



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA
CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

TEMA:

**“EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA ORGÁNICA E
INORGÁNICA Y DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS
EFICIENTES SOBRE EL CRECIMIENTO VEGETATIVO DEL ALGODÓN
(*Gossypium hirsutum* L.)”**

AUTORES:

**GUSTAVO JAVIER CEVALLOS LUCAS
BYRON ALEXANDER PEÑAFIEL ESPINOZA**

DIRECTORA:

DRA. MARINA GARCÍA

SANTA ANA – MANABÍ – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN

CEVALLOS LUCAS GUSTAVO JAVIER y PEÑAFIEL ESPINOZA BYRON ALEXANDER, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría, no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la siguiente declaración de este trabajo investigativo es de sumo derecho de propiedad intelectual de los autores.

Cevallos Lucas Gustavo Javier

Peñafiel Espinoza Byron Alexander

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a todos quienes con mucho cariño y esmero me brindaron su apoyo incondicional.

A Dios: Por darme fuerza y sabiduría para no desfallecer y sobre todo por tenerme siempre con salud a mí y a mi familia para poder seguir adelante.

A mi abuelo: Adalberto Lucas, aunque ya no está junto a mí, siempre me brindó su apoyo para seguir adelante.

A mi abuela: Ángela Acebo

A mis padres: Oswaldo Cevallos e Isabel Lucas

A mis herman@s: Viviana, Víctor, Adalberto, Victoria y Laddy Cevallos Lucas

A mi sobrina: Ariana Cevallos Cevallos

Cevallos Lucas Gustavo Javier

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud, fortaleza y sabiduría para concluir con una etapa universitaria uno de mis más grandes deseos.

A la Universidad Técnica de Manabí en especial a la Facultad de Ingeniería Agronómica, a su personal docente y administrativo.

A l@s docentes:

Dra. Marina García

Dr. Freddy Gavilanes

Cevallos Lucas Gustavo Javier

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada a quienes con esmero me brindaron su apoyo incondicional.

A Dios: Por darme fortaleza y sabiduría para no decaer en momentos críticos

A mi madre: Espinoza Chancay Sonia Elizabeth

A mi padre: Peñafiel Molina Idello Isael

A mi hija: Peñafiel Coveña Danna kristhel

A mi Esposa: Coveña Carreño Gema Elizabeth

A mis abuel@s:

A mis herman@s:

A mis ti@s

A mis prim@s y amig@s

Peñafiel Espinoza Byron Alexander

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme fortaleza y confianza para concluir con esta etapa universitaria.

A la Universidad Técnica de Manabí en especial a la Facultad de Ingeniería Agronómica, y a los docentes que concluyeron con cada una de sus enseñanzas.

A mis tutor@s:

Dra. Marina García.

Dr. Freddy Gavilanes.

A los Señor@s:

Sr. Julio Mera.

Sr. Ronny Macias.

PEÑAFIEL ESPINOZA BYRON ALEXANDER

CONTENIDO

RESUMEN.....	13
SUMMARY	14
I. INTRODUCCIÓN	15
II. ANTECEDENTES	17
III. JUSTIFICACIÓN	18
IV. OBJETIVOS.....	20
4.1 Objetivo general	20
4.2 Objetivos específicos	20
V. MARCO REFERENCIAL	21
5.1 Taxonomía, morfología y fases fenológicas del algodón.....	21
5.2 Fertilización.....	22
5.3 Fertilización nitrogenada en el cultivo de algodón	22
5.4 Fertilización orgánica	23
5.5 Respuesta del algodón ante la fertilización.....	24
VI. DISEÑO METODOLÓGICO.....	25
6.1 Ubicación del ensayo	25
6.2 Tratamientos que se utilizó KgN.ha ⁻¹	25
6.3 Diseño experimental.....	26
6.4 Manejo del ensayo.....	26
6.5 Variables a evaluadas	27
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29

7.1 Volumen de raíces, altura de planta y diámetro del tallo	29
7.2 Número de hojas, área foliar e índice de clorofila	36
7.3 Peso seco de raíz, peso seco de tallo y peso seco de hojas	44
VIII. CONCLUSIONES.....	51
IX. RECONENDACIONES.....	52
X. Bibliografía	53
XI. ANEXOS.....	61

Índice de tablas

Tabla 1. Valores promedio de volumen radical, altura de planta y diámetro de tallo en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando los factores simples..... 29

Tabla 2. Valores promedio de volumen radical, altura de planta y diámetro de tallo en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando la interacción de dos factores..... 31

Tabla 3. Valores promedio de volumen radical, altura de planta y diámetro de tallo en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando los factores simples..... 37

Tabla 4. Valores promedio de número de hojas, área foliar e índice de clorofila en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando la interacción de dos factores..... 39

Tabla 5. Valores promedio de peso seco de raíz, peso seco de tallo, peso seco de hoja en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando los factores simples..... 44

Tabla 6. Valores promedio de peso seco de raíz, peso seco de tallo, peso seco de hoja en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando la interacción de dos factores. 46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores promedio de volumen radical en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹..... 32

Figura 2. Valores promedio de altura en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹..... 34

Figura 3. Valores promedio de diámetro de tallo en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹..... 35

Figura 4. Valores promedio de número de hojas en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹..... 40

Figura 5. Valores promedio de área foliar en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹. 41

Figura 6. Valores promedio de índice de clorofila en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹. 42

Figura 7. Valores promedio de peso seco de raíz plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹. 47

Figura 8. Valores promedio de peso seco de tallo en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹. 48

Figura 9. Valores promedio de índice de clorofila en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹ 49

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis de campo del ensayo	61
Anexo 2: Análisis de varianza (ANAVA) para las variables determinadas en el ensayo	62
Anexo 3. Detalles de campo mostrando el proceso de mezclado de materia orgánica y aplicación de microorganismos eficientes en algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>)	63
Anexo 4. Medición de clorofila U. spad.	63
Anexo 5. Imagen de proceso de medición de número de hojas.....	63
Anexo 6. Imágenes ilustrativas del proceso de medición de volumen de raíz por el método de Böhm (1979).	64
Anexo 7. Imágenes ilustrativas del proceso de medición del peso seco de hoja.	64
Anexo 8. Imágenes ilustrativas del proceso de medición de peso seco de raíz peso seco de tallo.	64
Anexo 9. Imágenes ilustrativas del proceso usado para la determinación de área foliar.....	65

RESUMEN

El algodón se ha utilizado durante muchos años en diferentes regiones del mundo y al mismo tiempo su uso genera altas oportunidades de empleo. El sistema actual de producción del algodón se caracteriza por usar gran cantidad de insumos, agua, fertilizantes e insecticidas, en vista de ello, la agricultura orgánica se presenta como una alternativa con base ecológica que evita el uso de productos sintéticos tales como fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas y otros que puedan causar contaminación de alimentos o del ecosistema. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de fertilización de dos fuentes nitrogenadas orgánica e inorgánica con y sin la aplicación de microorganismos eficientes ME, sobre variables de crecimiento. Para ello se realizó un ensayo a campo abierto y 70 días después de la siembra se determinaron las siguientes variables, volumen de raíz (VR), altura de planta (AL), diámetro del tallo (DT), número de hojas (NH), área foliar (AF), índice de clorofila (IC), peso seco de raíz (PSR), peso seco de tallo (PST) y peso seco de hoja (PSH). Los resultados obtenidos indican que todas las variables antes mencionadas se comportaron mejor cuando la fertilización nitrogenada fue con urea en dosis de 150 Kg N.ha⁻¹, sin diferencia con respecto a la aplicación o no de microorganismos eficientes, por lo que se concluye que la aplicación de nitrógeno inorgánico es más eficiente en comparación con la materia orgánica, durante la etapa de desarrollo del algodón evaluada.

Palabras claves: Algodón, etapa vegetativa, fertilización nitrogenada, microorganismos eficientes.

SUMMARY

Cotton has been used for many years in different regions of the world and at the same time its use generates high employment opportunities. The current cotton production system is characterized by using a large amount of inputs, water, fertilizers and insecticides, in view of this, organic agriculture is presented as an alternative with an ecological base that avoids the use of synthetic products such as chemical fertilizers, pesticides, herbicides and others that can cause food or ecosystem contamination. The objective of this work was to determine the effect of fertilization with organic and inorganic nitrogenous sources with and without efficient microorganisms (EM), on growth variables. For this, an open field trial was carried out and 70 days after sowing the following variables were determined Root volume (RV), plant height (PH), stem diameter (SD), leaves number (LN), leaf area (LA), chlorophyll index (CI), root dry weight (RDW), stem dry weight (SDW) and leaf dry weight (PSH). The results obtained indicate that all the aforementioned variables behaved better when nitrogen fertilization was with urea in doses of 150 Kg N.ha⁻¹, with no difference regarding the application or not of efficient microorganisms, so it is concluded that the fertilization with inorganic nitrogen is more efficient, compared to the organic source, during the cotton development stage evaluated.

Key words: Cotton, vegetative stage, nitrogen fertilization, efficient microorganisms.

I. INTRODUCCIÓN

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.), se ha utilizado durante muchos años en diferentes regiones del mundo, ya que este cultivo produce una fibra de gran valor para la industria textil, y al mismo tiempo su uso genera altas oportunidades de empleo. En la actualidad esta planta textil se produce en muchos países, en los últimos 50 años este cultivo ha ocupado un 25 % de la superficie agrícola del planeta, con una producción estimada de 25 millones de toneladas de algodón por año (Arévalo y Zegarra 2017). La fibra es una de las necesidades básicas más indispensables para nuestra vida. Hay varios tipos de fibras, siendo la del algodón (*G. hirsutum*), la más importante con una cuota del 28% de todas las fibras consumidas y un 75% de las fibras vegetales (Çopur *et al.* 2016).

La producción mundial promedio fue de 25,35 millones de toneladas durante los últimos 14 años desde 2004. Actualmente, diez países: Australia, Brasil, Burkina Faso, China, India, Pakistán, Turquía, Turkmenistán, Uzbekistán y EE.UU. producen el 90,5% del algodón en el mundo (Kranthi 2018). El sistema actual de producción del algodón se caracteriza por usar gran cantidad de insumos, agua, fertilizantes e insecticidas, los fertilizantes son materiales que contienen nutrientes para las plantas y ejercen diversos efectos favorables sobre éstas como incrementar el crecimiento y productividad de los cultivos, mejorar la calidad de la cosecha y la sanidad de la planta (Córdova 2014). Por mucho tiempo el uso de fertilizantes químicos ha sido una práctica común en la agricultura, debido a su impacto positivo sobre la productividad de los cultivos, no obstante, el uso excesivo de éstos ha ocasionado daños al medio ambiente, tales como contaminación de las aguas subterráneas y de los suelos, aumento de la salinidad entre otros (López *et al.* 2014).

En vista de ello, la agricultura orgánica se presenta como una alternativa con base ecológica, que evita el uso de productos sintéticos tales como fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas y otros que puedan causar contaminación de alimentos o del ecosistema, esta tendencia presenta la característica de priorizar el uso de abonos de base orgánica, bien sean de origen vegetal tales como el compost, humus de lombriz o tierra vegetal; así como de origen animal, tales como el estiércol de animales, guano de isla, entre otros, en cuanto a los microorganismos eficientes se tiene conocimiento de que es un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación

genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles entre sí, y son usados como una opción viable y sostenible para la producción agrícola dentro de parámetros orgánicos y biológicos, que no afecten el medio ambiente, para lograr productos de alta calidad con bajo costo (Córdova 2014).

Entre 2014 y 2015, 193.840 agricultores cultivaron aproximadamente 112.488 toneladas métricas de algodón orgánico en 350.33 hectáreas de tierra ecológica certificada en 19 países. Además, unas 85.671 hectáreas adicionales de tierra se convirtieron en superficies bajo cultivo orgánico y la producción de algodón orgánico representó aproximadamente el 0.4% de la producción mundial de algodón. Cinco principales países productores concentraron el 96% del total la producción; estos son la India con el 74%, seguida de China, Turquía, Tanzania y los Estados Unidos con un 10%, 7%, 3% y 2% respectivamente (TextileExchangue 2017).

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada orgánica e inorgánica y de la aplicación de microorganismos eficientes sobre el crecimiento vegetativo del algodón (*Gossypium hirsutum* L)

Hipótesis

¿La fertilización nitrogenada orgánica e inorgánica con o sin la aplicación de microorganismos eficientes tendrá un efecto diferencial sobre el crecimiento de las plantas de algodón durante la etapa previa a la fase de fructificación?

II. ANTECEDENTES

La producción de algodón es muy similar en muchos países de América Latina y El Caribe. Posee una mano de obra principalmente familiar, con un escaso acceso a maquinarias, y una menor adopción de buenas prácticas. Lo que ha generado una pérdida de competitividad, así como una disminución del área sembrada y de producción (FAO 2018).

La fertilización química proporciona nutrientes fácilmente disponibles para el crecimiento de plantas, sin embargo, no contribuye a mejorar la condición física del suelo, en el caso de los fertilizantes químicos nitrogenados, éstos promueven alta productividad de los cultivos, sin embargo, pueden modificar diferentes parámetros como: disminuir el pH, alterar la comunidad microbiana del suelo y causar la contaminación de las aguas subterráneas (Cardona *et al.* 2016). Se considera que la fertilización química nitrogenada que se ha venido utilizando indiscriminadamente en la agricultura, es la causa principal de la contaminación por nitratos de aguas superficiales y subterráneas, razón por la cual en los últimos tiempos se ha venido promoviendo la fertilización orgánica, como una forma sostenible para mantener la productividad de los cultivos con un impacto mínimo sobre los recursos naturales (Ferreira *et al.* 2018).

En cuanto al uso de microorganismos eficientes (ME) una investigación realizada en bananos en Costa Rica reveló que el uso de extractos fermentados de ME en el racimo restringió el crecimiento del hongo que provoca sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), lo cual pudo deberse a una anti-toxina que impidió el crecimiento y la coalescencia final de las lesiones (Córdova 2014). Asimismo, estudios realizados por Cheng y Yingchun (2012) han reportado que el crecimiento y el rendimiento de diferentes cultivos ha aumentado debido a la aplicación de ME.

Por otro lado, en el caso particular del algodón una adecuada fertilización nitrogenada es clave para asegurar buenos rendimientos. La fertilización nitrogenada inorgánica expresada en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de rendimiento en fibra bruta, fue favorable bajo todas las fuentes aplicadas (Ferreira *et al.* 2018).

