren en las especies vegetales (Fuccillo *et al.*, 2015).

Durante el ciclo fenológico del algodón se distinguen tres fases: La primera denominada vegetativa, que va desde la emergencia y la aparición de la tercera y quinta hoja verdadera. La segunda etapa llamada reproductiva, que comienza con la aparición de los primeros botones florales y finaliza con la formación y desarrollo del fruto y finalmente la fase de madurez, que se inicia con la apertura de la cápsula y finaliza con la formación de las fibras. El ciclo fenológico es importante dado que dependiendo

de factores ambientales aparecen las flores que producen hilos de colores, con tonos de blanco, otros de color crema, lila, marrón, sepia y verde, lo cual resulta atractivo en los mercados tanto nacionales como mundiales, dado que no requieren ni un solo tinte, no obstante el uso de este tipo de fibra no ha sido popularizado (López-Medina & Gil, 2017).

En el marco de una agricultura estratégica y sustentable, el crecimiento y rendimiento del algodón tiene un gran potencial productivo, ya que en este caso tienen un ciclo vegetativo promedio de 150 días, el cual se alcanza cuando el área foliar presenta el valor más alto, logrando el máximo del potencial de producción, el cual se logra cuando se mantiene la sincronía con la acumulación y distribución de biomasa, este ciclo también se ve afectado por varias características y diferentes indicadores de crecimiento entre lo que destaca el ambiente o las prácticas culturales, así como la fecha de siembra, la cual juega un papel muy importante porque las plantas de algodón necesitan lluvias uniformes desde la siembra de la semilla hasta la segunda aparición de las primeras flores (Orozco-Vidal *et al.*, 2011).

Después de la emergencia, la planta de algodón comienza su desarrollo vegetativo con la formación de hojas, cuya función principal es interceptar la luz solar y producir fotoasimilados. El sistema de raíces del algodón crece en longitud hasta el momento de la floración. Desde el primer brote hasta la fase de la primera flor, se acentúa el crecimiento en altura y la acumulación de materia seca por parte de la planta, que entra en la fase lineal de crecimiento, que suele durar de 25 a 35 días. Desde la primera cápsula hasta la cosecha es la etapa final del desarrollo del cultivo, que dura de cuatro a seis semanas, según el rendimiento, el suministro de agua, los nutrientes y la temperatura. También es en esta etapa que se aplican los defoliantes/maduradores (Silva *et al.*, 2011).

Requerimientos nutricionales del cultivo de algodón

El algodón se encuentra entre los cultivos más explotados, cuyos rendimientos dependen en gran medida del riego eficiente del cultivo, lo cual además de aumentar la productividad, también optimiza la calidad de los productos cosechados, esta práctica agronómica junto con el uso fertilizante resulta ser uno de los factores con mayor efecto sobre el rendimiento del cultivo de algodón (Santillano-Cazares *et al.*, 2019).

Por otro lado, los suelos con alto contenido de arcillas y con alto contenido de materia orgánica se caracterizan por tener alta capacidad de intercambio catiónico (Realpe *et*

al., 2014), lo que conduce a que posean un alto contenido de potasio y fósforo, dado que la mineralización de la MO (materia orgánica) aumenta y proporciona los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas de algodón. En este sentido, las condiciones ambientales cálidas y húmedas son favorables para que el cultivo porque se pueden cubrir las necesidades de algunos nutrientes básicos y se pueden obtener altos rendimientos, además la MO del suelo permite mantener el equilibrio y cohesión de sus agregados, además de regular la humedad y temperatura del suelo (López *et al.*, 2014).

El crecimiento y rendimiento del algodón, como la mayoría de los cultivos agrícolas, depende en gran medida del nitrógeno y el agua durante su temporada de crecimiento; por lo tanto, el nitrógeno es un factor decisivo en el plan de fertilización en el cultivo del algodón (Guzmán *et al.*, 2012). Sin embargo, el uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados genera desventajas económicas, sociales y ambientales, y como consecuencia provoca importantes pérdidas en la producción.

