# Efecto de tres abonos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento de un cultivo de pepino cohombro (*Cucumis sativus* L.*)* en la granja agroecológica UNIMINUTO, Villavicencio, Meta

Autor
Maryid Dayana Pulido Cifuentes
ID:723959
Lina Marcela Bedoya Corrales
ID:756292
Trabajo de grado

Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO

Rectoría Orinoquía Amazonia

Sede Villavicencio (Meta)

Programa Ingeniería Agroecológica

2026

# Efecto de tres abonos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento de un cultivo de pepino cohombro (*Cucumis sativus* L.), en la granja agroecológica UNIMINUTO, Villavicencio– Meta

Autor

Maryid Dayana Pulido Cifuentes
ID: 723959
Lina Marcela Bedoya Corrales
ID:756292

Propuesta de trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Agroecológica

Asesor(a)

Mitchel Hernández Ardila
I.A M.Sc. Ciencias Agrarias – Suelos y Aguas

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Orinoquia Amazonia

Sede Villavicencio (Meta)

Programa Ingeniería Agroecológica

2026

## Dedicatoria

A Dios, por ser mi guía constante y la fuente de fortaleza para superar cada desafío en este camino, por darme la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar este logro.

A mi madre, por su amor incondicional y sacrificios, por ser mi pilar en los momentos más difíciles, por enseñarme a no rendirme y por impulsarme siempre a seguir adelante; este logro es también suyo. A mi cuñado, mi hermana y mi sobrino, por su apoyo constante, su compañía incondicional y por llenar mi vida de alegría y motivación; gracias por estar presentes en cada paso de este camino y por ser una parte fundamental de este logro.

A mi bebé, quien desde la barriguita me acompañó en el cierre de este maravilloso ciclo, convirtiéndose en mi mayor inspiración y en la razón más hermosa para seguir cumpliendo mis sueños.

***Maryid Dayana Pulido Cifuentes***

A Dios, por ser mi guía constante y la fuente de la fortaleza necesaria para superar cada desafío en este camino. Su sabiduría ha sido el motor que me permitió transformar el esfuerzo en este logro.

A mis padres, quienes con su amor incondicional y sacrificios silenciosos sentaron las bases de mi formación. Gracias por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba; este título les pertenece tanto como a mí.

A mi esposo e hijo y familia, por su paciencia infinita durante las largas horas de estudio y por ser el refugio donde siempre encuentro paz. Ustedes son la razón principal de mis ganas de superarme cada día.

***Lina Marcela Bedoya Corrales***

## Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por brindarme la salud y la perseverancia para culminar esta etapa con éxito y por poner en mi camino a las personas indicadas.

De manera muy especial, agradezco a mi asesor Mitchel Hernández Ardila, por su valiosa orientación, sus críticas constructivas y su generosidad al compartir sus conocimientos, su guía fue fundamental no solo para el desarrollo de esta investigación, sino para mi crecimiento como profesional.

A mis profesores, quienes con su vocación y exigencia me enseñaron a mirar el mundo con pensamiento crítico y ética profesional, gracias por cada lección compartida dentro y fuera del aula.

Finalmente, mi reconocimiento a la Corporación Universitaria Minuto de Dios, por abrirme sus puertas y proporcionarme las herramientas necesarias para mi formación integral. A todos aquellos que, de forma directa o indirecta, aportaron un grano de arena para que este proyecto de grado hoy sea una realidad, mi gratitud eterna

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO ..... 5
**1 RESUMEN ..... 10**
**2. ABSTRACT ..... 11**
1.1 Keywords:Cucumis sativus, organic fertilization, chicken manure, bocashi, horticultural yield, agroecology. ..... 12
**2 INTRODUCCIÓN ..... 13**
**3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 15**
3.1 Definición del problema ..... 15
**4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN ..... 17**
**5 OBJETIVOS ..... 17**
5.1 Objetivo general ..... 17
5.2 Objetivo especifico ..... 17
**6 JUSTIFICACIÓN ..... 18**
**7 MARCO DE REFERENCIA ..... 19**
7.1 Cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) ..... 19
7.2 Crecimiento vegetal y su medición ..... 19
7.3 Rendimiento en cultivos hortícolas ..... 20
7.4 Fertilidad del suelo y materia orgánica ..... 20
7.5 Abonos orgánicos y su función en el suelo ..... 21
7.6 Efecto de los abonos orgánicos en el cultivo de pepino ..... 21
7.7 Condiciones agroecológicas de la Orinoquía colombiana ..... 22
**8 METODOLOGÍA ..... 23**
8.1 Zona de estudio ..... 23
8.2 Tipo de investigación ..... 24
8.3 Diseño experimental ..... 25
8.4 Variables evaluadas ..... 26
8.5 Procedimiento de medición ..... 26
8.6 Diseño de la Parcela ..... 27

8.7 Cantidad de abono por Surco ..... 28
**9 RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 29**
9.1 Altura de la planta ..... 29
9.2 Contenido de materia seca ..... 32
9.3 Numero de frutos ..... 35
9.4 Peso de los frutos ..... 38
9.5 Producción en kilogramos de fruta producida ..... 41
**10 REFERENCIAS ..... 46**
**11 ANEXOS ..... 51**

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutrimental de los abonos orgánicos .....28
Tabla 2. Cantidad de abono por tratamiento .....29
Tabla 3. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta en función de los tratamientos evaluados .....30
Tabla 4. Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de materia seca en función de los tratamientos evaluados.....33
Tabla 5. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de frutos por planta en el cultivo de pepino .....36
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para el peso de frutos en el cultivo de pepino ..39
Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA) para la producción por planta en el cultivo de pepino .....41