Cazares *et al.* (2019) encontró a través de su investigación sobre la respuesta de algodón a la fertilización orgánica e inorgánica que estas mejoraron los rendimientos e índices de cosecha de algodón cuando se aplicaron en prefloración, en dos dosis de nitrógeno de $220 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $440 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $11 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los suelos poseen baja fertilidad y con el creciente desarrollo de la agricultura, cada año aumenta el uso de fertilizantes por hectárea, destacándose los abonos químicos como una de las fuentes más importantes de contaminación de las aguas subterráneas (Sagua 2016).

Los abonos orgánicos juntos a los ME constituyen una alternativa para la reducción de insumos de una manera sustentable. Los mismos actúan sobre el medio ambiente de forma positiva, son económicos y rentables, y mejoran la calidad de la fibra del algodón además de mejorar la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad hidráulica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, asimismo promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas (Ramos y Elein 2014).

Cóndor *et al.* (2007) señalan que el contenido de materia orgánica de suelos tratados con ME aumentó a niveles significativos ($p < 0,05$) en las dos profundidades analizadas (0-20 cm y 20-40 cm), esto se debe a la capacidad de los ME para formar humus a partir de un pasto. Los mencionados autores señalan que el pH y la capacidad de intercambio de cationes (CIC) también aumentaron en ambas profundidades muestreadas; En cuanto a los ME su principal función fue incrementar la biodiversidad de la microflora y aumentar los rendimientos en los cultivos.

En cuanto a la fertilización nitrogenada Cazares *et al.* (2019) manifiestan que el uso de fertilizantes nitrogenados resulta ser uno de los que mayor impacto tiene sobre los cultivos, el caso del algodón no es la excepción, regularmente la demanda de nitrógeno para algodón de alto rendimiento varía entre 3,4 y 4,2 g/planta.

El nitrógeno (N) es el nutriente más importante que limita el crecimiento del algodón, la demanda de N está en relación directa con la producción de bellotas, de modo que si la planta tiene potencialidad para una alta carga de bellotas, demandará una mayor cantidad de N; la deficiencia de este nutriente se manifiesta en desprendimiento de bellotas tiernas, retraso en la floración y una precocidad aparente de la maduración de las bellotas (Ramos y Elein 2014).

La incorporación de fertilización nitrogenada orgánica en el cultivo de algodón se plantea como una alternativa al actual sistema de producción convencional y además la suplementación de la materia orgánica con ME se vislumbra como una alternativa

sostenible para el aporte de nutrientes que contribuyan al crecimiento y desarrollo de la especie en estudio (Reyes, 2014).

En la actualidad la FAO y otras organizaciones están tratando de impulsar el cultivo del algodón en varias provincias del Ecuador, entre ellas Manabí, utilizando tecnologías más limpias y amigables con el medio ambiente. En este sentido, la presente investigación constituye un aporte en cuanto a la obtención de información documentada, en relación al crecimiento vegetativo de este cultivo en respuesta a la fertilización orgánica y a la aplicación de microorganismos eficientes, como alternativa viable para sustituir la fertilización nitrogenada de base química, que han venido utilizando tradicionalmente los agricultores.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada orgánica e inorgánica y de la aplicación de microorganismos eficientes sobre el crecimiento vegetativo del algodón (*Gossypium hirsutum* L)

4.2 Objetivos específicos

4.2.1. Cuantificar el efecto de la fuente nitrogenada, de la dosis de fertilizante y de la aplicación de microorganismos eficientes (ME) sobre el contenido relativo de clorofila foliar.

4.2.2. Determinar el efecto de la fuente nitrogenada, de la dosis de fertilizante y de la aplicación de ME sobre: volumen de raíces, altura de planta, diámetro del tallo, peso seco de raíz, tallo y hojas.

V. MARCO REFERENCIAL

5.1 Taxonomía, morfología y fases fenológicas del algodón

Bayer (2017) indica que las primeras evidencias del cultivo de algodón se han hallado en la India, las mismas datan de hace 3000 años de antigüedad. Taxonómicamente el algodón pertenece a:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Malvaceae

Género: *Gossypium*

Especie: *Gossypium hirsutum* L.

El aprovechamiento de su fibra por el hombre se remonta a épocas antiguas de la civilización. *G. hirsutum* es la base de variadas e importantes industrias, siendo una importante riqueza agrícola de muchos pueblos. El algodón es una planta cultivada en casi 90 países en los seis continentes. El algodón es una planta autógama debido a su alta auto-fertilidad y a que su polen es relativamente grande y pesado, y no se dispersa fácilmente por el viento, además, los cultivares de algodón se distinguen entre sí por sus valiosos rasgos económicos, que son características principales de la productividad de la fibra y el aceite de cocina (Bozorov *et al.* 2018).

El algodón es una planta anual, erecta o postrada y de porte arbustivo pudiendo alcanzar los 4 m con ramificación regular, las hojas son pecioladas, de un color verde intenso, grandes y con los márgenes lobulados, las flores son dialipétalas, grandes, solitarias y penduladas; el androceo está formada por un haz de estambres que rodean el pistilo, el fruto es una cápsula en forma ovoide con tres a cinco carpelos, que tienen seis a diez semillas cada uno, la especie tiene una raíz principal pivotante, y raíces secundarias que siguen una dirección más o menos horizontal, las semillas se caracterizan por ser ovoides y ligeramente angulares. Las fibras se forman por elongación de las células epidérmicas presentes en la testa de la semilla, que se van alargando y engrosando, a consecuencia de continuos depósitos de celulosa; hay materiales genéticos que producen fibras de colores, con los tonos crema, lila, pardo, marrón rojizo y verde (Retes *et al.* 2015).

Según López *et al.* (2011) el ciclo fenológico del algodón incluye las siguientes fases: 1) Fase vegetativa, que va desde la emergencia hasta la aparición de la tercera y quinta hoja verdadera; 2) Fase

reproductiva, que va desde la aparición de los primeros pimpollos florales hasta la formación y desarrollo del fruto y 3) Fase de maduración, que va desde la apertura de las cápsulas, hasta que las fibras se noten plenamente.

Este cultivo es típico de las zonas cálidas; el ambiente juega un papel importante en el desarrollo de las plantas, en el caso de la germinación de la semilla se produce cuando se alcanza una temperatura superior a los 14°C, siendo el óptimo de germinación de 20°C; para la floración se necesita una temperatura media de 20 a 30°C y para la maduración de la cápsula se necesita una temperatura de entre 27 y 30°C (Adare *et al.* 2016).

5.2 Fertilización

La fertilización, es una práctica necesaria a fin de elevar los rendimientos de los cultivos, mejorar la eficiencia de uso de los recursos que brinda el ambiente y corregir deficiencias nutricionales en suelos asignados a la producción agrícola. Existen dos tipos de fertilización: inorgánica y orgánica; la primera ha sido la más frecuente en los sistemas de producción agrícola, no obstante, en los últimos años se ha ido promoviendo la agricultura orgánica, ya que la misma se basa en procesos ecológicos, diversidad biológica y ciclos adaptados a condiciones locales, en lugar del uso de insumos con efectos adversos (Cázares *et al.* 2019). A través de buena gestión del suelo y la biodiversidad, las fincas pueden ser cada vez más autosuficientes en fertilidad, mientras que los problemas de plagas disminuyen (Trujillo 2015).

5.3 Fertilización nitrogenada en el cultivo de algodón

La fertilización nitrogenada presenta un sin número de beneficios a los cultivos entre éstos tenemos los siguientes: obtener el máximo rendimiento con la menor dosis de fertilizante, reducir el tiempo y necesidades de energía en las aplicaciones, además de esto también presentan una elevada concentración y una baja humedad, estos dos factores generan una reducción de los costos para el transporte, su aplicación y manejo de forma general. Su solubilidad presenta la ventaja de que el nitrógeno está más rápidamente disponible para las plantas (Cázares *et al.* 2019).

Los fertilizantes inorgánicos que más se utilizan para cubrir las exigencias nutricionales de nitrógeno son: urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, fosfato diamónico, nitrato potásico. La fertilización nitrogenada tiene como objetivo satisfacer las necesidades de nitrógeno que tiene el cultivo mediante el aporte de fuentes orgánicas o inorgánicas que puedan complementar lo que el mismo suelo es capaz de suministrar gracias a su fertilidad (Milian *et al.* 2014).

La aplicación de soluciones foliares con N al inicio de la floración del algodón, a intervalos semanales o quincenales, incrementan la producción al prevenir las pérdidas de rendimiento asociadas con deficiencias

de N. En el cultivo de algodón se considera que aproximadamente se necesitan 150 kg de N. ha⁻¹ para producir una tonelada de fibra de algodón (Melgar 2011).

5.4 Fertilización orgánica

El empleo de diferentes fuentes de abono orgánico (humus, compost, cachaza, estiércol, etc), permite la reducción de la dosis de fertilizantes mineral sin afectaciones considerables en el rendimiento de los cultivos, el cual muchas veces supera los obtenidos cuando se utiliza fertilización química y en muchas ocasiones superando los rendimientos obtenidos por la vía convencional. Los beneficios del estiércol al suelo son conocidos: aumento en los niveles de nutrimentos del suelo, mejora su estructura y conductividad hidráulica, incremento en la actividad microbiana (Milian *et al.* 2014).

El desarrollo de los cultivos se sostiene en la capacidad que posee el suelo para facilitar la cantidad de nutrientes necesarios para su normal desarrollo. La disponibilidad de los nutrientes depende generalmente de muchos factores, siendo determinante el contenido y la calidad de MO para que los cultivos se desarrollen y el suelo mantenga buena humedad (Mesa *et al.* 2015).

El uso de materia orgánica se ha transformado en la base fundamental para el progreso de agricultura orgánica, la MO del suelo contiene cerca del 5% del N total, y a su vez contiene elementos fundamentales para el desarrollo de las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre, etc. (Julca *et al.* 2006).

Milian *et al.* (2014) manifiestan que la utilidad de los microorganismos eficientes está en su bajo costo, su uso es seguro, fácil manejo, amigable para el medio ambiente. Al ser un producto orgánico sin manipulación genética, son bien aceptados en unidades de producción con fines agrícolas. Las preparaciones de ME incluyen poblaciones de bacterias del ácido láctico y levaduras y un número menor de bacterias fitotróficas, hongos fibrosos y actinomicetos. Se han reportado efectos beneficiosos de la aplicación de ME en suelos, plantas y agua.

En la actualidad se tiene conocimiento de que los microorganismos eficientes mejoran el crecimiento y el rendimiento de los cultivos incrementando la fotosíntesis, mediante la producción de sustancias bioactivas como: hormonas y enzimas, ayudando a controlar enfermedades que son provocadas por patógenos del suelo (Cheng y Yingchun 2012).

Mesa *et al.* (2015) encontraron que los ME provocan un efecto positivo sobre el desarrollo en papaya (*Carica papaya* L.), ya que debido a la aplicación de éstos se observó un incremento del área foliar y de la tasa fotosintética, con el consecuente aumento en la acumulación de fotosintetizados en la planta; asimismo, se evidenció una reducción en los daños provocados por quemadura solar.

En una investigación conducida por Gutiérrez *et al.* (2012) en maíz y en tomate, estos autores observaron un mejor crecimiento cuando aplicaron ME con lo cual mejoró la producción de follaje y el enraizamiento, y además se observó que el mejor crecimiento vegetativo en ambos cultivos se obtuvo cuando se adicionó ME.

5.5 Respuesta del algodón ante la fertilización

El algodón (*G. hirsutum*), requiere de una buena disponibilidad de nutrientes en el suelo, o en su defecto, que las deficiencias sean corregidas por medio de una adecuada fertilización, el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son los principales elementos requeridos por el algodón y este cultivo extrae unos 150 kg.ha⁻¹ de N, 20 kg.ha⁻¹ de P y 35 kg.ha⁻¹ de K para producir unos 2.500 kg.ha⁻¹ de fibra de algodón. En virtud de lo anterior es importante realizar una aplicación oportuna y acorde a la etapa de desarrollo (Montenegro 2012).

Díaz y Lizarazo (2016) han señalado que las plantas pueden absorber N como NO₃⁻ o NH₄⁺. La absorción de N como NH₄⁺ también puede ocurrir en la etapa temprana del crecimiento. Al avanzar el estado de crecimiento la planta absorbe paulatinamente más NO₃⁻.

Las variedades de gran masa foliar requieren una mayor cantidad de N que las variedades precoces y de poco desarrollo vegetativo. El rendimiento de algodón depende en gran proporción de la cantidad de biomasa producida y de la eficiencia con que ésta es asignada a las estructuras reproductivas, lo cual es medido mediante el índice de cosecha (Gutiérrez *et al.* 2012).

Melgar (2011) asegura que las aplicaciones foliares de nitrógeno deberían empezar luego del inicio de floración, pudiendo continuar hasta la sexta semana después de este momento. A pesar de no contar con una recomendación precisa de número de aplicaciones foliares, se han comprobado buenos resultados con aplicaciones semanales o semana de por medio, con dosis entre 5 y 10 kg de N. ha⁻¹ en forma de urea comenzando en la primera floración.

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1 Ubicación del ensayo

El experimento se realizó en el año 2019 bajo condiciones de campo abierto en la Estación Experimental “La Teodomira”, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, Ecuador. Geográficamente localizada a 01°09´ de latitud sur y 80°21´ de longitud oeste y una altitud de 60 msnm.

Características climatológicas

Pluviosidad anual: 682,50 mm

Heliofania anual: 1.354 horas luz

Temperatura promedio: 25.39°C

Evaporación anual: 1.625,40 mm

Nubosidad: 6/8

6.2 Material vegetal

El material vegetal que se estudió provino de semillas de algodón de la variedad DP ALCALA 90.