El algodón es una especie cuyo crecimiento y rendimiento es controlado por muchos factores ambientales y otros asociados al manejo agronómico, entre esos factores se ha identificado lo referente a la nutrición mineral, el cual tiene como objetivo aumentar significativamente el contenido de nitrógeno y fósforo, es decir, para cultivar algodón es necesario considerar la fertilización. Por lo tanto, la necesidad de un plan de fertilización equilibrada, donde se suministren los nutrientes requeridos, que permitan un impacto significativo en el rendimiento del cultivo del algodón, previendo a su vez que se reduzcan el impacto ambiental negativo y mejoren la producción (Chinga *et al.*, 2020).

Efectos de la fertilización orgánica sobre el crecimiento y producción agrícola

Los sistemas de producción orgánica como el algodón son de gran utilidad ya que mediante el uso de fertilizantes orgánicos se reducen los costos de producción al no utilizar químicos, aumentando las ganancias y presentando productos que no están contaminados y además son beneficiosos para mejorar la condición física, química y biológica del suelo. Se mejoran las propiedades de los suelos debido a que tienen una mayor capacidad para retener la humedad por la alta concentración de materia orgánica en el suelo, también se puede mencionar como otra ventaja de los fertilizantes orgánicos la de mantener altos rendimientos y fertilidad (Acevedo *et al.*, 2011).

La integración de fertilizantes orgánicos en los sistemas de producción de algodón se muestra como una alternativa a los sistemas actuales de producción de algodón a pequeña escala, dado que integra elementos del subsistema de producción animal en el desarrollo de la granja, combinando estiércol de cerdo, estiércol de pollo y biofertilizantes líquidos como alternativas sostenibles que garantizan aportes altos de nitrógeno y fósforo al suelo (Santillano-Cazares *et al.*, 2019).

Algunos de los efectos beneficiosos de los fertilizantes orgánicos sobre el rendimiento del algodón, han sido mencionados por Chinga *et al.* (2020), quienes reportaron que los lixiviados de vermicompost aumentan su rendimiento debido a su influencia en las comunidades microbianas y sus consecuencias en las tierras de cultivo.

Se ha mencionado que en algunas regiones se practica la agricultura orgánica en el algodón, destacando que en este el producto es muy importante para la fibra, dado que la fertilización orgánica contribuye a un aporte significativo de nutrientes que puede aumentar la productividad a través de aplicaciones biológicas, por lo que la aplicación de fertilizantes orgánicos es una alternativa para reducir el uso de agroquímicos en este cultivo (López-Martínez *et al.*, 2002).

Un ejemplo de ello son los efectos beneficiosos de las lombrices de tierra sobre la fertilidad del suelo. Durante los últimos cincuenta años, numerosos ejemplos han demostrado que los barrenadores de la fruta pueden tener un impacto significativo en el crecimiento de las plantas en poblaciones tanto naturales como introducidas artificialmente, siendo importantes para aumentar el crecimiento de las plantas y el rendimiento del algodón (Domínguez *et al.*, 2010).

En este mismo orden de ideas, Sousa-Alves *et al.* (2018), mencionan que la aplicación de fertilizantes orgánicos es fundamental para el crecimiento de las plantas, particularmente en suelos de baja fertilidad y con problema de sales, debido a su influencia positiva en las propiedades físicas del suelo y del entorno radicular, dado que las sustancias húmicas liberadas por la descomposición de fuentes orgánicas estimulan a las plantas a absorber agua y nutrientes en ambientes salinos.

El uso de fertilizantes es fundamental para que el cultivo alcance el mayor rendimiento; sin embargo, en los sistemas tradicionales de producción se aplican de manera excesiva fertilizantes químicos que contaminan el suelo y el agua, que agotan estos recursos naturales, por

lo que se deben buscar alternativas para evitar el abuso de esta práctica, como el uso de probióticos o productos biológicos (Alcántara-Jiménez *et al.*, 2019).

Efectos de la fertilización orgánica en el cultivo de algodón

Son muchas las investigaciones que demuestran los efectos en su mayoría benéficos de la fertilización orgánica en el cultivo de algodón, por ejemplo Bonnin *et al.* (2019), en una investigación llevada a cabo en el campo de prueba, donde evaluaron el impacto de la dosificación de nitrógeno, ya que estas son variables poderosas y son esenciales en la agricultura moderna para aumentar el rendimiento del algodón evitando la contaminación ambiental, los autores encontraron un gran impacto en el crecimiento de la planta, llegando a rendimiento de fibra de 100 capullos y aumento del número de fibra en ramas, cuando se aplicaron fertilizantes orgánicos en el cultivo del algodón.