## TABLA DE FIGURAS

figura 1. *Localización geográfica Granja agroecología UNIMINUTO* 24
figura 2. *Diseño experimental de la investigación* 27
figura 3. *Altura de planta en función de los tratamientos evaluados* 31
figura 4. *Contenido de materia seca en función de los tratamientos evaluados* 34
figura 5. *Púmero de frutos por planta en el cultivo de pepino* 37
figura 6. *Peso de frutos en el cultivo de pepino* 40
figura 7. *Producción por planta en el cultivo de pepino* 42
figura 8. *Plántulas de pepino cohombro* **¡Error! Marcador no definido.**
figura 9. *Germinación de plántulas de pepino cohombro* 51
figura 10. *Labranza mínima y establecimiento de los surcos* 51
figura 11. *Terreno designado para el proyecto* 51
figura 12. *Delimitación de las parcelas experimentales y establecimiento de los surcos de siembra* 51
figura 13. *Siembra de plántulas de pepino (Cucumis sativus L.) en el terreno experimental.* 52
figura 14. *Aplicación de abonos orgánicos en las camas experimentales* 52
figura 15. *Crecimiento de las plántulas de pepino* 51
figura 16. *Registro fotográfico del crecimiento del cultivo bajo diferentes tratamientos orgánicos* 52
figura 17. *Floración inicial en plántulas de pepino cohombro* 52
figura 18. *Trichoderma spp. a razón de 1 cm³ por litro de agua* 52
figura 19. *Sistema de tutorado colgado* 52
figura 20. *Aplicación foliar y radicular de Trichoderma spp.* 53
figura 21. *Fase de floración, hojas cordiformes* 53
figura 22. *Se observa un incremento significativo en el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo* 53

figura 23. *Distribución uniforme de los abonos orgánicos sobre la superficie del suelo* 53
figura 24. *Presencia de los primeros frutos en desarrollo* 53
figura 25. *Desarrollo de pepinos de mayor tamaño, reflejando la eficiencia del tratamiento orgánico* 53
figura 26. *Recolección de material vegetal y fruto de cada uno de los tratamientos* 54
figura 27. *Toma de peso del fruto con balanza digital* 54
figura 28. *Medición del diámetro del fruto con calibrador* 54
figura 29. *Medición de la altura de la planta con cinta métrica* 54

# 1 RESUMEN

Se evaluó el efecto de tres abonos orgánicos (gallinaza, lombricompost y bocashi) sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino cohombro (*Cucumis sativus* L.) en la granja agroecológica UNIMINUTO, Villavicencio, Meta. El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con tres tratamientos y tres repeticiones, para un total de 180 plantas evaluadas a los 92 días después de la siembra. Las variables analizadas fueron altura de planta, materia seca, peso de fruto y producción por planta.

El análisis de varianza evidenció diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para todas las variables evaluadas ($p < 0,0001$). Para la altura de planta, la gallinaza registró el mayor promedio (135,6 cm), diferenciándose significativamente del lombricompost (102,2 cm) y del bocashi (101,7 cm), los cuales no presentaron diferencias entre sí. En la variable materia seca, el lombricompost alcanzó el mayor valor promedio (190,0 g), superando significativamente a la gallinaza (153,6 g) y al bocashi (152,4 g), que no difirieron entre sí. En cuanto al peso del fruto, el lombricompost presentó los mayores valores (272,2 g), seguido de la gallinaza (165,6 g) y el bocashi (149,8 g). Finalmente, para la producción por planta, el lombricompost fue el tratamiento más eficiente con un promedio de 2104,6 g por planta (2,1 kg), frente a la gallinaza (863,3 g) y el bocashi (488,0 g).

Los resultados indican que el lombricompost favoreció una mayor acumulación de biomasa, mayor peso y mayor producción de frutos, mientras que la gallinaza promovió un mayor crecimiento vegetativo sin traducirse en mayor rendimiento. El bocashi presentó el desempeño más bajo en todas las variables de producción. Se concluye que el lombricompost constituye la

fuente de fertilización orgánica con mejor desempeño agronómico para el cultivo de pepino cohombro bajo las condiciones agroecológicas de Villavicencio, Meta.

**Palabras clave:** Cucumis sativus, fertilización orgánica, gallinaza, bocashi, rendimiento hortícola, agroecología.

## 2. ABSTRACT

The effect of three organic fertilizers (chicken manure, vermicompost, and bokashi) on the growth and yield of cucumber (Cucumis sativus L.) was evaluated at the UNIMINUTO agroecological farm in Villavicencio, Meta, Colombia. The experiment was established using a randomized complete block design (RCBD) with three treatments and three replicates, for a total of 180 plants evaluated 92 days after planting. The variables analyzed were plant height, dry matter, fruit weight, and yield per plant.

The analysis of variance revealed statistically significant differences between treatments for all variables evaluated ($p < 0.0001$). For plant height, chicken manure showed the highest average (135.6 cm), significantly different from vermicompost (102.2 cm) and bokashi (101.7 cm), which did not differ from each other. For dry matter, vermicompost reached the highest average value (190.0 g), significantly exceeding chicken manure (153.6 g) and bokashi (152.4 g), which did not differ from each other. Regarding fruit weight, vermicompost showed the highest values (272.2 g), followed by chicken manure (165.6 g) and bokashi (149.8 g). Finally, for production per plant, vermicompost was the most efficient treatment with an average of 2104.6 g per plant (2.1 kg), compared to chicken manure (863.3 g) and bocashi (488.0 g).