6.2 Tratamientos que se utilizó KgN.ha⁻¹

Fuentes Nitrogenadas	Dosis de N kg de N.ha ⁻¹	Bioestimulante (Microorganismos eficientes)
Materia Orgánica: estiércol de bovino (MO)	50 kg de N. ha ⁻¹	Con aplicación (CME): 2,5 L ha ⁻¹
Urea (U)	100 kg de N. ha ⁻¹	
	150 kg de N. ha ⁻¹	Sin aplicación (SME)
	200 kg de N. ha ⁻¹	

TRATAMIENTOS:

1. A1 B1 C1= MO +50 kg de N. ha⁻¹+CME
2. A1 B1 C2= MO +100 kg de N. ha⁻¹+CME
3. A1 B1 C3= MO +150 kg de N. ha⁻¹+CME
4. A1 B1 C4= MO +200 kg de N. ha⁻¹+CME
5. A2 B1 C1= U +50 kg de N. ha⁻¹+CME
6. A2 B1 C2= U +100 kg de N. ha⁻¹+CME
7. A2 B1 C3= U +150 kg de N. ha⁻¹+CME

8. **A2 B1 C4**= U +200 kg de N. ha⁻¹+CME
9. **A1 B2 C1**= MO +50 kg de N. ha⁻¹+SME
10. **A1 B2 C2**= MO +100 kg de N. ha⁻¹+SME
11. **A1 B2 C3**= MO +150 kg de N. ha⁻¹+SME
12. **A1 B2 C4**= MO +200 kg de N. ha⁻¹+SME
13. **A2 B2 C1**= U +50 kg de N. ha⁻¹+SME
14. **A2 B2 C2**= U +100 kg de N. ha⁻¹+SME
15. **A2 B2 C3**= U +150 kg de N. ha⁻¹+SME
16. **A2 B2 C4**= U +200 kg de N. ha⁻¹+SME

6.3 Diseño experimental

Se evaluaron 16 tratamientos utilizando el diseño experimental de bloques completamente al azar en arreglo factorial, 2x4x2 con dos fuentes nitrogenadas (materia orgánica y urea), en cuatro dosis con o sin aplicación de ME.

Área del ensayo total: 2.688 m² (48 m x 56 m)

- Parcela experimental: 36 m² (6 m x 6 m)
- Área útil de parcela: 20,8 m² (5,0 m x 4 m)
- Área útil total del experimento: 1.331,2 m² (20,8m x 64m)
- Distanciamiento entre plantas: 0,40 m
- Distanciamiento entre hileras: 1 m
- Distanciamiento entre repeticiones: 2 m
- Número de tratamientos: 16
- Números de repeticiones: 4
- Unidades experimentales: 64

(Ver croquis de campo en anexo 1).

6.4 Manejo del ensayo

Siembra.

Se sembró entre hileras de 1 m y 0,40 m entre plantas y procedió a colocar 2 semillas por punto.

Fertilización

Se aplicaron dos fuentes nitrogenadas (materia orgánica y urea) con microorganismos eficientes en diferentes dosis de nitrógeno la primera aplicación se realizó a los 15 días después de la emergencia y la segunda se realizó a los 45 días después de la emergencia.

Control de plagas y enfermedades

Se aplicaron insecticidas y fungicidas, dependiendo del grado de incidencia de plagas o enfermedades, con el fin de tener datos con un margen de error mínimo y evitando que problemas externos a la investigación influyan en los resultados.

Riego.

El riego que se utilizó fue por goteo el mismo se aplicó de acuerdo a los requerimientos hídricos del cultivo.

6.5 Variables evaluadas

Todas las variables se determinaron a los 70 días después de la siembra, en 8 plantas seleccionadas al azar por cada repetición para un total de 32 plantas/tratamiento.

6.5.1 Contenido relativo de clorofila (Valor SPAD)

Se midió el contenido relativo de clorofila en la hoja ubicada en el cuarto nudo, en sentido ápice-base, de cada planta; para ello se utilizó un medidor SPAD con el cual se determinó el contenido relativo de clorofila (Unidades SPAD), en cuatro posiciones distintas de la hoja y después se obtuvo el valor promedio para esa hoja.

6.5.2 Altura de planta

Se determinó utilizando una cinta métrica, la altura desde el ras del suelo hasta el último nudo del tallo principal y se expresó en cm.

6.5.3 Diámetro del tallo

En cada planta se midió, en mm, el diámetro del tallo a 5 cm sobre la superficie del suelo.

6.5.4 Número de hojas y área foliar

En cada planta se contó el número de hojas. Seguidamente, en cada hoja se separó el pecíolo de la lámina foliar y esta última porción se llevó a estufa a 70°C por aproximadamente 3 días. El área foliar se estimó por el método del disco recomendado por Vidal (2012) para algodón y el cual consiste en recolectar

hojas del estrato medio de las plantas y extraer de éstas cilindros de área conocida los cuales luego se llevaron a estufa a 70°C hasta peso constante y se determinó su peso seco. De esta manera se obtuvo una relación peso/área foliar. Este procedimiento se efectuó previamente a la cosecha de las plantas.

6.5.5 Volumen de raíces

El volumen de raíces fue medido por el método de desplazamiento de volúmenes descrito por Böhm (1979) para lo cual se utilizó un cilindro graduado donde se colocó el sistema radical de cada planta y se midió el volumen de agua desplazado por las raíces.

6.5.6 Peso seco de raíz, tallo y hojas

En cada planta se separó la raíz, el tallo y las hojas; cada componente se colocó en funda de papel, se secó en estufa a 70°C por 72 horas y posteriormente se tomó el peso seco (g) con la ayuda de una balanza analítica.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Volumen de raíces, altura de planta y diámetro del tallo

Tal como se muestra en la Tabla 1, al considerar los factores simples, el volumen de raíces fue significativamente mayor cuando la fertilización nitrogenada se realizó con urea, sin diferencia significativa para dosis ni para la utilización de ME y el mismo comportamiento se observó para altura y diámetro de tallo.

Tabla 1. Valores promedio de volumen radical, altura de planta y diámetro de tallo en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando los factores simples.

VARIABLES						
FUENTES	VR (cm ³)		AL (cm)		DT (mm)	
Materia orgánica	10,3	b	41,4	b	5,73	b
Urea	14,4	a	50,4	a	7,33	a
Dosis						
KgN.ha⁻¹						
50	12,9	a	45,4	a	6,4	a
100	11,2	a	43,7	a	6,3	a
150	12,4	a	48,8	a	6,9	a
200	12,9	a	45,8	a	6,5	a
ME						
CME	12,6	a	46,1	a	6,6	a
SME	12,0	a	45,7	a	6,5	a
CV	19,4		15,7		13,7	

Para cada factor, letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$) CV: coeficiente de variación; VR: volumen de raíz; AL: altura de planta; DT: diámetro del tallo; CME: con microorganismo eficientes; SME: sin microorganismos eficientes.

Al considerar la interacción fuente x dosis (Tabla 2), para el caso de volumen de raíces, se observó que el promedio de esta variable fue significativamente mayor cuando se aplicó nitrógeno en forma de urea en dosis de 200 Kg N.ha⁻¹, sin diferencia significativa respecto a las restantes dosis de este fertilizante, mientras que cuando se utilizó materia orgánica el mayor valor para esta variable se observó con la dosis de 50 kgN.ha⁻¹, siendo éste similar al obtenido con las distintas dosis de urea y con las dosis restantes de MO.

La altura de planta fue significativamente mayor cuando la fertilización nitrogenada se realizó con urea en dosis de 150 kgN.ha⁻¹, sin diferencia respecto a las dosis restantes de este fertilizante; cuando a la fuente nitrogenada de materia orgánica, esta variable fue significativamente menor que para la urea, pero con diferencia significativa solo para el tratamiento ya indicado. En cuanto al diámetro del tallo, los resultados obtenidos fueron similares a los ya descritos para altura de planta.

En cuanto a la interacción fuente x ME (Tabla 2), se pudo evidenciar que las tres variables antes mencionadas tuvieron un valor significativamente mayor cuando se aplicó urea como fuente nitrogenada, sin diferencia entre las medias correspondientes con la adición o no de ME, mientras que cuando se utilizó materia orgánica la media para cada una de estas variables fue menor, respecto a la obtenida con urea, siendo igualmente similares con y sin aplicación de ME, todo lo cual indica que independientemente de la fuente nitrogenada, la adición de microorganismos eficientes no tuvo efecto sobre el volumen radical, la altura de planta y el diámetro de tallo.

Para el caso de la interacción dosis x ME, las medias para volumen radical, altura de planta y diámetro de tallo fueron similares para las distintas dosis nitrogenadas, con y sin aplicación de microorganismos eficientes, lo que sugiere que independientemente de la dosis, no se observó efecto de la aplicación de ME sobre estas tres variables

Tabla 2. Valores promedio de volumen radical, altura de planta y diámetro de tallo en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando la interacción de dos factores.

VARIABLES							
FUENTES	DOSIS Kg N.ha ⁻¹	VR (cm ³)		AL (cm)		DT (mm)	
MO	50	11,7	abcd	42,8	b	5,9	bcd
MO	100	9,4	d	39,1	b	5,5	d
MO	150	10,3	bcd	42,2	b	5,8	cd
MO	200	9,8	cd	41,6	b	5,7	cd
U	50	14,1	abc	47,9	ab	6,9	abcd
U	100	12,9	abcd	48,3	ab	7,1	abc
U	150	14,6	ab	55,4	a	8,0	a
U	200	15,9	a	50,0	ab	7,3	ab
F	ME						
MO	CME	11,3	b	43,0	bc	5,9	b
MO	SME	9,3	b	39,9	c	5,5	b
U	CME	14,0	a	49,3	ab	7,2	a
U	SME	14,8	a	51,5	a	7,5	a
Dosis kgN.ha ⁻¹	ME						
50	CME	12,5	a	42,9	a	6,2	a
100	CME	12,3	a	43,9	a	6,2	a
150	CME	12,4	a	51,4	a	7,3	a
200	CME	13,3	a	46,3	a	6,5	a
50	SME	13,3	a	47,8	a	6,6	a
100	SME	10,0	a	43,4	a	6,4	a
150	SME	12,5	a	46,1	a	6,6	a
200	SME	12,4	a	45,4	a	6,5	a
CV		19,4		15,7		13,7	

Para cada factor, letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$) CV: coeficiente de variación; VR: volumen de raíz; AL: altura de planta; DT: diámetro del tallo; MO: materia orgánica; U: urea; F: fuentes; CME: con microorganismo eficientes; SME: sin microorganismos eficientes.

En la Figura 1 se muestra el promedio de volumen radical considerando la interacción de los tres factores bajo estudio; tal como allí se observa, el mayor promedio para esta variable se observó en el tratamiento con nitrógeno en forma de urea con 200 Kg N.ha⁻¹ SME, sin diferencia significativa respecto a los demás tratamientos en los que se aplicó urea, con o sin ME, en todos los tratamientos probados las medias fueron similares, excepto en los tratamientos con MO en dosis de 100, 150 y 200 Kg N.ha⁻¹ SME en los que la media fue significativamente menor, siendo la misma similar para estos tres tratamientos, lo cual indica que independientemente de la fuente, la adición o no de microorganismos eficientes no tuvo efecto sobre el volumen radical.

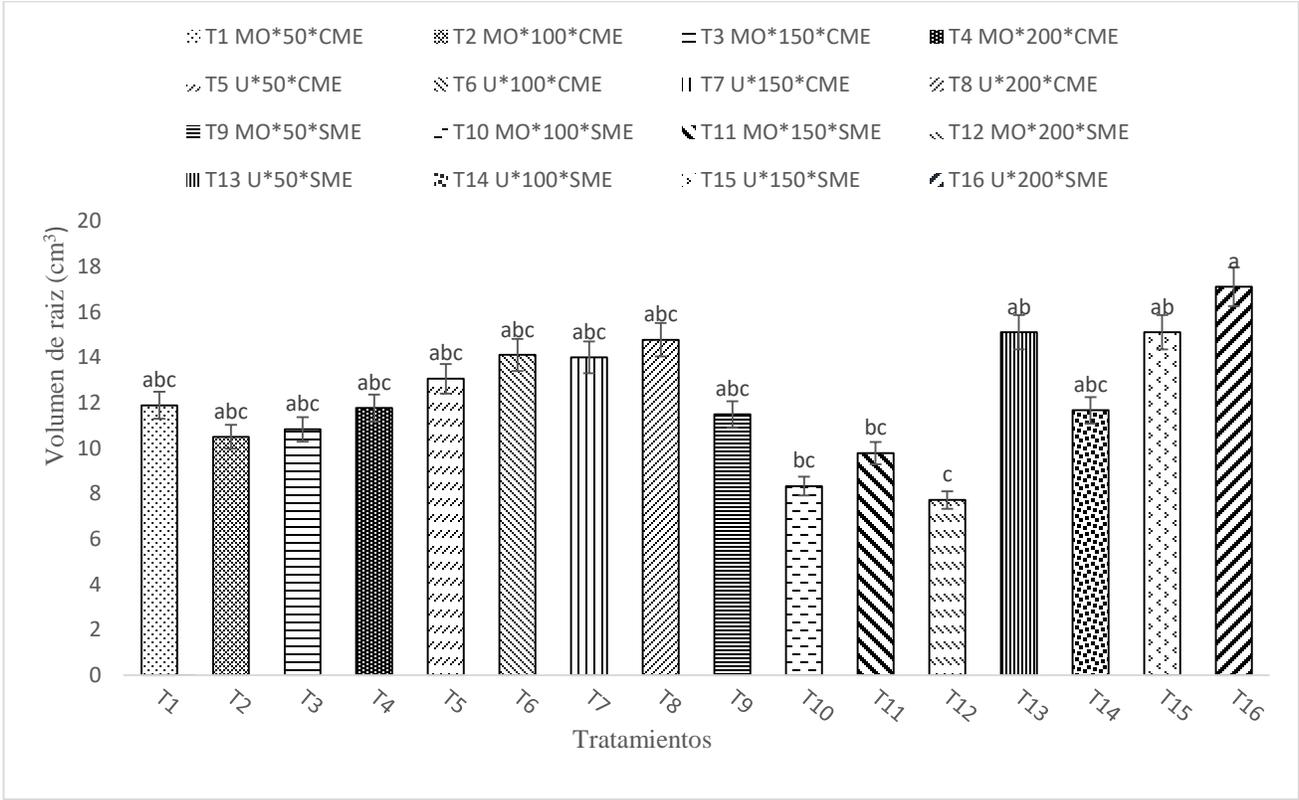


Figura 1. Valores promedio de volumen radical en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹.

En cuanto a la altura de planta, al analizar el comportamiento de la interacción entre los tres factores bajo estudio (Figura 2), se pudo evidenciar que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, lo cual indica que la media de esta variable no fue afectada por la interacción de los mismos. Con respecto al diámetro promedio del tallo (Figura 3), la media para esta variable fue similar entre los distintos tratamientos, excepto en aquellos en los que la fuente nitrogenada fue materia orgánica en dosis de 100 KgN.ha⁻¹ CME y en los que se utilizó materia orgánica en las cuatro dosis SME, siendo la media significativamente menor y similar en todos estos cinco tratamientos. Estos resultados se asemejan a los de Monsalve *et al.* (2009) quienes evaluaron el efecto de la aplicación de cuatro concentraciones de nitrógeno (50, 100, 150 y 200 mg. L⁻¹) sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional de plantas de *Eucalyptus globulus*, obteniendo los mejores resultados al fertilizar con la dosis de 200 mg. L⁻¹, ya que produce plantas con un mayor potencial de crecimiento radical y mejores atributos morfológicos de altura de planta y área foliar. Así mismo Betancourt (1998) evaluó dosis de nitrógeno de 0 kg. ha⁻¹; 60 kg. ha⁻¹ ; 80 kg. ha⁻¹ ; 100 kg. ha⁻¹ el comportamiento del maíz (*Zea mays* L) y la respuesta a la fertilización nitrogenada obteniendo como resultado que la dosis de 100kg N ha⁻¹ inorgánico influyeron sobre el incremento de diámetro de tallo en el cultivo de maíz, lo cual no se observó en el presente estudio.