El uso de los fertilizantes orgánicos, se debe a los problemas ambientales relacionados con el uso de fertilizantes sintéticos, estos investigadores en su investigación realizada en un campo experimental de la Ciudad de Sevilla-España encontraron que la gestión de residuos orgánicos ha llevado a un mayor interés en el uso de materia orgánica como fuente alternativa de nutrientes para las plantas, dado que las prácticas como fertilización orgánica utilizando como gallinaza, o vermicompost han como resultado positivo como minimización de la aplicación de agua, minimización de la erosión y aumento de la retención de nutrientes, por lo que mejora la gestión de residuos la cual ayuda al cultivo de algodón a tener una mejor producción (Aguilera *et al.*, 2013).

Las sustancias orgánicas fisiológicamente activas pueden ser absorbidos por la planta mejorando su metabolismo, estimulando su capacidad para soportar mejor el estrés ambiental y aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos, estos autores en una investigación llevada a cabo Uzbekistán, encontraron que el uso de sustancias orgánicas fisiológicamente activas a una dosis de 300 a 1.000 kg/ha, mejoraron la calidad del producto y aumentaron los rendimientos a 4,0 quintales por ha (Abdualimov & Rakhimova, 2021).

Otro abono que ha tenido un efecto positivo en el cultivo del algodón es el bocashi (Ramos-Agüero & Terry-Alfonso, 2014), el cual es un abono orgánico fermentado que se ha utilizado en Japón durante muchos años, el cual es producto de la descomposición aeróbica, este abono orgánico, activa y aumenta la cantidad de

microorganismos que ayuda en la restauración del suelo, además mejora la eficiencia del uso de los nutrientes del suelo durante el crecimiento de las plantas.

Así mismo el uso de fertilizantes orgánicos como el compost de té fue estudiado por Luo *et al.* (2021), registraron un efecto benéfico como lo demuestran estos autores en un estudio realizado en Jinhua, China, dado que puede suministrar los nutrientes requeridos por el cultivo sin el uso de fertilizantes químicos, además de mejorar la calidad de la producción al capturar el efecto de la frecuencia de compostaje en la distribución espacial de los nutrientes y la succión de la permeabilidad del algodón.

La aplicación de composta es muy importante para la sustentabilidad de la agricultura, dado que el uso y manejo adecuado de los mismos trae muchos beneficios en el cultivo del algodón, estos autores demostraron tal aseveración en un estudio realizado en el campo de Mouza Nari Dhumrya, donde los resultados mostraron un aumento en el número de frutos por árbol, altura de la planta, rendimiento, ramas sinfónicas luego de la aplicación de 10 t ha⁻¹ de abonos orgánico (Jan *et al.*, 2020).

El vermicompost es un excelente mejorador de suelos y agente de control biológico, estos autores señalan que este es un fertilizante orgánico ideal para un mejor crecimiento de las plantas y un mejor rendimiento, tal como se demuestra en la investigación llevada a cabo en Jaipur, India, donde la aplicación de dosis de 5, 10 y 20 t ha⁻¹ de vermicompost, mejoran el crecimiento, productividad, y calidad del algodón (Joshi *et al.*, 2014)

En un estudio realizado en la región Hexi de Gansu, noroeste de China, encontraron el uso de abonos orgánicos en el aumento de las capsulas por planta de algodón, acumulación de materia seca y el crecimiento del algodón, mejor rendimiento de semilla y fibra cuando se aplicaron fertilizantes orgánicos (Ning *et al.*, 2020).

Los beneficios del compost se logra debido a la lenta liberación de nutrientes y disponibilidad que le da un efecto positivo al cultivo de algodón ayudando a obtener un mejor rendimiento sin la necesidad de utilizar abundante cantidad de fertilizantes, tal como lo demostraron en una investigación llevada a cabo en la isla Tropical de Guam, donde se demostraron la viabilidad de la utilización de los residuos compostado como alternativa de los fertilizantes sintéticos dado que el aumento del contenido de carbono orgánico en el suelo le ayuda a la planta de algodón un mejor rendimiento (Adugna, 2016).