The results indicate that vermicompost promoted greater biomass accumulation, increased weight, and higher fruit production, while chicken manure promoted greater vegetative growth without resulting in higher yields. Bokashi showed the lowest performance in all production variables. It is concluded that vermicompost is the organic fertilizer source with the best agronomic performance for cucumber cultivation under the agroecological conditions of Villavicencio, Meta.

**Keywords:**Cucumis sativus, organic fertilization, chicken manure, bocashi, horticultural yield, agroecology..

# 2 INTRODUCCIÓN

El incremento en los costos de los fertilizantes de síntesis química, junto con los impactos ambientales asociados a su uso intensivo, ha generado un creciente interés por alternativas sostenibles en la producción agrícola. En este contexto, los abonos orgánicos se han posicionado como una estrategia viable para mejorar la fertilidad del suelo, reducir la dependencia de insumos externos y contribuir a sistemas productivos más resilientes (Rodríguez-Eugenio et al., 2019; FAO, 2023).

A nivel global, el encarecimiento de los fertilizantes ha estado influenciado por factores geopolíticos y económicos, como la guerra entre Rusia y Ucrania, que ha afectado la disponibilidad de estos insumos y ha incrementado significativamente sus precios (Pineda, 2022; IICA, 2023). En Colombia, esta situación se ha reflejado en aumentos superiores al 100% en los costos de fertilización, impactando directamente la rentabilidad de los sistemas agrícolas y motivando la búsqueda de alternativas más accesibles para los productores (Rodríguez, 2023).

En este sentido, el uso de abonos orgánicos como el bocashi, la lombricomposta y la gallinaza ha sido ampliamente promovido por sus beneficios en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Estos materiales no solo aportan nutrientes esenciales para las plantas, sino que también favorecen la actividad microbiana, incrementan la materia orgánica y mejoran la estructura del suelo, lo que se traduce en una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes (Beltrán-Morales et al., 2019).

El cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) es una hortaliza de importancia económica y nutricional a nivel mundial, caracterizada por su alta demanda de nutrientes y su sensibilidad a las prácticas de fertilización (Alhasnawi et al., 2020). Su adecuado manejo nutricional es fundamental para lograr un crecimiento óptimo y altos rendimientos, especialmente en sistemas productivos bajo condiciones tropicales, donde los suelos suelen presentar limitaciones en contenido de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes.

Diversos estudios han demostrado que la aplicación de fertilizantes orgánicos puede influir positivamente en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino; sin embargo, estos efectos dependen del tipo de abono utilizado, su composición y las condiciones agroecológicas del sitio de producción (Orluchukwu & Amadi, 2022). A pesar de lo anterior, existe limitada información comparativa sobre el desempeño de diferentes abonos orgánicos en sistemas agroecológicos específicos, como los de la región de la Orinoquía colombiana.

En este contexto, la granja agroecológica UNIMINUTO, ubicada en Villavicencio (Meta), representa un escenario adecuado para evaluar alternativas de fertilización orgánica adaptadas a condiciones locales. La generación de información experimental en este tipo de sistemas es fundamental para fortalecer prácticas agrícolas sostenibles y ofrecer recomendaciones técnicas basadas en evidencia para los productores de la región.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de tres abonos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino cohombro (*Cucumis sativus*

L.) en condiciones agroecológicas de Villavicencio, Meta, mediante la medición de variables agronómicas que permitan determinar su impacto en el desempeño del cultivo.

# 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 3.1 Definición del problema

El incremento en los costos de los fertilizantes de síntesis química se ha convertido en una de las principales limitantes para la producción agrícola a nivel mundial. Factores geopolíticos, como el conflicto entre Rusia y Ucrania, han afectado la disponibilidad de estos insumos, generando un aumento significativo en sus precios y comprometiendo la sostenibilidad económica de los sistemas productivos (Pineda, 2022; IICA, 2023). En Colombia, esta situación ha sido especialmente crítica, con incrementos superiores al 100% en el costo de los fertilizantes entre 2021 y 2022, lo que ha impactado directamente a los productores agrícolas (Rodríguez, 2023).

Adicionalmente, el uso intensivo de fertilizantes químicos ha sido asociado con efectos negativos sobre el suelo y el medio ambiente, tales como la degradación de la estructura del suelo, la pérdida de biodiversidad y la contaminación de fuentes hídricas (Ardisana et al., 2018; Rodríguez-Eugenio et al., 2019). Esta problemática ha impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles que permitan mantener la productividad agrícola sin comprometer los recursos naturales.

En este contexto, los abonos orgánicos han surgido como una opción viable para mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de insumos externos. Estos materiales aportan nutrientes esenciales y favorecen la actividad biológica del suelo, contribuyendo al desarrollo

adecuado de los cultivos. Sin embargo, la eficiencia de los abonos orgánicos puede variar considerablemente dependiendo de su origen, composición y condiciones de aplicación (Beltrán-Morales et al., 2019).

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus L.)* es altamente demandante en nutrientes, por lo que su crecimiento y rendimiento están directamente influenciados por las prácticas de fertilización (Alhasnawi et al., 2020). Aunque existen estudios que evidencian efectos positivos del uso de fertilizantes orgánicos en este cultivo, aún es limitada la información comparativa sobre el desempeño de diferentes tipos de abonos orgánicos bajo condiciones agroecológicas específicas, especialmente en regiones como la Orinoquía colombiana (Orluchukwu & Amadi, 2022).