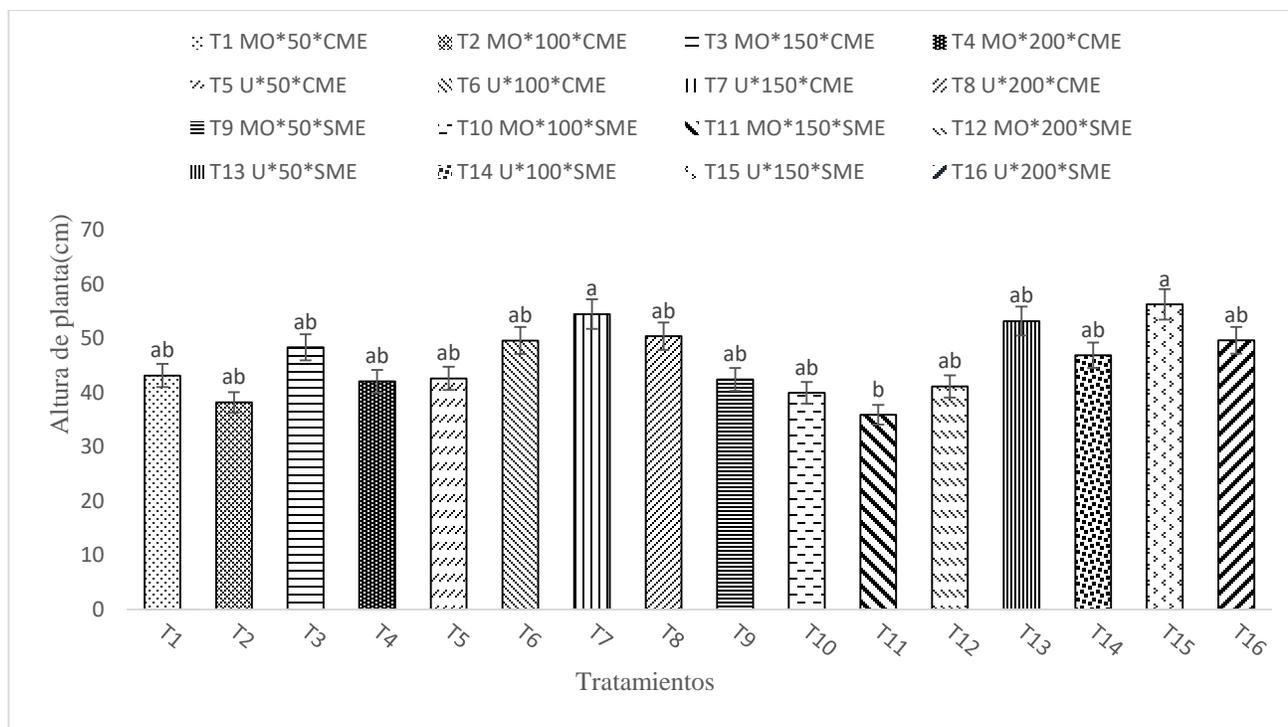


Figura 2. Valores promedio de altura en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹.

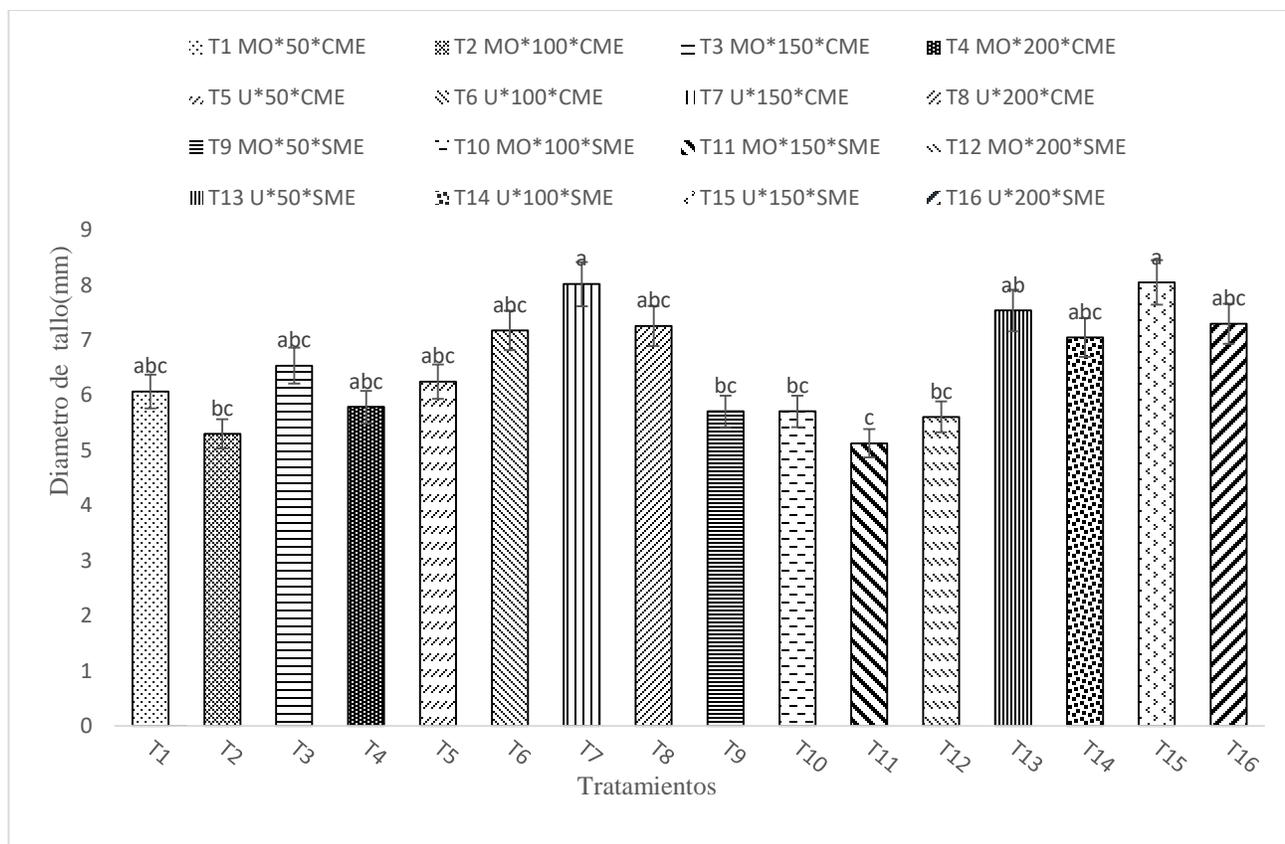


Figura 3. Valores promedio de diámetro de tallo en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹.

La respuesta de volumen radical, altura de planta y diámetro de tallo concuerdan con los resultados de Yamada (2003) donde indica que el nitrógeno incrementa el volumen del sistema radical en café catarra (*Coffea arabica*). Así mismo Montejo *et al.* (2018) indican que en el cultivo de maíz bajo fertilización biológica y química en campo abierto las plantas a los 60 DDS obtuvieron mayor altura, las mismas fueron las que estuvieron relacionadas con la fertilización química 100%.

Referente al promedio de volumen radical considerando la interacción de los tres factores bajo estudio figura 1 el mayor promedio para esta variable se observó en el tratamiento con nitrógeno en forma de urea con 200 Kg N.ha⁻¹ SME, estos resultados son similares a los obtenidos por Monsalve (2009) donde se evaluó el efecto de la aplicación de cuatro concentraciones de nitrógeno (50, 100, 150 y 200 mg L⁻¹) sobre atributos

morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional de plantas de *Eucalyptus globulus* concluyendo para el caso de potencial de crecimiento radical, para las variables número de raíces nuevas y biomasa de raíces nuevas, se observó un aumento en la respuesta a medida que aumentó la concentración de nitrógeno en el medio de crecimiento, siendo el efecto de los tratamientos de 200 y 150 mg L⁻¹ de nitrógeno iguales entre sí, pero estadísticamente superiores a las respuestas obtenidas con las concentraciones de 100 y 50 mg L⁻¹. En cuanto al uso de ME estos resultados fueron diferentes a los descritos por Prisa (2019) donde se avaluó el uso de microorganismos eficientes en tres grupos: 1) sin ME regado con agua y sustrato previamente fertilizado; 2) con melaza de caña de azúcar y sustrato fertilizado; y 3) con microorganismos efectivos (ME) y sustrato fertilizado, como promotores de desarrollo radicular en la germinación de *Kalanchoe daigremontuana* en donde las plantas tratadas con ME mostraron un aumento significativo en altura de planta y volumen radical.

7.2 Número de hojas, área foliar e índice de clorofila

En la Tabla 3 se muestra la media para número de hojas, área foliar, e índice de clorofila considerando los tres factores simples; tal como allí se observa, al analizar la fuente nitrogenada en las dos primeras variables el promedio fue significativamente mayor cuando la fertilización se realizó con urea, mientras que en el caso del índice de clorofila las medias fueron similares para las dos fuentes probadas. Número de hojas, la media fue mayor y similar para las dosis de 100, 150 y 200 kg N.ha⁻¹, mientras que para 50 kg N.ha⁻¹ el promedio fue significativamente menor. En cuanto al efecto del factor dosis, para área foliar el promedio fue menor con 200 kg.N.ha⁻¹ y mayor para las otras tres dosis sin diferencia entre ellas; respecto al índice de clorofila la menor media se obtuvo con la dosis de 100 kg N.ha⁻¹, mientras que para las dosis restantes ésta fue mayor sin diferencia significativa entre las mismas. En cuanto al uso de microorganismos eficientes solo se obtuvo diferencia significativa para el área foliar, siendo esta mayor para el tratamiento CME.

Tabla 3. Valores promedio de volumen radical, altura de planta y diámetro de tallo en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando los factores simples.

VARIABLES						
FUENTES	NH		AF		IC	
			(cm²)		(u. spad)	
Materia orgánica	39,6	b	592,4	b	50,3	a
Urea	44,3	a	794,2	a	51,3	a
Dosis						
KgN.ha⁻¹						
50	39,6	b	707,3	a	50,0	ab
100	40,5	ab	707,5	a	50,0	b
150	45,8	a	804,6	a	51,0	ab
200	42,1	ab	553,6	b	52,0	a
ME						
CME	42,2	a	820,5	a	50,8	a
SME	41,8	a	565,9	b	50,6	a
CV	14,5		13,9		4,2	

Letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$) CV: coeficiente de variación; NH: número de hojas; AF: área foliar; IC: índice de clorofila; MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismo eficientes; SME: sin microorganismos eficientes.

En la Tabla 4 se muestra el comportamiento de las variables número de hojas, área foliar e índice de clorofila para la interacción de dos factores. En el caso de la interacción fuente x dosis solo se obtuvo diferencia significativa entre los tratamientos en el caso de número de hojas y área foliar; en el primer caso, las mayores medias correspondieron a los tratamientos donde la fuente nitrogenada fue urea en las dosis de 150 y 200 kg N.ha⁻¹, sin diferencia significativa respecto a las restantes combinaciones excepto, para los tratamientos con MO 50 y 200 kg N.ha⁻¹ donde el promedio fue menor. En cuanto al área foliar, el mayor promedio se obtuvo para la combinación urea 150 kg N.ha⁻¹, seguida por los tratamientos con urea a 50 y 100 kg N.ha⁻¹, mientras que para las restantes combinaciones la media fue significativamente menor sin diferencia entre ellas.

Al considerar la interacción fuente x ME, tampoco diferencia significativa en el caso del índice de clorofila; en cuanto al número de hojas, el mayor promedio correspondió a la combinación de urea sin ME sin diferencias significativas respecto a las otras combinaciones, exceptuando la combinación de MO SME donde la media fue menor. En cuanto al área foliar, la media más alta se obtuvo con la combinación de urea con ME y la menor media correspondió al tratamiento con MO SME, mientras que en las restantes combinaciones la media tuvo un valor intermedio sin diferencia significativa entre éstos.

En cuanto a la combinación dosis x microorganismos eficientes, no hubo diferencia significativa para el índice de clorofila, pero sí para número de hojas y área foliar; en el primer caso, el mayor promedio correspondió a la dosis de 150 kg N.ha⁻¹ CME, sin diferencia significativa respecto a las restantes combinaciones, excepto para los tratamientos con 50 y 100 kg N.ha⁻¹ CME en los cuales la media de esta variable fue menor. En relación al área foliar el mayor promedio se obtuvo con la combinación 100 KgN.ha⁻¹ CME, mientras que la menor media correspondió al tratamiento con 200 kg N.ha⁻¹; las combinaciones restantes tuvieron medias con valor intermedio para esta variable.

Tabla 4. Valores promedio de número de hojas, área foliar e índice de clorofila en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando la interacción de dos factores

VARIABLES								
FUENTES	DOSIS Kg N.ha ⁻¹	NH (Nº)		AF (cm ²)		IC (u. spad)		
MO	50	38,4	b	612,5	c	49,9	a	
MO	100	41,8	ab	605,1	c	49,8	a	
MO	150	43,0	ab	582,0	c	50,4	a	
MO	200	35,4	b	569,9	c	51,1	a	
U	50	40,8	ab	802,1	b	50,2	a	
U	100	39,3	ab	810,0	b	50,2	a	
U	150	48,6	a	1027,3	a	51,6	a	
U	200	48,8	a	537,4	c	53,0	a	
F	ME							
MO	CME	42,3	ab	751,6	b	50,0	a	
MO	SME	37,0	b	433,1	c	50,5	a	
U	CME	42,1	ab	889,6	a	51,8	a	
U	SME	46,6	a	698,7	b	50,7	a	
Dosis kgN.ha⁻¹	ME							
50	CME	35,5	b	748,0	ab	50,0	a	
100	CME	40,1	b	924,6	a	50,4	a	
150	CME	49,9	a	798,9	ab	51,2	a	
200	CME	43,3	ab	810,9	ab	52,0	a	
50	SME	43,6	ab	666,6	bc	50,1	a	
100	SME	40,9	ab	490,5	c	49,6	a	
150	SME	41,8	ab	810,4	ab	50,7	a	
200	SME	40,9	ab	296,3	d	52,1	a	
CV		14,5		13,9		4,2		

Para cada factor, letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$) CV: coeficiente de variación; NO: número de hojas; AF: área foliar; IN: índice de clorofila; MO: materia orgánica; U; urea; F: fuentes; CME; con microorganismo eficientes; SME: sin microorganismos eficientes.