En un experimento realizado en un invernadero en el campus IV de la universidad Estadual de Praiba, en Brasil comprobaron que la utilización del humus de lombriz en dosis 1,2 y 3 kg por planta, mejoró las características de crecimiento de las plantas como son el diámetro de tallo, altura de planta, área foliar unitaria y el número de hojas (Sousa-Alves *et al.*, 2016).

Así mismo en un estudio realizado en la estación experimental del departamento de cultivos de campo de la Universidad de Mosul encontraron que el uso de los EM1 y el Biosol-N provocaron un aumento positivo en el crecimiento y rendimiento de la planta de algodón en comparación a los resultados obtenidos con la aplicación de fertilizantes inorgánicos (Ibraheem & Aziz, 2015).

La fertilización orgánica es una práctica sostenible en los campos de algodón, dado que el fertilizante orgánico ayudo a aumentar significativamente la productividad del cultivo obteniendo mayores beneficios para los productores, la eficiencia en el uso de compuestos orgánicos es la clave para lograr su máximo crecimiento y mayor rendimiento por kg de fertilizantes invertidos, esto fue comprobado por estos autores en un estudio que se realizó en el departamento de cultivos de campo de Mosul donde la aplicación de dosis 3,0 y 6,0 Mg ha⁻¹ de los fertilizantes orgánicos le ayudaron al algodón tener una mejor productividad incluida la biomasa área y el rendimiento de algodón en rama en suelos de texturas arenosa (Tao *et al.*, 2017).

Los resultados presentes en esta investigación y que se resumen en la tabla 2, demuestran la importancia del uso de abonos orgánicos para mejorar la producción de algodón en comparación a abonos inorgánicos tanto en términos de rendimientos, reducción de costos, mitigación de los problemas ambientales y mejoramiento de la calidad química, física y biológica del suelo.

Tabla 2. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de algodón según la información obtenida por los artículos revisados.

Lugar de la Investigación y tipo de suelo	Tipo de abono orgánico	Beneficio en la planta	Referencia
Campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Asunción-Paraguay	Abonos nitrogenados	Aumento del área foliar desarrollo de la planta	Bonnin <i>et al.</i> (2019)
Campo experimental de la Ciudad de Sevilla-España	Gallinaza, vermicompost	Minimización de la aplicación de agua y de la tierra desnuda, mejorar la gestión de residuos y una mejor producción	Aguilera <i>et al.</i> (2013)
Uzbekistán	Sustancias orgánicas fisiológicamente activas	Cultivos altos, mejor calidad, tuvo un mejor efecto en la superficie de las hojas	Abdualimov & Rakhimova (2021)
Japón	Bocachi, fertilizante de materia orgánica fermentada	Aprovechamiento nutricional de la planta y en el crecimiento de la planta	Ramos-Agüero & Terry-Alfonso (2014)
Jinhua-China	El té de compost 18g cantidad de fertilización fueron de 1/3, 1/5 y 1/9 de fertilizante	Aumenta la absorción de nutrientes	Luo <i>et al.</i> (2021)
Campo de cabo en Mouza Nari Dhumrya	Compost y estiércol de granja (FYM)	Aumento de capsulas por planta, altura de planta, rendimiento monopodial, ramas simpodiales	Jan <i>et al.</i> (2020)
Campo experimental de Jaipur India	Vermicompost 5,10 y 20 t ha ⁻¹	Crecimiento, rendimiento y calidad de la planta del algodón	Joshi <i>et al.</i> (2014)
Área de Hexi de Gansu, noroeste de china	Fertilización bio orgánico (COBF2) con aplicación de 600 kg.hm ²	Aumento de capsulas, acumulación de materia seca y crecimiento, mejor rendimiento de semilla y fibra	Ning <i>et al.</i> (2020)
Isla Tropical de Guam	Residuos compostados	Mejor rendimiento a la al suelo donde está sembrado el algodón	Adugna (2016)
Invernadero en el campus IV de la universidad Estadual de Praíba	Humus de lombriz aplicándole 1,2 y 3 kg por planta	Favorece el diámetro de tallo, altura de planta, área foliar unitaria y el número de hojas	Sousa-Alves <i>et al.</i> (2016)
Estación experimental del campo de la Universidad de Mosul	Biofertilizantes EM1 (0,1 y 2 ml l ⁻¹), fertilizante orgánico Biosol-N (0,250 y 500 kg ha ⁻¹)	Crecimiento y rendimiento de la planta de algodón	Ibraheem & Aziz (2015)
Departamento de cultivos de campo de Mosul, suelo arenoso	Estiércol de ganado (CM) Y Biofertilizante (BF) 3,0 y 6,0 Mg ha ⁻¹	A la productividad, la biomasa área y rendimiento de algodón en rama	Tao <i>et al.</i> (2017)