En la granja agroecológica UNIMINUTO, ubicada en Villavicencio (Meta), los sistemas productivos enfrentan limitaciones asociadas a la fertilidad del suelo y al acceso a insumos agrícolas de alto costo, lo que hace necesario evaluar alternativas de fertilización que sean técnica y económicamente viables. No obstante, actualmente no se cuenta con información experimental local que permita comparar el efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino.

En consecuencia, surge la necesidad de generar evidencia científica que permita determinar cuál de los abonos orgánicos disponibles presenta un mejor desempeño agronómico en el cultivo de pepino, en la granja agroecológica de UNIMINUTO en Villavicencio, contribuyendo así a la toma de mejores decisiones.

# 4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existen diferencias en el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino cohombro (*Cucumis sativus* L.) entre tratamientos de gallinaza, lombricompost y bocashi bajo condiciones agroecológicas en Villavicencio, Meta?

# 5 OBJETIVOS

## 5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de tres tipos de abonos orgánicos sobre el crecimiento y la producción de un cultivo de pepino var. Cohombro, en condiciones de la granja agroecológica de UNIMINUTO.

## 5.2 Objetivo especifico

- Determinar el efecto de los tres abonos orgánicos sobre el crecimiento del pepino var. Cohombro.
- Determinar el efecto de los tres abonos orgánicos en la acumulación de materia seca del pepino var. Cohombro.
- Evaluar el rendimiento del pepino Var. Cohombro bajo la aplicación de los tres abonos orgánicos.

# 6 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación adquiere importancia en el contexto actual, dada la crítica situación que afrontan los productores agrícolas de todas las escalas debido a la volatilidad de los precios de los fertilizantes químicos. Este desafío no solo afecta la rentabilidad de sus producciones agrícolas, sino que también contribuye a la degradación progresiva de los suelos, comprometiendo la sostenibilidad de la agricultura.

La adopción de los fertilizantes orgánicos no solo se responde como una necesidad actual, sino que, a raíz de esto, abre nuevas puertas como, oportunidades para que los productores puedan tener la accesibilidad de producir y reducir su dependencia a los fertilizantes químicos, cuyos precios son un peso más para su economía. Igualmente, en producciones agrícolas que sean amigables con el medio ambiente

Con este trabajo de investigación se pretende generar recomendaciones sobre el buen uso de los biofertilizantes en contexto de agricultura sostenible (AS) para alcanzar una mayor tasa de crecimiento y rendimiento del cultivo de Pepino cohombro (*Cucumis sativus*. L), optimizando su estado morfofisiológico de la planta, aportando los suficientes nutrientes.

# 7 MARCO DE REFERENCIA

## 7.1 Cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.)

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es una hortaliza perteneciente a la familia Cucurbitaceae, ampliamente cultivada en regiones tropicales y subtropicales debido a su alta demanda en consumo fresco y procesamiento industrial. Este cultivo se caracteriza por su rápido crecimiento, elevado contenido de agua en los frutos y alta sensibilidad a las condiciones de fertilidad del suelo (Sandi, 2016; Alhasnawi et al., 2020).

Desde el punto de vista agronómico, el pepino presenta un sistema radicular superficial, lo que limita su capacidad de exploración del suelo y lo hace altamente dependiente de la disponibilidad inmediata de nutrientes. Por esta razón, el manejo de la fertilización constituye un factor determinante en su crecimiento y rendimiento (Hernández Hernández, 2022).

## 7.2 Crecimiento vegetal y su medición

El crecimiento vegetal se define como el aumento irreversible en tamaño y biomasa de una planta, resultado de procesos fisiológicos como la división y expansión celular. En cultivos hortícolas, este crecimiento puede ser evaluado mediante variables como altura de planta, número de hojas y acumulación de materia seca, las cuales reflejan el estado nutricional y la eficiencia en el uso de recursos (Taiz et al., 2015).

La biomasa seca es considerada una de las variables más integradoras del crecimiento, ya que permite cuantificar la acumulación real de materia orgánica en la planta, eliminando el efecto del contenido de agua. Esta variable es ampliamente utilizada en estudios agronómicos para evaluar la respuesta de los cultivos a diferentes tratamientos de fertilización (Poorter et al., 2012).

## 7.3 Rendimiento en cultivos hortícolas

El rendimiento es una variable compleja que resulta de la interacción entre factores genéticos, ambientales y de manejo agronómico. En el caso del cultivo de pepino, el rendimiento está determinado principalmente por el número de frutos por planta y el peso individual de los frutos, los cuales dependen directamente de la disponibilidad de nutrientes durante el ciclo del cultivo (Alhasnawi et al., 2020).

Diversos estudios han demostrado que la nutrición vegetal influye significativamente en la formación de estructuras reproductivas, afectando tanto la cantidad como la calidad de los frutos. En este sentido, una adecuada fertilización permite optimizar la eficiencia fotosintética y la asignación de biomasa hacia los órganos cosechables (Marschner, 2012).

## 7.4 Fertilidad del suelo y materia orgánica

La fertilidad del suelo se refiere a la capacidad de este para suministrar nutrientes esenciales a las plantas en cantidades adecuadas y en el momento oportuno. Uno de los principales indicadores de fertilidad es el contenido de materia orgánica, la cual desempeña un papel fundamental en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Brady & Weil, 2016).

La materia orgánica contribuye a la retención de humedad, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de nutrientes, además de favorecer la actividad microbiana. En suelos tropicales, caracterizados por bajos contenidos de materia orgánica y alta meteorización, la

incorporación de enmiendas orgánicas es una práctica clave para mejorar la productividad agrícola (Rodríguez-Eugenio et al., 2019).