En relación a la interacción triple, en la Figura 4 se muestra el comportamiento de la misma para el caso del número de hojas donde la media fue similar en todos los tratamientos, excepto en los que se aplicó nitrógeno en forma de urea en dosis de 50 kgN.ha⁻¹ CME y donde la fuente nitrogenada fue materia orgánica en dosis de 200 kg N. ha⁻¹ SME, en los cuales la media fue significativamente menor y similar en ambos tratamientos.

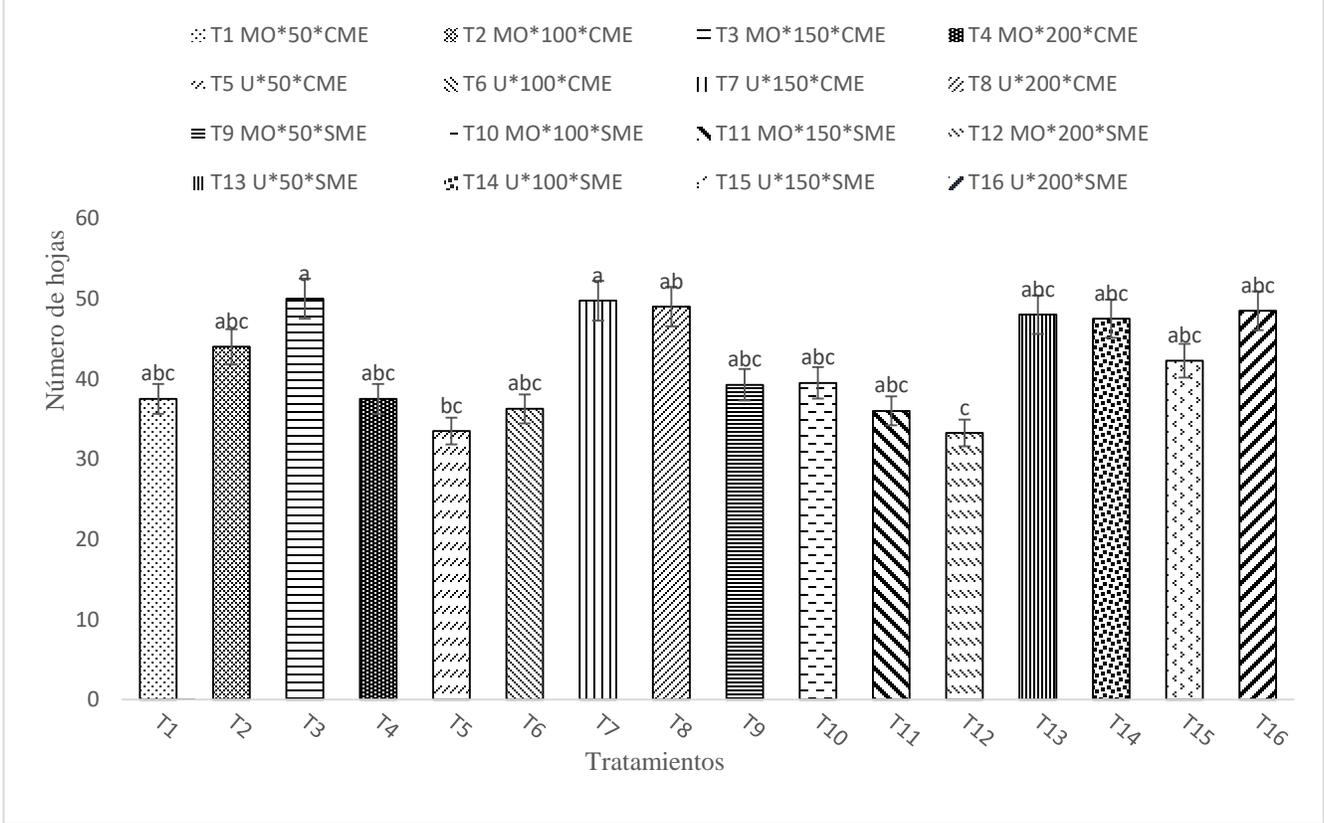


Figura 4. Valores promedio de número de hojas en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹.

En cuanto al promedio de área foliar (Figura 5) las medias más altas correspondieron a los tratamientos donde la fuente nitrogenada fue úrea, con o sin ME, excepto el tratamiento donde se aplicó 200 kg N.ha⁻¹ SME, donde se observó el menor promedio; en los tratamientos donde la fuente nitrogenada fue materia orgánica el comportamiento fue bastante variable entre los tratamientos, correspondiendo la media más alta al tratamiento con 100 Kg N.ha⁻¹ CME, mientras que los promedios más bajos fueron para los tratamientos en los que la materia orgánica no fue suplementada con ME. En lo que respecta al índice de clorofila (Figura 6), la interacción triple no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos.

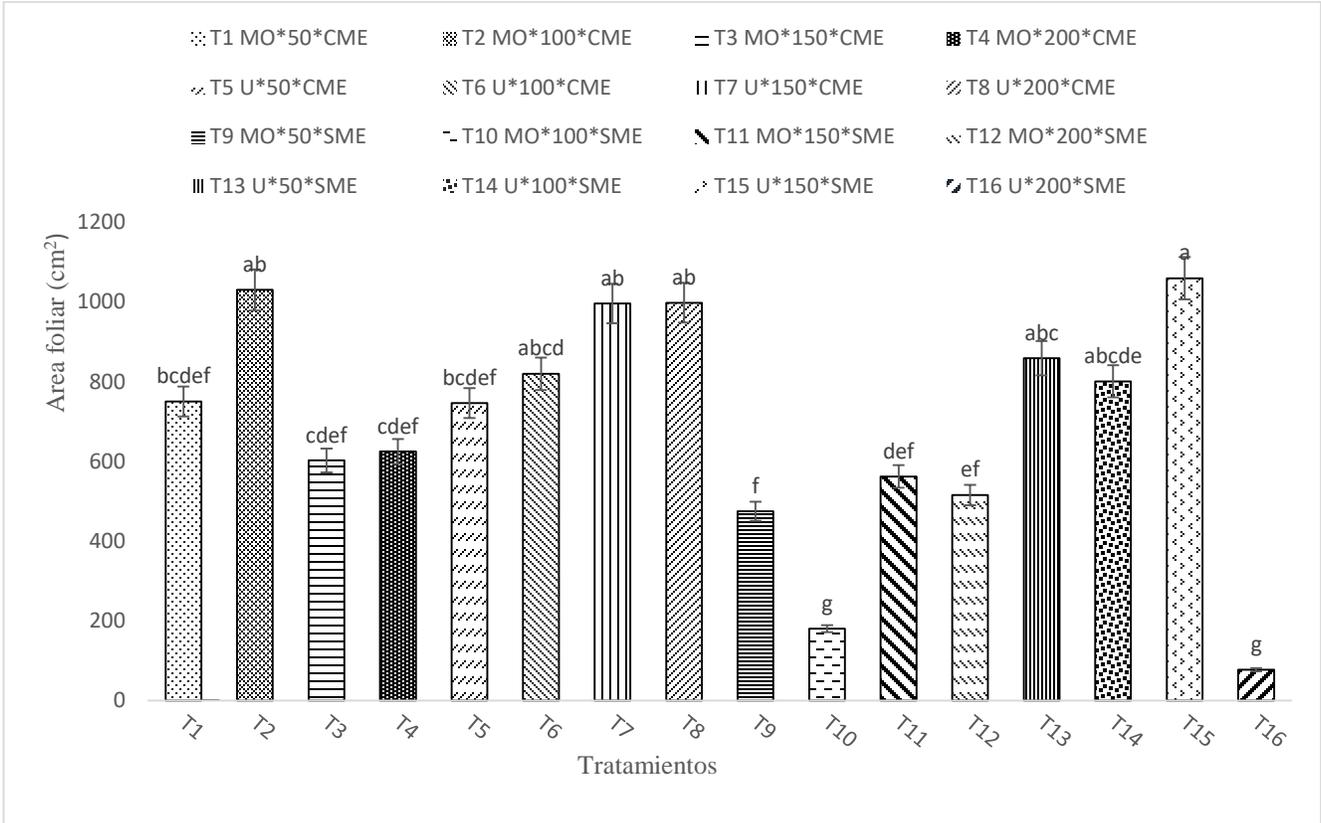


Figura 5. Valores promedio de área foliar en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹.

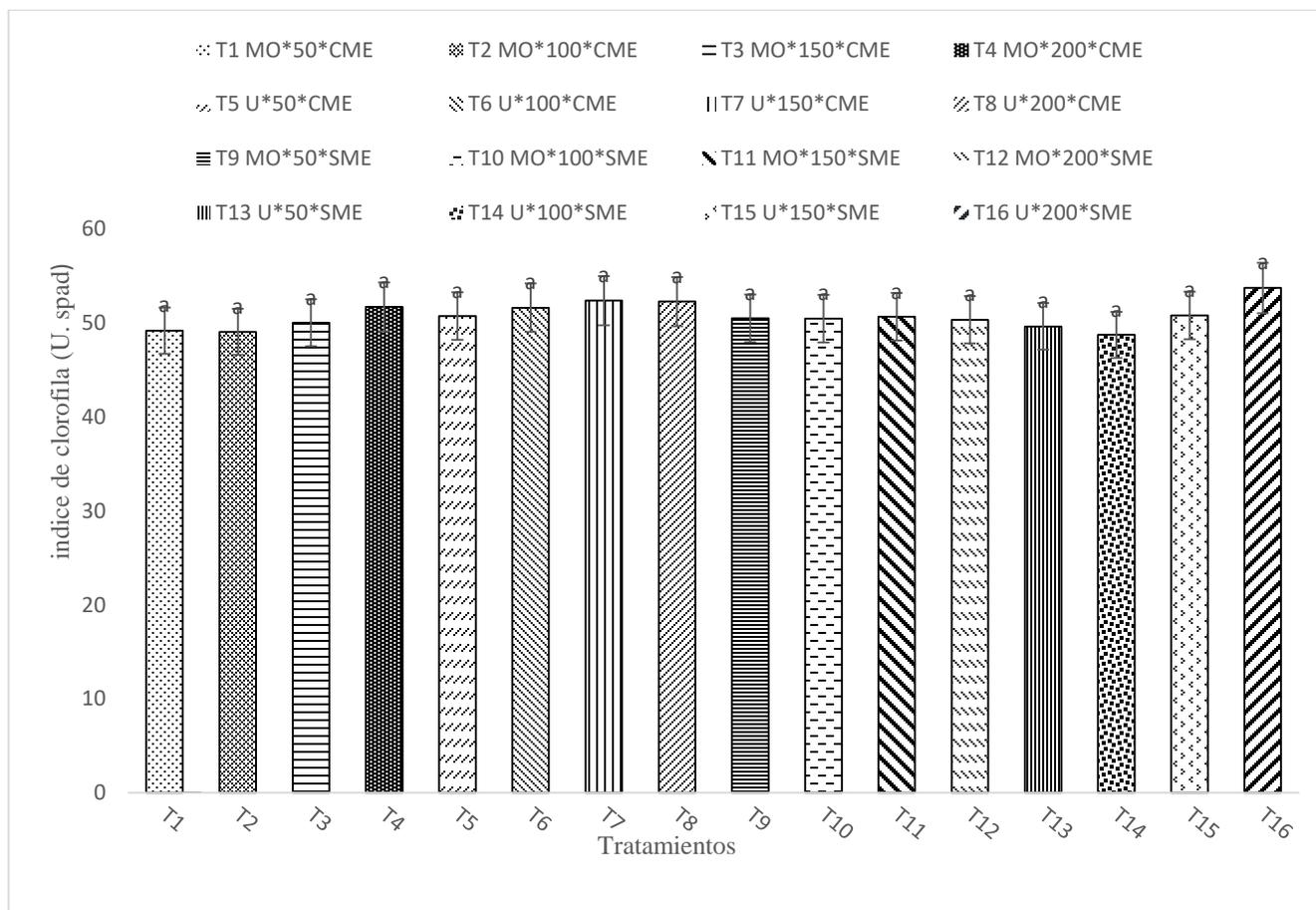


Figura 6. Valores promedio de índice de clorofila en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹.

Al analizar la fuente nitrogenada sobre las variables número de hojas y área foliar el promedio fue significativamente mayor cuando la fertilización se realizó con urea, dicho efecto se relaciona con lo descrito por Escalante (1999) quien indica que, en la mayoría de los cultivos, el N en forma de urea ocasiona incrementos en el área foliar (AF) y en el índice de área foliar (IAF). Así mismo Amaro *et al.* (2004) añade que a mayor dosis de N en forma de urea se incrementa el área foliar y el contenido de nitrógeno en hoja.

Para las variables número de hojas, área foliar e índice de clorofila para la interacción de dos factores el resultado se asemeja a los de Hernández *et al.* (2012) en el que las plantas fertilizadas con una dosis de 150 kg de N. ha⁻¹ quienes obtuvieron la mayor producción de biomasa foliar total. Así mismo Namvar *et al.*

(2018) expresan que la aplicación de N inorgánico en forma de urea aumentó el área foliar en el cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), además de que las plantas con N en forma de urea desde las primeras etapas de crecimiento mostraron índice y duración del área foliar. Así mismo Monsalve *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la aplicación de cuatro concentraciones de nitrógeno (50, 100, 150 y 200 mg L⁻¹) sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional de plantas de *Eucalyptus globulus* encontraron que el área foliar alcanzó su máximo valor al fertilizar con 200 mg L⁻¹. Según Morales *et al.* (2019) el suministro de N mejora el proceso fotosintético y, en consecuencia, se incrementa la duración del área foliar. Así mismo Rincón y Ligarreto, (2010) añaden que la clorofila en la hoja se encuentra relacionada con la concentración de N y, por lo tanto, refleja el estado nutricional con respecto a este importante nutriente. Para la síntesis de la clorofila, el N es de mucha importancia y como parte de esta molécula, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. En cuanto al uso de microorganismos sobre las variables incluidas en las Tablas 3 y 4 estos resultados coinciden con los descritos por Cheng (2012) quienes manifiestan que la aplicación de ME aumentó significativamente la biomasa área en trigo *Triticum spp*, así como la asimilación de otros nutrientes, además de N.