Fueron encontradas limitaciones en el estudio destacándose la escasa información científica por ser pocos los países en los que utiliza fertilización orgánica en el cultivo del algodón; sin embargo, las tendencias actuales demuestran interés en una agricultura más sostenible disminuyendo el uso de fertilizantes sintéticos en los diferentes cultivos.

La fertilización orgánica efectuada en varios estudios ha coincidido que es posible producir algodón con fertilizantes de origen orgánico (estiércol bovino, porcino, guano, gallinaza, humus etc.), además es mencionada la importancia de la disminución en los costos de producción y el aporte al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo por ayudar a una mayor retención de humedad debido a la gran concentración de materia orgánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdualimov, S. & Rakhimova, D. 2021. Efficiency of growing cotton with physiological active substance without application of mineral fertilizers in the case of Uzbekistán. E3S Web of Conferences, 244: 1-7.
- Acevedo, D. E.; Alvares-Sánchez, M.E.; Hernández-Acosta, E. & Amendola-Massiotti, R. 2011. Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. Revista Terra Latinoamericana, 29: 78-120.
- Adugna, G. 2016. A review on impact of compost on soil properties, water use and crop productivity. Academic Research Journal of Agricultural Science and Research, 4: 93-104.
- Aguilera, E.; Lassaletta, L.; Sanz-Cobena, A.; Garnier, J. & Vallejo, A. 2013. The potential of organic fertilizers and water management to reduce N₂O emissions in Mediterranean climate cropping systems. A review. Agriculture, Ecosystems & Environment, 164: 32- 52.
- Alcántara-Jiménez, J. A.; Aguilar-Carpio, C.; Leyva-Bautista, S. & Alcántara – Nazario, A. O. 2019. Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10: 575- 584.
- Ávila-García, R.; Cano-Ríos, P.; Orona-Castillo, I.; Espinoza-Arellano, J. J. & Ramírez-Segoviano, R. 2017. Establecimiento de la línea base para la evaluación del impacto técnico y socioeconómico de la campaña contra plagas reglamentadas del cultivo del algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) en el estado de Coahuila, México. Revista Mexicana de Agronegocios, 41: 720-731.
- Bonnin, J. J.; Ibars, R. F.; Vera-Ojeda, P. A. & Avalos, J. D. 2019. Capacidad de un sensor óptico terrestre como herramienta para detectar deficiencia de nitrógeno en el cultivo de algodón. Revista de Investigación Agraria, 21: 11-22.
- Burbano-Figueroa, O.; Montes-Mercados, K. S.; Patrana-Vargas, I. J. & Cadena-Torres, J. 2017. Introducción y desarrollo de variedades de algodón Upland en el sistema productivo colombiano: Una revisión. Revista Ciencia y Agricultura, 15: 29- 44.
- Cañarte-Bermúdez, E.; Sotelo- Proaño, R. & Navarrete-Cedeño, B. 2020. Generación de tecnologías para incrementar la productividad del algodón *Gossypium hirsutum* L. en Manabí, Ecuador. Revista Ciencia UNEMI, 13: 85-95.
- Chinga, W.; Torres, A.; Mármol, L. E. & Chirinos, D. T. 2020. Efecto de un lixiviado de vermicompost sobre el crecimiento y producción del algodón. Revista científica Ecuador es calidad, 7: 32–40.
- De Oliveira, E. R.; Muniz, E. B.; Soares, J. P. G.; de Araújo Gabriel, A. M.; Gandra, J. R.; Menegat, A. S.; Silva, J.T.; Neves, N.F. & Marques, O. F. C. 2022. Ecological and socio-environmental impacts of conversion to organic dairy farming. Organic Agriculture, 12:1-18.
- Domínguez, J.; Lazcano, C. & Gómez-Brandon, M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Revista Acta Zoológica Mexicana, 26: 98-138.
- Echer, F. R.; Souza, V. J. & Rosolem, C. A. 2020. Potassium application to the cover crop prior to cotton planting as a fertilization strategy in sandy soils. Scientific Reports, 10: 20404.
- Espitia, M. M.; Aramendiz, H. & Cadena, T. 2008. Correlaciones y análisis de sendero en algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en el Caribe colombiano. Revista Facultad Nacional de Medellín, 61: 4325-4335.
- Fuccillo, K. K.; Crimmins, T. M.; de Rivera, C. E. & Elder, T. S. 2015. Assessing accuracy in citizen science-based plant phenology monitoring.