## 7.5 Abonos orgánicos y su función en el suelo

Los abonos orgánicos son materiales de origen vegetal o animal que, tras procesos de descomposición, liberan nutrientes disponibles para las plantas. Entre los más utilizados se encuentran la lombricomposta, la gallinaza y el bocashi, cada uno con características específicas en cuanto a contenido nutricional y velocidad de mineralización (Beltrán-Morales et al., 2019).

La lombricomposta se caracteriza por su alta estabilidad y contenido de nutrientes disponibles, así como por su capacidad para mejorar la estructura del suelo y estimular la actividad microbiana. Por su parte, la gallinaza presenta un alto contenido de nitrógeno y fósforo, lo que la convierte en una fuente importante de nutrientes para cultivos de ciclo corto. El bocashi, al ser un abono fermentado, combina características de rápida disponibilidad de nutrientes con efectos positivos sobre la microbiota del suelo (Hernández Hernández, 2022).

Además de su aporte nutricional, los abonos orgánicos tienen un efecto positivo en la salud del suelo, ya que promueven la biodiversidad microbiana y reducen la dependencia de fertilizantes químicos, contribuyendo a sistemas agrícolas más sostenibles (FAO, 2023).

## 7.6 Efecto de los abonos orgánicos en el cultivo de pepino

Diversas investigaciones han evaluado el efecto de los abonos orgánicos sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de pepino, evidenciando resultados positivos en variables

agronómicas clave. Alhasnawi et al. (2020) encontraron que la aplicación de fertilizantes orgánicos mejora significativamente la altura de planta, el número de hojas y el rendimiento en comparación con tratamientos sin fertilización.

De manera similar, Orluchukwu y Amadi (2022) reportaron incrementos en el número y peso de frutos en plantas de pepino fertilizadas con abonos orgánicos, destacando que estos insumos no solo aportan nutrientes, sino que también mejoran las condiciones del suelo a largo plazo.

No obstante, los efectos de los abonos orgánicos pueden variar dependiendo del tipo de material utilizado, su grado de descomposición y las condiciones ambientales del sitio de cultivo. Por ello, es necesario realizar evaluaciones específicas en cada contexto agroecológico para determinar la eficiencia relativa de cada tipo de abono.

## 7.7 Condiciones agroecológicas de la Orinoquía colombiana

La región de la Orinoquía colombiana se caracteriza por presentar suelos altamente meteorizados, con bajos contenidos de materia orgánica y limitaciones en la disponibilidad de nutrientes, lo que representa un desafío para la producción agrícola sostenible (González Jiménez & Choque Ladino, 2020).

Adicionalmente, las condiciones climáticas de la región, con altas temperaturas y precipitaciones, favorecen procesos de lixiviación y pérdida de nutrientes, lo que hace necesario implementar estrategias de manejo del suelo que mejoren su fertilidad y capacidad productiva.

En este contexto, el uso de abonos orgánicos representa una alternativa viable para mejorar las condiciones del suelo y aumentar la productividad de los cultivos, especialmente en sistemas agroecológicos donde se busca reducir el uso de insumos externos.

# 8 METODOLOGÍA

## 8.1 Zona de estudio

El presente estudio se desarrollará en la granja agroecológica de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO), ubicada en la vereda Barcelona, municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia. Geográficamente, el área de estudio se localiza en las coordenadas 4°04'10" N y 73°35'09" O, a una altitud aproximada de 393 m s. n. m.

La zona presenta condiciones climáticas propias del piedemonte llanero, caracterizadas por temperaturas promedio cercanas a 28 °C, alta humedad relativa (alrededor del 70%) y un régimen de precipitación anual que oscila entre 3000 y 4500 mm. Estas condiciones favorecen el desarrollo de cultivos hortícolas, aunque también pueden incrementar la incidencia de enfermedades asociadas a alta humedad.

Desde el punto de vista edáfico, los suelos de la región se caracterizan por presentar bajos contenidos de materia orgánica, alta acidez y limitaciones en la disponibilidad de nutrientes, condiciones típicas de suelos altamente meteorizados en ambientes tropicales. Estas características hacen necesaria la implementación de estrategias de manejo que contribuyan a mejorar la fertilidad del suelo, como la aplicación de enmiendas orgánicas (González Jiménez & Choque Ladino, 2020). El experimento se llevará a cabo durante los meses de junio a septiembre de 2025, periodo

que corresponde a la temporada de lluvias en la región, lo cual permitirá evaluar el comportamiento de los tratamientos bajo condiciones reales de producción agroecológica.




***Figura 1.*** *Localización de la Granja de UNIMINUTO en Villavicencio, Meta.*

## 8.2 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es un estudio experimental. El tipo de enfoque en la investigación será cuantitativo, porque se implementará un diseño de bloques completamente al azar. (Salazar-Saltos et al., 2024 pág. 23) En este diseño seguido con los tratamientos (que en este caso son los diferentes tipos de fertilizantes orgánicos: lombricompost, gallinaza y bocashi) se asignaran aleatoriamente por surco. Cada bloque representa una unidad experimental que contiene una combinación específica de dosificación de fertilizante. Este enfoque permite controlar la variabilidad del rendimiento de los abonos orgánicos donde se evaluará los efectos de las variables de interés de manera más precisa.