7.3 Peso seco de raíz, peso seco de tallo y peso seco de hojas

Tal como se refleja en la Tabla 5, al considerar los factores simples, se observa que para el factor fuente el peso seco de raíz, peso seco de tallo y peso de hojas fue significativamente mayor cuando la fertilización nitrogenada se realizó con urea. Con respecto al factor dosis, el mayor promedio se obtuvo con 150 Kg N.ha⁻¹, siendo las medias restantes similares, excepto para la dosis de 100 Kg N.ha⁻¹ donde la media fue menor. En cuanto al peso seco del tallo todas las medias fueron similares y en el caso del peso seco de hojas, las mayores medias se obtuvieron para 150 y 200 Kg N.ha⁻¹, mientras que los menores promedios se observaron a 50 y 100 kg N.ha⁻¹. Para aplicación de microorganismos eficientes no hubo efecto significativo para ninguna de estas tres variables.

Tabla 5. Valores promedio de peso seco de raíz, peso seco de tallo, peso seco de hoja en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando los factores simples.

FUENTES	VARIABLES					
	PSR (g)		PST (g)		PSH (g)	
Materia orgánica	2,5	b	11,1	b	10,0	B
Urea	3,9	a	16,4	a	15,8	A
Dosis KgN.ha⁻¹						
50	3,2	ab	15,1	a	11,6	B
100	2,8	b	12,7	a	11,7	B
150	3,5	a	13,7	a	15,0	A
200	3,0	ab	13,5	a	13,4	Ab
ME						
CME	3,3	a	14,3	a	14,3	A
SME	3,0	a	13,2	a	13,2	A
CV	17,4		19,4		13,7	

Para cada factor, letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$) CV: coeficiente de variación; PSR: peso seco de raíz; PST: peso seco de tallo; PSH: peso seco de hoja; MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismo eficientes; SME: sin microorganismos eficientes.

Al considerar la interacción fuente x dosis (Tabla 6), en el caso del peso seco de la raíz las medias más altas correspondieron a los tratamientos a base de urea en dosis de 100, 150 y 200 kg N.ha⁻¹, sin diferencia significativa entre ellos, seguidas de los tratamientos con a base de urea y materia orgánica ambos en dosis de 50 kg N.ha⁻¹, mientras que las medias más bajas correspondieron a los tratamientos a base de materia orgánica en dosis de 50, 100 y 150 Kg N.ha⁻¹. En cuanto al peso seco de tallo, las medias más altas se observaron en los tratamientos a base de urea sin diferencias significativas para las distintas dosis, ni respecto a la fertilización nitrogenada con materia orgánica en dosis de 50 Kg N.ha⁻¹ y las menores medias se observaron en los tratamientos a base de materia orgánica, sin diferencia significativa para las tres dosis restantes. En el caso del peso seco de hojas, las medias más altas se obtuvieron en los tratamientos con urea 150 y 200 Kg N.ha⁻¹, seguidos por los de urea 50 y 100 kg N.ha⁻¹ y las menores medias se observaron en los tratamientos de fertilización nitrogenada a base de materia orgánica. En cuanto a la interacción fuente x ME (Tabla 6), para las tres variables la media más alta se observó en los tratamientos a base de urea con o sin ME y las menores medias se obtuvieron con la fertilización nitrogenada a base de materia orgánica con o sin microorganismos eficientes. En relación a la interacción dosis x ME (Tabla 6) las medias fueron bastante similares para las tres variables consideradas

Tabla 6. Valores promedio de peso seco de raíz, peso seco de tallo, peso seco de hoja en plantas de algodón fertilizadas con dos fuentes de nitrógeno, en diferentes dosis, con ME (CME) o sin ME (SME), a los 70 días después de la siembra, considerando la interacción de dos factores.

VARIABLES							
FUENTES	DOSIS Kg N.ha ⁻¹	PSR (g)		PST (g)		PSH (g)	
MO	50	3,2	bc	15,4	ab	9,6	c
MO	100	1,8	d	9,0	c	9,8	c
MO	150	2,7	cd	11,4	bc	11,5	bc
MO	200	2,1	d	8,4	c	9,1	c
U	50	3,2	bc	14,7	ab	13,7	b
U	100	3,9	ab	16,4	ab	13,5	b
U	150	4,4	a	16,1	ab	18,4	a
U	200	4,0	ab	18,5	a	17,8	a
F	ME						
MO	CME	2,7	b	12,0	b	11,3	b
MO	SME	2,2	b	10,2	b	8,7	c
U	CME	3,9	a	16,7	a	15,2	a
U	SME	3,9	a	16,1	a	16,5	a
kgN.ha⁻¹	ME						
50	CME	3,2	ab	13,9	ab	11,9	b
100	CME	3,1	ab	13,7	ab	12,0	b
150	CME	3,9	a	16,5	a	15,5	a
200	CME	3,0	ab	13,3	ab	13,5	ab
50	SME	3,2	ab	16,3	a	11,4	b
100	SME	2,6	b	11,7	ab	11,3	b
150	SME	3,2	ab	11,0	b	14,4	ab
200	SME	3,1	ab	13,7	ab	13,4	ab
CV		17,4		19,4		13,7	

Para cada factor, letras distintas en cada columna, indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0.05$) CV: coeficiente de variación; PSR: peso seco de raíz; PST: peso seco de tallo; PSH: peso seco de hoja; MO: materia orgánica; U: urea; F: fuentes; CME: con microorganismo eficientes; SME: sin microorganismos eficientes.

En la Figura 7 se muestra el promedio de peso seco radical considerando la interacción de los tres factores bajo estudio; tal como allí se muestra, el mayor promedio para esta variable se observó en el tratamiento con nitrógeno en forma de urea con 150 Kg N.ha⁻¹ CME, sin diferencia significativa respecto a los demás tratamientos en los que se aplicó urea, con o sin ME, excepto el tratamiento con 50 Kg N.ha⁻¹ CME, donde el promedio de esta variable fue significativamente menor; para los tratamientos en los que se aplicó materia orgánica, la mayor media se obtuvo con 50 kg N.ha⁻¹ CME, mientras que en los tratamientos restantes la media fue menor sin diferencia significativa entre ellos.

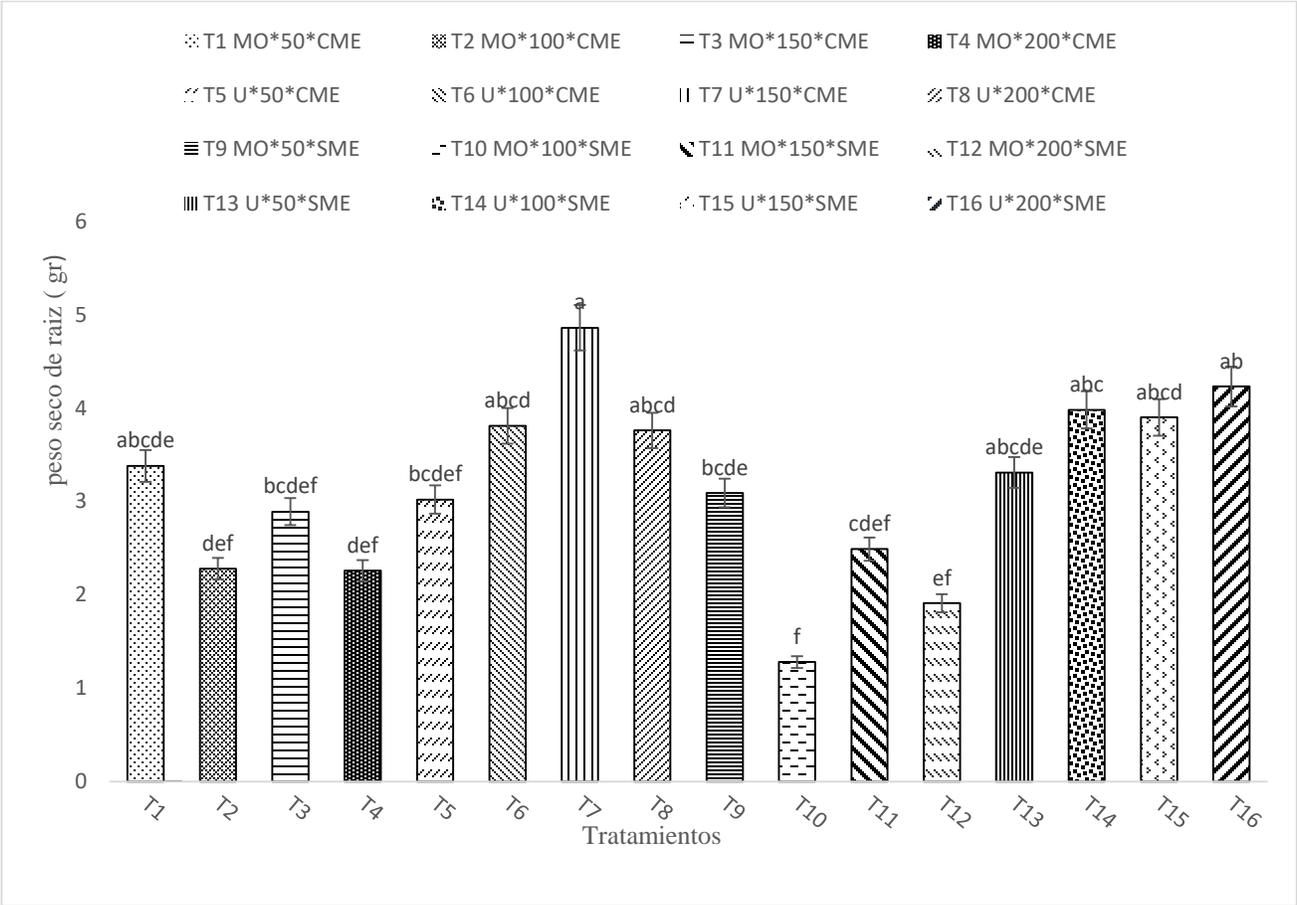


Figura 7. Valores promedio de peso seco de raíz plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹.

Al considerar el comportamiento de la interacción entre los tres factores bajo estudio en peso seco de tallo (Figura 8), se pudo constatar que el mayor promedio para esta variable correspondió a los tratamientos con nitrógeno en forma de urea sin diferencia para las distintas dosis ni para la aplicación o no de ME, excepto para el tratamiento con 50 kg N.ha⁻¹ CME donde la media fue menor para los tratamientos en los que se aplicó materia orgánica, la mayor media se obtuvo con 50 kg N.ha⁻¹ con y sin ME, mientras que en los tratamientos restantes la media fue menor sin diferencia significativa entre ellos, lo cual indica que independientemente de la dosis, la adición o no de ME, no tuvo efecto sobre peso seco de tallo.

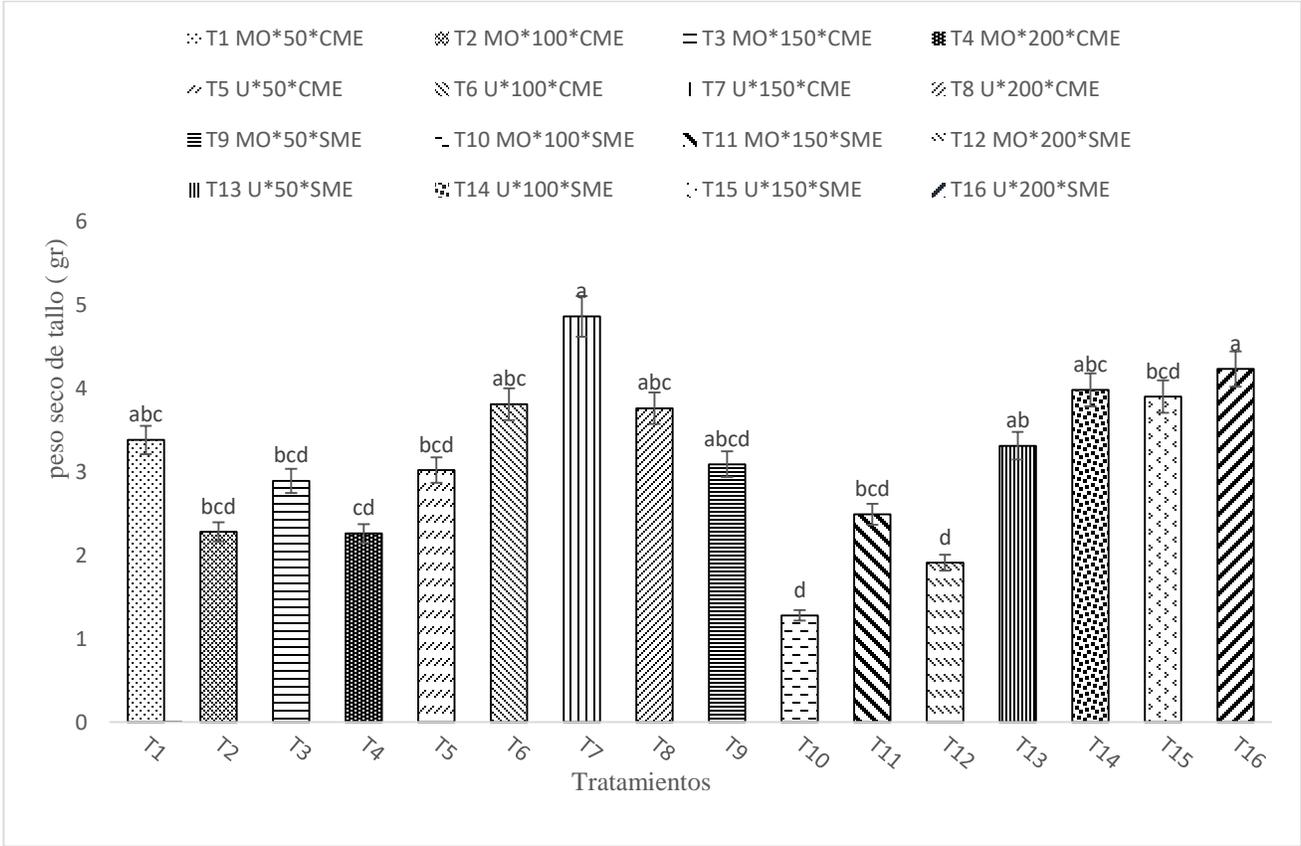


Figura 8. Valores promedio de peso seco de tallo en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹

Al analizar la interacción de los tres factores bajo estudio sobre el peso seco de hoja (Figura 9), se pudo evidenciar que el mayor promedio para esta variable, se observó en los tratamientos con las cuatro dosis de nitrógeno en forma de urea sin ME y en los tratamientos con 150 y 200 Kg N.ha⁻¹ con ME, en los restantes tratamientos a base de urea y en todos los tratamientos con adición de nitrógeno a base de materia orgánica con o sin microorganismos eficientes la media para esta variable fue menos sin diferencia significativa entre los diferentes tratamientos. Esto coincide con lo descrito por Balta *et al.* (2015) quien manifiesta mediante su investigación realizada en determinar la absorción y la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), con la finalidad de mejorar la eficiencia en la aplicación de fertilizantes cuyos resultados indican que el tratamiento con mayor dosis de fertilizantes presentó los mejores rendimientos en materia seca (raíz, tallo y hoja).