- International journal of biometeorology, 59: 917-926.
- Gil-Rivero, A. & López-Medina, E. 2015. Características germinativas de semillas del algodón nativo, *Gossypium* sp., de fibra verde, lila y marrón. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas. 35: 39-46.
- Guzmán, A.; Obando, M; Rivera, D. & Bonilla, R. 2012. Selección y caracterización de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) asociadas al cultivo de algodón. Revista Colombiana de Biotecnología, 14: 182-190.
- Ibraheem, S. M. & Aziz, M. M. 2015. Effect of biofertilizer EM1, organic fertilizer Biosol-N and nitrogen fertilizer on the growth properties, yield and its components in cotton. Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences, 6: 72-102.
- Jan, M.; Hussain, S.; Anwar-Haq, M.; Iqbal, J.; Ahmad, I.; Aslam, M. & Faiz, A. 2020. Effect of farm yard manure and compost application on transgenic BT cotton varieties. Pakistan Journal of Agricultural Research, 33: 371-380.
- Joshi, P; Singh, J. & Pal-Vig, A. 2014. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 14: 137-159.
- Lacape, J. M. 2014. Distribution and differentiation of wild, feral, and cultivated populations of perennial upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in Mesoamérica and the Caribbean. PLOS ONE, 9: e107458.
- Liu, S.; Constable, G. & Stiller, W. 2020. Using leaf sodium concentration for screening sodicity tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Field Crops Research, 246:1-11.
- López-Medina, E. & Gil-Rivero, A. E., 2017. Fenología de *Gossypium raimondii* Ulbrich "algodón nativo" fibra de color verde. Scientia Agropecuaria, 8: 267-271.
- López, J. D.; Salazar Sosa, E.; Trejo-Escareño, H. I.; García, J. L.; Navarro, M. & Vazquez-Vazquez, C. 2014. Producción del algodón con altas densidades de siembra usando fertilización orgánica. Revista Internacional de Botánica Experimental, 83: 237- 242.
- López-Martínez, J. D.; Gallegos, M.; Serrato, J.; Valdez, R. & Martinez-Rubin, E. 2002. Producción de algodónero transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas. Revista Tierra Latinoamericana, 20: 321- 327.
- López-Medina, E. S.; Mostacero-Loen, J.; Quijano-Jara, C. H.; Gil-Rivero, A. E. & Rabanal-Leon, M. F. 2020. Caracterización del fruto semilla y fibra de *Gossypium raimondii* ulbrich, ecotipo algodón silvestre. Revista de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 21: 1-8.
- Luo, T.; Ma, L.; Wei, C. & Li, J. 2021. Effects of compost tea on the spatial distribution of soil nutrients and growth of cotton under different fertilization strategies. Journal of plant nutrition, 45: 1523-1535.
- Maltos-Buendía, J.; Hernández-Leal, E.; Gaytán, I. F.; Ramírez-Valdés, M. G.; Reyes-Gonzales, A. & Ramos-Cruz, C. M. 2020. Preferencia de mosca blanca en algodones Nativos (*Gossypium* spp.) en condiciones de invernadero. Revista Científica Semestral, 3: 521- 529.
- Martínez-Reina, A.M. & Hernández, M. 2015. La competitividad del algodón colombiano frente a los principales países productores mediante el enfoque de costos de producción. Revista de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 16: 189-215.
- Ning, W.; Hongyu, N. & Keyun, F. 2020. Efectos de la reducción de fertilizantes químicos y la aplicación de fertilizantes orgánicos sobre la biomasa microbiana del suelo, la actividad enzimática y el rendimiento del algodón en los campos de algodón. China National Knowledge Infrastructure, 31: 173-181.
- Orozco-Vidal, J. A.; Yescas-Coronado, P.; Segura-Castruita, M. A.; Fortis-Hernández, M.; Martinez-Rubin, E.; Montemayor-Trejo, J. A.; Valdez-Cepeda, R. & Preciado-Rangel, H. 2011. Análisis de crecimiento de tres variedades de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en una región árida de México. Revista Internacional de Botánica experimental, 80: 47-52.
- Pérez-Mendoza, C.; Tovar-Gómez, M.; Obispo-González, Q.; Legorreta-Padilla, F. D. J. & Ruiz Corral, J. A. 2016. Genetic resources of cotton in Mexico: *ex situ* and *in situ* conservation and use. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7: 5- 16.