Teniendo en cuenta lo anterior su evaluación será la siguiente:

- **Tipo de investigación**: Experimental
- **Variables de interés**: Crecimiento y producción de pepino
- **Tratamientos**: 9 tratamientos

## 8.3 Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con el fin de controlar la variabilidad espacial del terreno y mejorar la precisión en la estimación del efecto de los tratamientos. El área experimental tuvo una extensión total de 72 m², la cual fue dividida en tres bloques, cada uno compuesto por tres unidades experimentales (surcos). En cada bloque se asignaron aleatoriamente los tres tratamientos correspondientes a los abonos orgánicos evaluados: gallinaza, lombricomposta y bocashi.

Cada unidad experimental estuvo constituida por un surco con 20 plantas de pepino, para un total de 60 plantas por tratamiento y 180 plantas en todo el experimento. En este sentido, la unidad experimental correspondió al surco, mientras que las plantas individuales se consideraron como unidades de observación.

Los tratamientos evaluados fueron:

**T1: Gallinaza**

**T2: Lombricompost**

**T3: Bocashi**

Cada tratamiento estuvo presente una vez en cada bloque, para un total de tres repeticiones por tratamiento.

## 8.4 Variables evaluadas

Se evaluaron las siguientes variables agronómicas:

- Altura de la planta (cm)
- Materia seca (g)
- Número de frutos por planta
- Diámetro del fruto (cm)
- Longitud del fruto (cm)
- Peso del fruto (g)
- Rendimiento del cultivo (kg por unidad experimental)

Todas las variables fueron medidas a los 92 días después de la siembra (dds), correspondiente al momento de cosecha del cultivo.

## 8.5 Procedimiento de medición

**- Altura de planta:** medida desde la base del tallo hasta el ápice de la planta, en centímetros.

- **Número de frutos por planta**: conteo total de frutos cosechados por planta.

- **Diámetro y longitud del fruto:** medidos con calibrador en una muestra representativa de frutos por unidad experimental.

- **Peso del fruto**: determinado mediante balanza digital, registrando el peso individual de los frutos cosechados.

**- Rendimiento:** calculado como el peso total de frutos por unidad experimental (surco), expresado en kilogramos.

- **Materia seca:** Se recolectaron todas las plantas de cada unidad experimental al momento de cosecha. Se registró el peso fresco total. Posteriormente, el material vegetal fue sometido a secado en deshidratador durante 10 días hasta alcanzar peso constante. Finalmente, se registró el peso seco y se determinó la materia seca total por tratamiento.

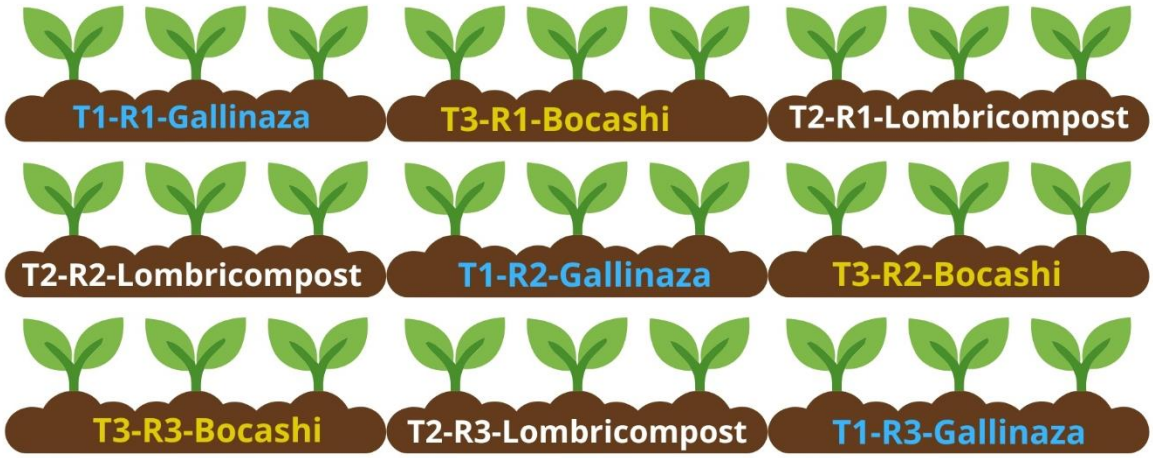



***Figura 3.*** *Diseño experimental de la investigación*

**Diseño de la Parcela**

1. Dimensiones de la parcela: 12 metros de largo x 6 metros de ancho. Para un área total de 72 $m^2$
2. Número de surcos: 9 surcos.
3. Ancho de cada surco: 0,8 m.
4. Espacio entre surcos: 0,60 m.
5. Distancia entre plantas en el surco: 0,30 m.
6. Número de plantas por surco: 20 plantas.

## 8.6 Cantidad de abono por Surco

Los contenidos nutricionales expresados en N, $P_2O_5$ y $K_2O$ de los abonos orgánicos se describen en la tabla No.1.

***Tabla 1.*** *Contenido nutrimental de los abonos orgánicos*

| Abono | N (%) | $P_2O_5$ (%) | $K_2O$ (%) |
|---|---|---|---|
| Gallinaza | 2.5 – 3.5 | 2.0 – 3.0 | 1.5 – 2.5 |
| Lombricompost | 1.5 – 2.0 | 1.0 – 1.5 | 1.0 – 1.5 |
| Bocashi | 1.0 – 1.5 | 1.0 – 2.0 | 1.0 – 2.0 |

Con el fin de garantizar una comparación objetiva entre los tratamientos, las dosis de los abonos orgánicos fueron ajustadas en función del contenido de nutrientes, particularmente nitrógeno (N) y potasio (K), considerados elementos clave en el crecimiento y producción del cultivo de pepino. Este enfoque permitió evitar sesgos derivados de la aplicación de cantidades desiguales de nutrientes, asegurando que las diferencias observadas en las variables agronómicas evaluadas se atribuyan al tipo de abono y no a la cantidad total de nutrientes suministrados.