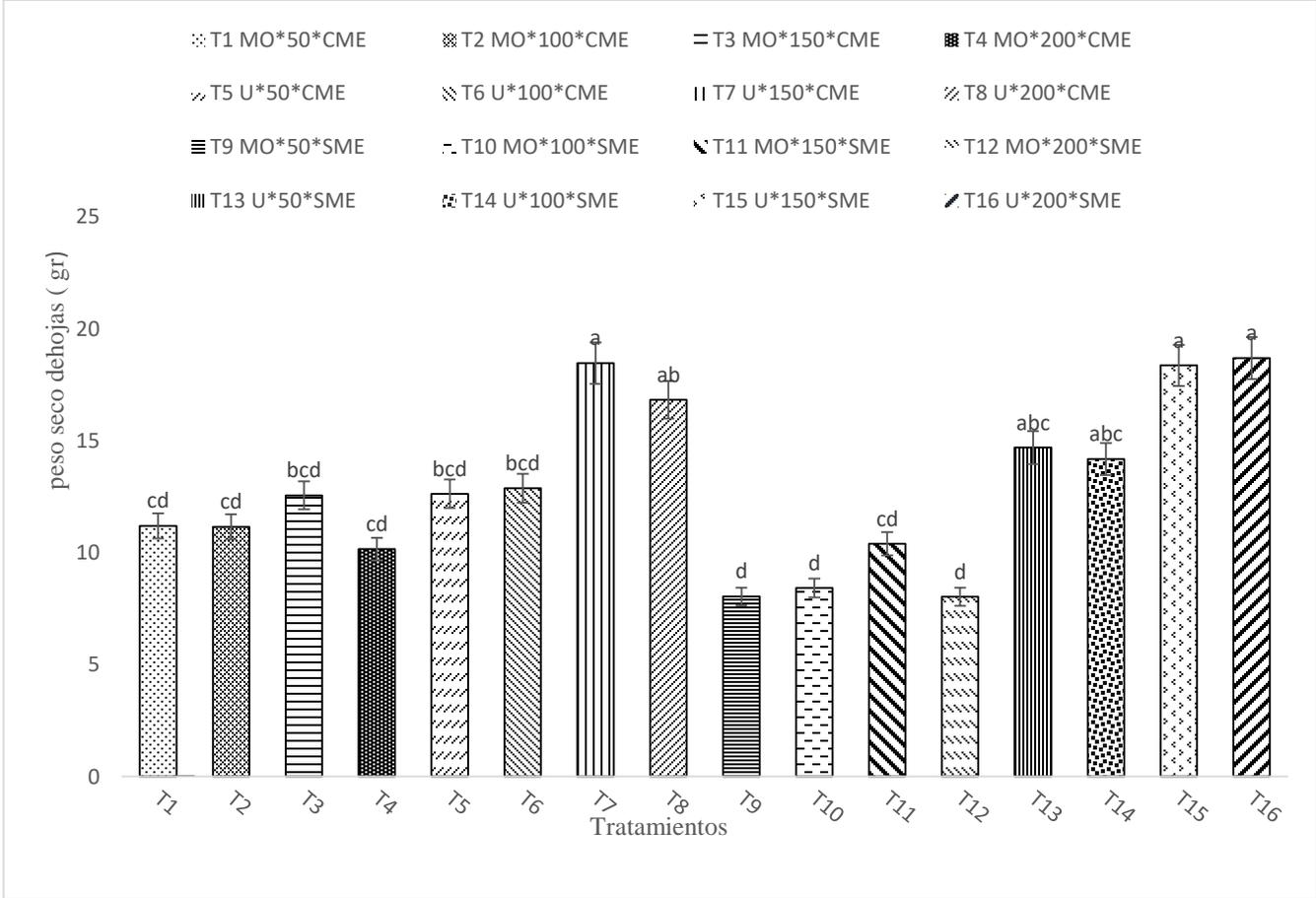


Figura 9. Valores promedio de índice de clorofila en plantas de algodón, 70 días después de la siembra, considerando la interacción de los tres factores estudiados. Letras distintas en cada barra indican diferencia significativa según la prueba de medias de Tukey ($p < 0,05$); MO: materia orgánica; U: urea; CME: con

microorganismos eficientes; SME: sin microorganismos eficientes; 50: 50 Kg N.ha⁻¹; 100: 100 Kg N.ha⁻¹; 150: 150 Kg N.ha⁻¹; 200: 200 Kg N.ha⁻¹.

Por su parte Díaz y Díaz (2009) aseguran que el adecuado suministro de N promueve el crecimiento vegetal, incrementa la relación biomasa aérea /raíces a este importante nutriente.

Referente al peso seco de hoja se evidenció que el mayor promedio para dicha variable, se observó en los tratamientos con las cuatro dosis de nitrógeno en forma de urea sin ME. De acuerdo a Orozco *et al.* (2016) las fuentes de nitrógeno contribuyen a aumentar el peso seco de los órganos vegetativos, los resultados indican que la mayor acumulación de biomasa total foliar a través del tiempo se obtuvo al aplicar 150 kg de N. ha⁻¹ en forma de urea. Morales *et al.* (2015) asegura que el nitrógeno es un factor de crecimiento de gran importancia en diferentes cultivos, esto debido a que influye en la producción vegetal cuantitativa y cualitativamente, favorece el crecimiento vegetativo de los tejidos, aumenta el área foliar. Según Morales *et al.* (2019) el suministro de N mejora el proceso fotosintético y, en consecuencia, se incrementa producción de biomasa foliar.

Orozco *et al.* (2016) añade que las fuentes de nitrógeno permiten la acumulación de biomasa a lo largo del ciclo del cultivo. Para el caso de peso seco de la raíz nuestros resultados coinciden con los descritos por Rodríguez (1998) al evaluar efecto del N-P-K en el crecimiento y producción de tomate obtuvo como resultados que los niveles de nitrógeno de (150 mg l⁻¹) favoreció a las variables peso seco de raíz. Gutiérrez *et al.* (2000) en su investigación donde evaluaron el efecto de la aplicación, antes de la siembra, de tres niveles de nitrógeno inorgánico (0, 10 y 20 g. m⁻²) sobre el crecimiento y distribución de biomasa en plantas de girasol (*Helianthus annuus* L) encontrando mayor acumulación de biomasa en tallo y hoja. Así mismo Muthaura *et al.* (2010) manifiestan que el uso de ME mejora la acumulación de materia seca en raíz, tallo y hojas en *Amaranthus dubians*. Este estudio demuestra que el rendimiento de materia seca en dicho cultivo puede mejorar inoculando todas las plantas con ME, pero ese efecto promotor no se observó en este estudio, al menos para la etapa de desarrollo vegetativo de la variedad de algodón evaluada

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos del algodón se puede concluir que:

1. En general, todas las variables de crecimiento determinadas se comportaron mejor cuando la fertilización nitrogenada se realizó con urea.
2. En cuanto a las dosis de N probadas, solo en el caso número de hojas, índice de clorofila y peso seco de raíz y de hoja, se observó diferencia entre los tratamientos correspondiendo las mayores medias a la dosis de 150 kg N.ha⁻¹.
3. La adición de microorganismos eficientes en la fertilización nitrogenada, no tuvo efecto estimulante sobre las variables de crecimientos determinadas para la etapa vegetativa en la variedad de algodón utilizada, excepto en el caso del área foliar.
4. Al considerar la interacción de los tres factores en las variables estudiadas, en general no se observó una tendencia clara en cuanto a la separación de las medias entre los tratamientos probados.

IX. RECONENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se sugiere:

1. Realizar este tipo de ensayos en otras localidades de la provincia de Manabí, utilizando la misma variedad, así mismo otras variedades que sean de importancia no solo para el país sino también para la industria textil.
2. Que en las posteriores investigaciones usen dosis diferentes de fertilizantes a base de fosforo y potasio ya sean estos orgánicos e inorgánicos y además adicionar a la fertilización elementos menores como calcio, boro, etc. Para de esta forma poder observar el comportamiento del cultivo con una fertilización más amplia ya que con estos el algodón puede alcanzar un mejor desarrollo vegetativo.

X. Bibliografía

1. Amaro José, Edmundo García, Javier Enríquez, Adrián Cuero, Jorge Pérez y Alfonso Hernández. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto" mulato" (*Brachiaria híbrido, cv.*). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, vol. 42, (No 3, 2004): 447-458. Tomado de <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1397/1392>
2. Adare Zeneve, Vreli Srinivas, Rao Praveen, Ram Prakash y Ramesh Thatikunta. «Association of weather variables with yield and yield components of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) at reproductive phenophase» African Journal of Agricultural Research, vol.11 (No. 29, 2016): 2555-2561. DOI: 10.5897/AJAR2016.11090
3. Arévalo Nelly y Rosario Zegarra. «Efecto del *Azotobacter* sp y el *Azospirillum* sp. en el rendimiento de algodón de color (*Gossypium barbadense* L.) en el fundo los Pichones» Tacna, Perú Ciencia & Desarrollo, vol. 22 (No. 21, 2017): 2304-8891.
4. Balta Rafael, Ángel Rodríguez, Roger Guerrero, Danter Cachique, Edin Plasencia, Luis Arévalo y Oscar Loli. Absorción y concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos, SAN Martín, PERÚ. Vol. 24 (No. 2, 2015): 123 – 130. Tomado de <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL1446.pdf>
5. Bayer. «Solicitud de permiso de liberación al ambiente de algodón glytol® twinlink™ plus - gltp (ghb614 x t304-40 x ghb119 x cot102; oecd: bcs-ghøø2-5 x bcs-ghøø4-7 x bcs-ghøø5-8 x syn-ir1ø2-7) en etapa experimental, en la región agrícola de tamaulipas sur, ciclo pv-(2017). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/293559/Algod_n_GLTP_Exp_2018_Tam_sur_CP.pdf
6. Betancourt Pedro, Jesús González, Benjamín Figueroa y Félix González. Cobertura vegetativa y fertilización nitrogenada en la producción de maíz. Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México, vol. 16, (No. 3, 1998): pp. 231-237 Tomado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316306>

7. Bohm Wolfgang. Root parameters and their measurement. En *Methods of Studying Root Systems*. Springer, Berlin, Heidelberg, (1979):125-138. Tomado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-67282-8_12
8. Bozorov Tohir, Rustam Usmanov, Honglan Yang, Shukhrat Hamdullaev, Sardorbek Musayev, Jaloliddin Shavkiev, Saidgani Nabiev, Daoyuan Zhang y Alisher Abdullaev. «Effect of water deficiency on relationships between metabolism, physiology, biomass, and yield of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.)» *Journal arid land*, Vol. 10 (No. 3, 2018): 441-456. DOI: 10.1007/s40333-018-0009-y
9. Cardona William, Martha Bolaños y Willian Chavarriaga. «Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo cultivado con *Musa acuminata* AA». *Acta Agronómica*, vol. 65 (No. 2, 2016): 144-148. Tomado de <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n2.44493>
10. Cázares José, *et al.* «La fertilidad del suelo afecta el crecimiento, nutrición y rendimiento de algodón cultivado en dos sistemas de riego y diferentes dosis de nitrógeno». *Terra Latinoam*, Vol.37 (No. 1, 2019): 1041-1105. DOI: <https://doi.org/10.28940/tl.v37i1.304>
11. Córdor Aníbal, Pablo González y Chinmay Lokar. «Effective Microorganisms: Myth or reality?». *Revista Peruana de Biología*, Vol. 14 (No. 2, 2007): 315-319. DOI: 10.15381/rpb.v14i2.1837
12. Çopur Osman, Cerin Bekisli y Mehmet Gur. «Cotton production in turkey» *Conference: AgroSym* (2016): 333. Tomado de https://www.researchgate.net/publication/322519628_COTTON_PRODUCTION_IN_TURKEY
13. Córdova, Hildegardo. *Sociedad geográfica de Lima*. Lima, Perú, Fondo Editorial de la Sociedad Geográfica de Lima, Vol. 123 (No. 127, 2014). Tomado de <https://www.socgeolima.org.pe/images/publicaciones/Boletin-de-la-Sociedad-Geografica-de-Lima-N-127.pdf>
14. Cheng, Hua y Qi Yingchun. «Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China» *European Journal of Agronomy*, vol.46 (No. 5 2012): 68-76. DOI. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2012.12.004>

15. Diaz Martha, Ramón Díaz. «Efecto de fertilizantes nitrogenados y lombricomposta en la distribución de materia seca y nodulación en frijol». (2009) 318-328 Tomado de https://www.researchgate.net/profile/Ramon_Diaz-Ruiz/publication/268289606_EFECTO_DE_FERTILIZANTES_NITROGENADOS_Y_LOMBRICOMPOSTA_EN_LA_DISTRIBUCION_DE_MATERIA_SECA_Y_NODULACION_EN_FRIJOL/links/5681d68608ae051f9aec5c2c.pdf?origin=publication_detail
16. Díaz, Oscar y Juan Lizarazo. «Determinar la huella hídrica del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) de la empresa Coagronat Ltda en el municipio Natagaima-Tolima». Tesis de Pregrado, Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria (2016): DOI: 10.33326/26176033.2017.21.725
17. Escalante Alberto y J Estrada. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, vol. 17, (No 2, 1999): 149-157. Tomado de <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317208.pdf>
18. Ferreira Matheus, Francilene De Lima, Sintra Fulaneti, Carlos De Alencar y Gibran Dos Santos. «Crescimento produtividade de algodoeiro herbáceos submetido à adubação orgânica.» *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, Vol. 8 (No. 3, 2018): 52-61. Tomado de <https://periodicos.ufv.br/rbas/article/view/3015/pdf>
19. Food and Agriculture Organization. (FAO). «Dinámica regional del algodón, certificación y rotación de cultivos». (No. 4, 2018) Tomado de <http://www.fao.org/3/ca1330es/CA1330ES.pdf>
20. Gutiérrez Luz, Sebastián Seguro, Juan Arenas y Juan Moreno. «Evaluación del poder fertilizante de dos abonos orgánicos preparados con microorganismos eficientes en plantas de tomate y maíz.» *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, Vol. 1 (No. 2, 2012): 2256-3342. Tomado de <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/jals/article/view/375>
21. Gutiérrez Víctor, José Escalante, Prometeo Sánchez, Leonardo Tijerina, Mastache Ángel y Carreño Román. «Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima

cálido.» Terra Latinoamericana, vol. 18, (No 4, 2000): 313-323. Tomado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318405>