- Pérez, C.; Tovar-Gómez, M.; Báez-Gonzales, A. D. & Flores-Zarate, M. 2015. Recolección de germoplasma del genero *Gossypium* en el estado de Guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2: 1043-1047.
- Ramírez-Ojeda, G.; Ruiz-Corral, J. A.; Pérez-Mendoza, C. P.; Villavicencio-García, R.; Mena-Munguía, S. & Duran-Puga, N. 2014. Impactos del cambio climático en la distribución geográfica de *Gossypium hirsutum* L. en Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 12-21.
- Ramos-Agüero, D. & Terry-Alfonso, E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Revista Cultivos Tropicales*, 35: 52-59.
- Realpe, I. D. S. B.; Pardo, C. A. A. & Peinado, F. J. M. 2014. Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio en sistemas altoandinos de Colombia. *Acta Agronómica*, 63: 164-174.
- Santillano-Cazares, J.; Roque-Díaz, L. G.; Nuñez-Ramirez, F.; Grijalva-Contreras, R. L.; Robles-Contreras, F.; Macías Duarte, R.; Escobosa-Garcia, I. & Cárdenas-Salazar, V. 2019. La fertilidad del suelo afecta el crecimiento, nutrición y rendimiento de algodón cultivado en dos sistemas de riego y diferentes dosis de nitrógeno. *Revista Terra Latinoamericana*, 37: 112-124.
- Silva, I. P. F.; Junior, J. F. S.; Araldi, R.; Tanaka, A. A.; Giroto, M.; Bosque, G. G. & Lima, F. C. C. 2011. Estudo das fases fenológicas do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, 10: 1-10.
- Sousa-Alves, L.; Martins-Veras, M. L.; Melo-Filho, J. S.; Almeida-Sousa, N.; Sousa-Ferreira, R.; Ferreira-Figueiredo, L.; Costa-Alves, E.; Silva-Belardino, K.; Andrade-Souza, M. & Mesquita, E. F. 2016. Growth aspects and production of cotton under salt stress as a function of organic fertilizer. *African Journal of Agricultural Research*, 11: 4480-4487.
- Tao, R.; Wakelin, S. A.; Lian, Y. & Chu, G. 2017. Organic fertilization enhances cotton productivity, Nitrogen use efficiency, and soil Nitrogen fertility under drip irrigated field. *Agronomy Journal*, 109: 2889-2897.
- Tscharntke, T.; Grass, I.; Wanger, T. C.; Westphal, C. & Batary, P. 2021. Beyond organic farming – harnessing biodiversity-friendly landscapes. *Trends in Ecology & Evolution*, 36: 919-930.
- Vanegas-Duran, C. M. 2018. Producción, intercambio y tributación del algodón desde las tierras cálidas hacia los Andes centrales neogranadinos, siglos XVI y XVII. *Revista de Historial Regional y Local*, 10: 23-52.
- Vasseghian, Y.; Arunkumar, P.; Joo, S. W.; Gnanasekaran, L.; Kamyab, H.; Rajendran, S.; Balakrishnan, D.; Chelliapan, S. & Klemeš, J. J. 2022. Metal-organic framework-enabled pesticides are an emerging tool for sustainable cleaner production and environmental hazard reduction. *Journal of Cleaner Production*, 373: 133966.

Received July 31, 2022.

Accepted September 14, 2022.