El nitrógeno es un elemento esencial en la formación de tejidos vegetales y en el crecimiento vegetativo, mientras que el potasio desempeña un papel fundamental en la regulación hídrica, la síntesis de carbohidratos y la calidad de los frutos (De la Cruz, 2024). En cultivos hortícolas como el pepino, ambos nutrientes están estrechamente relacionados con el rendimiento, por lo que su adecuada disponibilidad resulta determinante para la expresión productiva del cultivo. En este sentido, las dosis de gallinaza, lombricompost y bocashi fueron calculadas considerando sus concentraciones promedio de N y K reportadas en la literatura, con el propósito de aproximar un suministro equivalente de estos nutrientes entre tratamientos.

Bajo este criterio, los abonos orgánicos fueron aplicados en cantidades diferenciadas, debido a las variaciones en su composición química y grado de mineralización. De esta manera, materiales con mayor concentración de nutrientes, como la gallinaza, requirieron menores dosis en comparación con abonos de menor concentración como el bocashi. Este procedimiento permitió estandarizar la oferta nutricional del experimento y mejorar la validez de los resultados, facilitando una interpretación más precisa del efecto de cada fuente orgánica sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo.

***Tabla 2.*** *Cantidad de abono por tratamiento*

| Tratamiento | Tipo de abono | Cantidad por surco (kg) | Cantidad por planta (g) |
|---|---|---|---|
| T1 | Gallinaza | 1.44 | 72 |
| T2 | Lombricompost | 2.16 | 108 |
| T3 | Bocashi | 2.88 | 144 |

# 9 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 9.1 Altura de la planta

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció un efecto significativo del tipo de abono orgánico sobre la altura en las plantas de pepino cohombro (*Cucumis sativus* L.) ($p < 0.0001$), lo que indica que los tratamientos evaluados influyeron de manera determinante en el crecimiento del cultivo. Por el contrario, el efecto de los bloques no fue significativo ($p = 0.936$), lo que sugiere que las condiciones del área experimental fueron homogéneas y que la variabilidad observada en la altura de las plantas se atribuye principalmente a los tratamientos aplicados y no a diferencias espaciales en el lote.

***Tabla 3.*** *Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la altura de planta en función de los tratamientos evaluados*

| Fuente de variación | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2 | 45143 | 22572 | 166.28 | < 0.0001 *** |
| Réplica (bloque) | 2 | 18 | 9 | 0.07 | 0.936 ns |
| Error | 175 | 23755 | 136 | — | — |

La comparación de medias mediante la prueba de Tukey (α=0.05) permitió identificar diferencias estadísticas entre los tratamientos. El tratamiento con gallinaza presentó los mayores valores de altura de planta y se diferenció significativamente de los demás tratamientos, mientras que el bocashi y el lombricompost no mostraron diferencias estadísticas entre sí (Figura No. 1). Estos resultados sugieren que la gallinaza promovió un mayor crecimiento vegetativo en el cultivo, posiblemente debido a su mayor contenido de nitrógeno en forma de amonio $(NH_4)^+$ y a una tasa de mineralización más rápida, lo que favorece una mayor disponibilidad de nutrientes durante las etapas iniciales y de desarrollo activo del cultivo.

El análisis gráfico mediante diagramas de violín complementó la interpretación estadística al mostrar la distribución de los datos para cada tratamiento. En el caso de la gallinaza, se observó una mayor concentración de valores en rangos altos de altura, lo que indica no solo un mayor crecimiento promedio, sino también una tendencia consistente hacia plantas más vigorosas. Por otro lado, los tratamientos con bocashi y lombricompost presentaron distribuciones más compactas y concentradas en rangos inferiores, lo que sugiere un crecimiento más uniforme pero limitado en comparación con la gallinaza.