22. Hernández A, E Sánchez y E Romero. «Actividad nitrato reductasa, biomasa, producción y calidad del algodón en respuesta a la fertilización nitrogenada». Libro de Comunicaciones. (2012): 189-186 Tomado de https://www.researchgate.net/profile/JD_FrancoNavarro/publication/308792915_Chloride_Nutrition_Impact_in_Plant_Development_and_Water_Relations_Nutriplanta_2012_Madrid/links/57f2344a08ae8da3ce4ed799/Chloride-Nutrition-Impact-in-Plant-Development-and-Water-Relations-Nutriplanta-2012-Madrid.pdf#page=209
23. Julca Alberto, Liliana Meneses, Raúl Blas y Segundo Bello «Organic matter, importance, experiences and its role in agriculture» IDESIA Vol. 24 (No 1, 2006) 49-61 DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>
24. Kawakami E, D Oosterhuis y J Snider. Nitrogen Assimilation and Growth of Cotton Seedlings under N a C I Salinity and in Response to Urea Application with NBPT and DCD. Journal of Agronomy and Crop Science, vol. 199, (No. 2, 2013): 106-117. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12002>
25. Kranthi Kike. «Prácticas para la producción de algodón: extractos de los datos globales Argentina, Vol. 37 (No. 5, 2018): Tomado de https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/algodon/informes/_archivo//820000_2018/820800_Mayo/820801_Revista%20para%20el%20Sector%20Algodonero%20Nº%205%20-%202018.pdf
26. López Martínez, E Salazar, H Trejo, J García, M Navarro y C Vázquez. «Producción de algodón con altas densidades de siembra usando fertilización orgánica.» Revista Internacional de Botánica Tropical, Vol. 83 (2014): 237-242. Tomado de <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/phyton/article/viewFile/8725/7750>.
27. Melgar Rosa. Fertilización del algodón. Uso Complementario De Aplicación Foliar De Nutrientes. Revista Fertilizar. Staff editorial, (No, 18 2011): 08-15. Tomado de <https://fertilizar.org.ar/subida/revistas/18.pdf>

28. Mesa José, Reudel Carvajal y Minerva Algomea. «Effect of Effective Microorganisms (EM) in the production of seedlings of fruta bomba (*Carica papaya* L.) in Agricultural Enterprises "Horquita"» Agroecosistemas, Vol. 3 (No. 1, 2015): 2415-2862. Tomado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/23>
29. Montejo David, et al. Foliar and radical response of maize to biological-chemical fertilization in a Luvisol soil. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 29, (No. 2, 2018) 325-341. DOI: 10.15517/ma.v29i2.29511
30. Morales Edgar, Martin Arriaga, José López, Ángel Martínez y Edgar Morales. Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, Vol. 10 (No. 8, 2019): 1875-1886 Tomado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7230619>
31. Morales Javier, Jesús Morales, Ernesto Díaz, Josefina Cruz, Norma Medina y Mario De la Cruz. Tasa de asimilación neta y rendimiento de girasol en función de urea y urea de liberación lenta. *Agrociencia*, vol. 49, (No 2, 2015): 163-176. Tomado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n2/v49n2a5.pdf>
32. Milian Pablo, Javier Gonzales, Eligia Cuellar, Caridad Rivero, Carlos Quintana y Wilfrido Matos. «Effect of effective microorganisms (ME-50) on the morphology and yield of rice cultivation (*Oryza sativa*) in Aguada de Pasajeros» *Agroecosistemas*, Vol.2 (No.2, 2014): 327-336. Tomado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/14/14>
33. Monsalve Jordán, René Escobar, Manuel Acebedo, Manuel Sánchez y Rafael Coopman. «Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta.» *Bosque (Valdivia)*, vol. 30 (No 2, 2009): 88-94. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002009000200004>
34. Montenegro Otto. «Sistema de recomendaciones para el cultivo del algodón en el Valle cálido del alto magdalena.» *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 13, (No. 1, 2012): 18-26. Tomado de <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945032008.pdf>
35. Muthaura Crispaul, David Musyimi, Joseph Ogur y Victor Okello. Microorganismos efectivos y su influencia en el crecimiento y rendimiento de la cenicienta (*Amaranthus dubians*). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* Vol, 5, (No. 1, 2010): tomado de http://erepository.kibu.ac.ke/bitstream/handle/123456789/1102/Okello_Effective%20microorganism

s%20and%20their%20influence%20on%20growth%20and%20yield%20of%20pigweed%20%28amaranthus%20dubians%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

36. Namvar Ali, et al. Organic and inorganic nitrogen fertilization effects on some physiological and agronomical traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in irrigated condition. *Journal of Central European Agriculture*, Vol. 14, (No. 3, 2013): 28-40 DOI: <https://doi.org/10.5513/jcea.v14i3.2257>
37. Orozco Jorge, Rosibel Ramirez, Miguel Segura, Pablo Coronado, Radames Trejo y José Vidal. (2016). Fuentes de nitrógeno en el crecimiento y producción de biomasa en maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 numero 1. p. 185-194. Tomado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v7n1/2007-0934-remexca-7-01-00185-en.pdf>
38. Prisa Domenico. Effective microorganisms for germination and root growth in *Kalanchoe daigremontiana*. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 3, (No. 3, 2019): 047-053. DOI: 10.30574 / wjarr.2019.3.3.0074
39. 10.30574 / wjarr.2019.3.3.0074
40. Ramos, David, y Elein Terry. «Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas cultivos tropicales La Habana, Cuba.» *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, Vol.35 (No.4, 2014): 52-59. Tomado de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193232493007.pdf>
41. Retes Rafael, Salomón Moreno, Francisco Denogean, Martha Martín y Fernando Ibarra. «Análisis de rentabilidad del cultivo de algodón en sonora.» *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol.36, (2015): 1156-1166. Tomado de <http://www.redalyc.org/pdf/141/14132408002.pdf>
42. Reyes Pedro. *El algodón pima peruano: cultivo y manejo agronómico*. Lima: Primera edición, © Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Piura (2014):

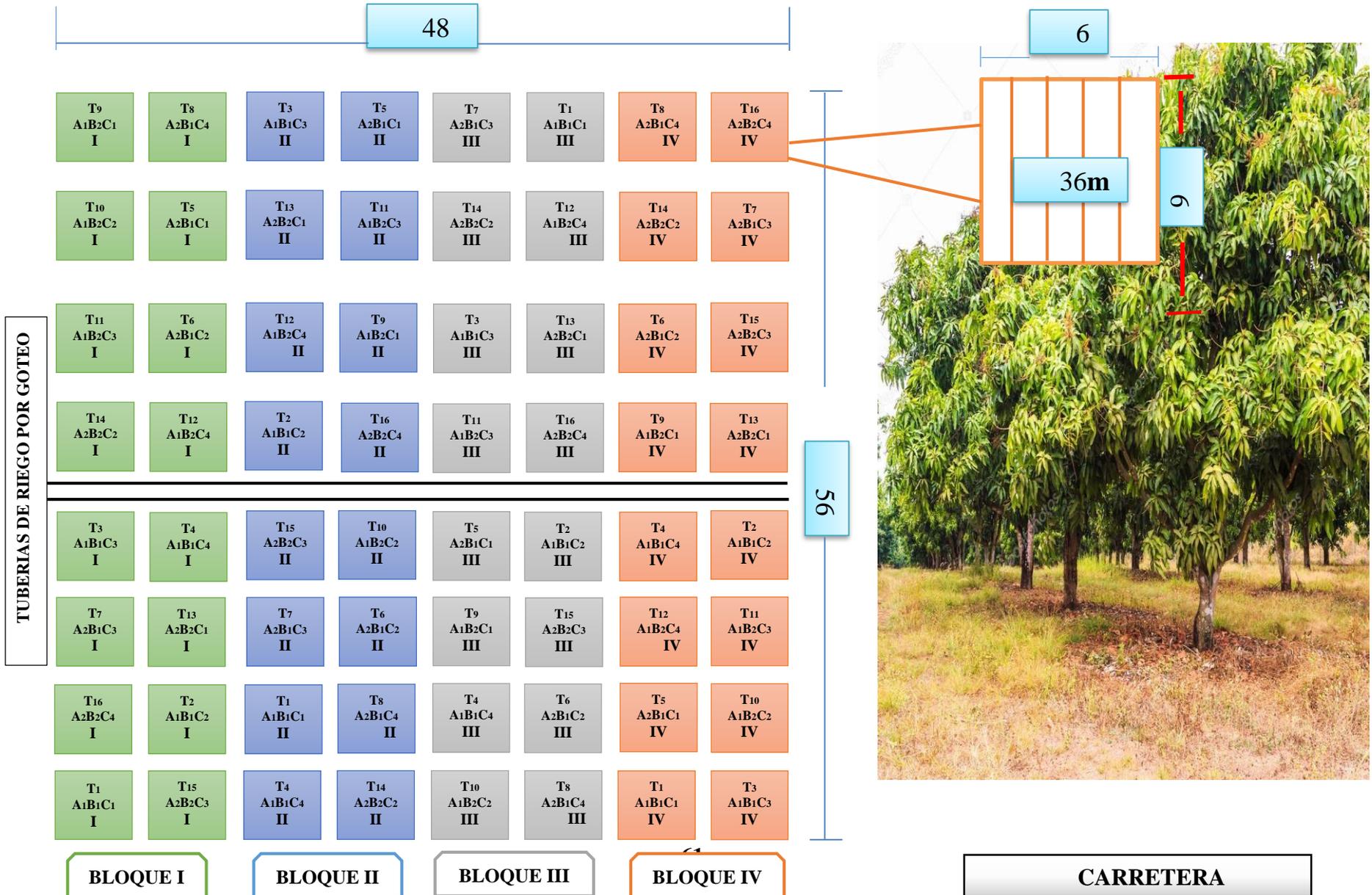
<http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1139/Libro%20Algodon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

43. Rincón Álvaro y Ligarreto Gustavo. Relación entre nitrógeno foliar y el contenido de clorofila, en maíz asociado con pastos en el Piedemonte Llanero colombiano Corpoica. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, vol. 11, (No. 2, 2010): 122-128. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:202
44. Rodríguez Juan Carlos. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el crecimiento y producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) var. Floradade. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León. (1998): Tomado de <http://eprints.uanl.mx/6389/1/1080098287.PDF>
45. Valcarse Rosa y Rafael Jimenez. «Vulnerability and contamination risk in Dolores - Sagua La Chica basin, Cuba» *La Habana Riha*, vol. 37 (No. 1, 2016): 1680-0338. Tomado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382016000100001
46. TextileExchanguele. «Quick Guide of cotton organic» *Revista TextileExchanguele* (2017): 5. Tomado de https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2017/06/Textile-Exchange_Quick-Guide-To-Organic-Cotton_2017.pdf
47. Trujillo Maricarmen. «Diagnóstico de la agricultura orgánica y convencional en el Caserío Simón Bolívar, Distrito de Hermilio Valdizán» Tesis de pregrado, Facultad de Ingeniería Ambiental. (2015). facultad de recursos naturales y renovables, universidad nacional agraria de la selva https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/mary-final.pdf
48. Vidal Pablo. Comparación de métodos de estimación de índice de Área Foliar en el cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum L.*) Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste; República Argentina, (2012): 120 tomado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tesis_pablo_vidal_comparacin_area_foliar_en_algo.pdf

49. Yamada Tsuioshi. Como mejorar la eficacia de la fertilización aprovechando las interacciones con los nutrientes. Informaciones Agronómicas, vol. 50, (2003): 1-5 Tomado de [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B46042E1BF11BDFB852579A300778DBE/\\$FILE/Inf-Agro%205](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/B46042E1BF11BDFB852579A300778DBE/$FILE/Inf-Agro%205).

XI. ANEXOS

ANEXO 1: Croquis de campo del ensayo



Anexo 2: Análisis de varianza (ANAVA) para las variables determinadas en el ensayo

VARIABLES	FUENTES	DOSIS	ME	FUENTES*DO SIS	FUENTES*M E	DOSIS *ME	FUENTES*D OSIS*ME	Error (CM)	CV
Clof	0.07	0.03	0.62	0.67	0.16	0.93	0.12	4.57	4.21
AL	0.00	0.2569	0.8107	0.4655	0.1473	0.265	0.218	51.72	15.66
DT	0.00	0.66	0.24	0.80	0.28	0.52	0.51	0.01	9.6
NH	0.00	0.03	0.22	0.00	0.35	0.43	0.23	36.83	19.27
VR	0.00	0.09	0.70	0.09	0.79	0.42	0.21	81308.32	20.96
AF	0.00	0.00	0.39	0.00	0.30	0.00		56.08	19.04
PSH	0.00	0.00	0.20	0.00	0.96	0.00	0.17	0.94	8.39
PSR	0.05	0.02	0.53	0.00	0.01	0.00	0.00	1.67	25.76
PST	0.00	0.57	0.06	0.06	0.96	0.25	0.06	26.13	29.51

índice de clorofila (clof), Altura (AL), Diámetro de tallo (DT), Numero de hojas (NH), Volumen de raíz (VR), Área foliar (AF), Peso seco de hoja (PSH), Peso eco de raíz (PSR), Peso seco de tallo(PST).

Anexo 3. Detalles de campo mostrando el proceso de mezclado de materia orgánica y aplicación de microorganismos eficientes en algodón (*Gossypium hirsutum*)



Anexo 4. Medición de clorofila U. spad.



Anexo 5. Imagen de proceso de medición de número de hojas.



Anexo 6. Imágenes ilustrativas del proceso de medición de volumen de raíz por el método de Böhm (1979).



Anexo 7. Imágenes ilustrativas del proceso de medición del peso seco de hoja.



Anexo 8. Imágenes ilustrativas del proceso de medición de peso seco de raíz peso seco de tallo.



Anexo 9. Imágenes ilustrativas del proceso usado para la determinación de área foliar.