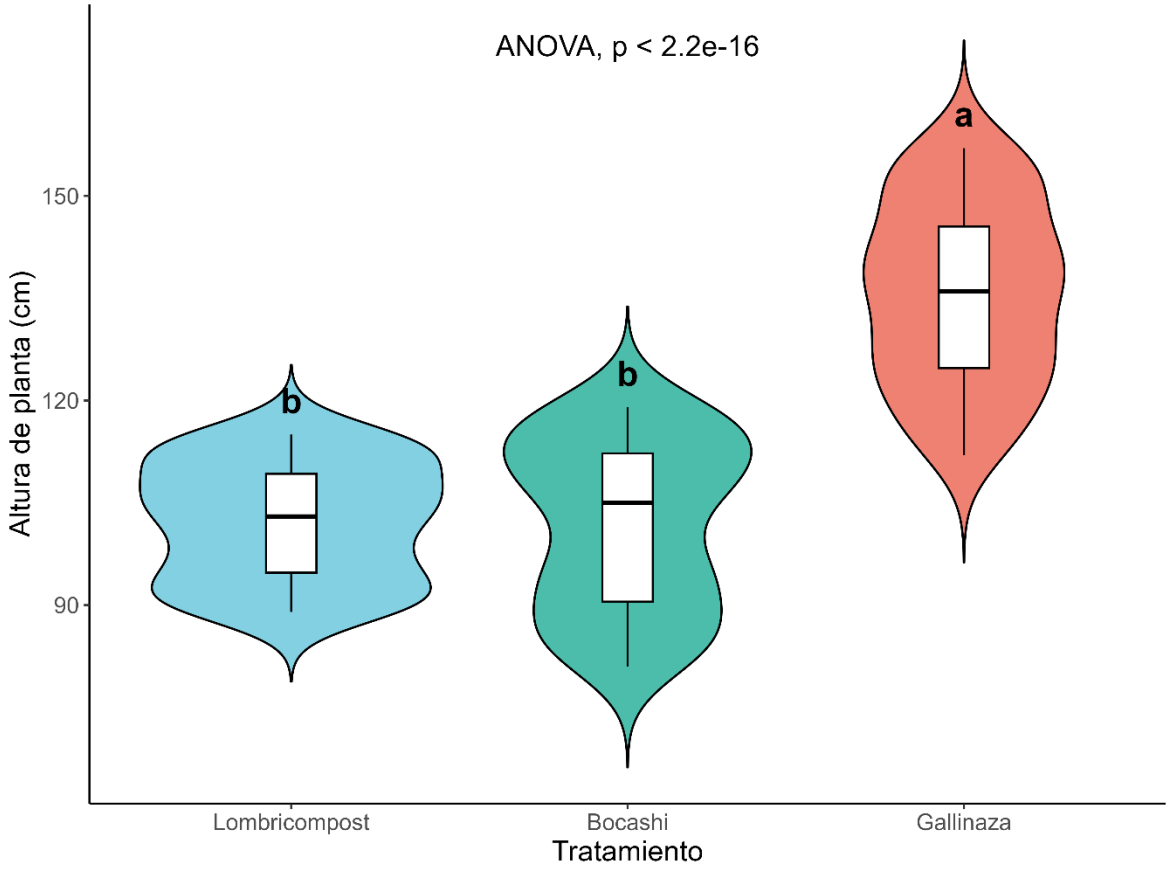



**figura 4.** *Altura de planta en función de los tratamientos evaluados*

Desde un punto de vista de la agroecología, estos resultados son coherentes con la naturaleza de los abonos evaluados. La gallinaza, al ser un material con mayor concentración de nutrientes y menor estabilidad, tiende a liberar nutrientes más rápidamente, lo que favorece el crecimiento vegetativo. En contraste, el lombricompost y el bocashi, aunque aportan materia orgánica y mejoran las propiedades del suelo, presentan una liberación de nutrientes más gradual, lo que puede limitar la disponibilidad inmediata de nitrógeno para el cultivo. Esto explica por qué, bajo las condiciones de este experimento, estos tratamientos no lograron igualar el efecto de la gallinaza sobre la altura de planta.

Sin embargo, es importante destacar que una mayor altura de planta no necesariamente se traduce en un mayor rendimiento, ya que el crecimiento vegetativo excesivo puede no estar directamente relacionado con la producción de frutos. Por lo tanto, estos resultados deben ser interpretados en conjunto con las variables de rendimiento para establecer conclusiones integrales sobre la eficiencia de los abonos orgánicos evaluados.

## 9.2 Contenido de materia seca

La acumulación de materia seca presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.0001$), evidenciando que el tipo de abono orgánico influyó de manera determinante en la producción de biomasa del cultivo de pepino (Tabla 4). De acuerdo con la prueba de comparación múltiple de Tukey, el tratamiento con lombricompost mostró los valores más altos de materia seca y se diferenció significativamente de los demás tratamientos, mientras que el bocashi y la gallinaza no presentaron diferencias estadísticas entre sí.

***Tabla 4.*** *Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de materia seca en función de los tratamientos evaluados*

| Fuente de variación | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2 | 54814.12 | 27407.06 | 39.21 | < 0.0001 *** |
| Réplica (bloque) | 2 | 2695.53 | 1347.76 | 1.93 | 0.148 ns |
| Error | 175 | 122325.37 | 699.00 | — | — |

Este comportamiento resulta particularmente interesante, ya que contrasta parcialmente con los resultados observados en la variable altura de planta, donde la gallinaza promovió un mayor crecimiento en longitud. En este caso, el lombricompost favoreció una mayor acumulación de biomasa, lo que sugiere que este tratamiento pudo haber estimulado una mayor eficiencia en la síntesis y acumulación de foto asimilados en los tejidos vegetales, más allá del simple crecimiento en altura. Este resultado resalta la importancia de evaluar variables integradoras como la materia seca, que reflejan de manera más completa el desempeño fisiológico del cultivo.

Desde el punto de vista agroecológico, la mayor acumulación de materia seca en el tratamiento con lombricompost puede estar asociada a una liberación más gradual y sostenida de nutrientes, lo que favorece una nutrición más equilibrada durante el ciclo del cultivo. A diferencia de la gallinaza, que presenta una mineralización más rápida y puede inducir un crecimiento vegetativo más acelerado, el lombricompost tiende a mejorar las condiciones del suelo, la actividad microbiana y la eficiencia en la absorción de nutrientes, promoviendo una mayor acumulación de biomasa estructural.

El análisis de la distribución de los datos mediante el diagrama de violín Figura 3. refuerza esta interpretación, evidenciando que el lombricompost presenta una mayor concentración de valores en rangos superiores de materia seca, mientras que el bocashi muestra una mayor variabilidad y dispersión de los datos. Por su parte, la gallinaza presenta valores intermedios, con una distribución relativamente más compacta, lo que indica una respuesta más homogénea, pero sin alcanzar los niveles máximos observados del lombricompost.

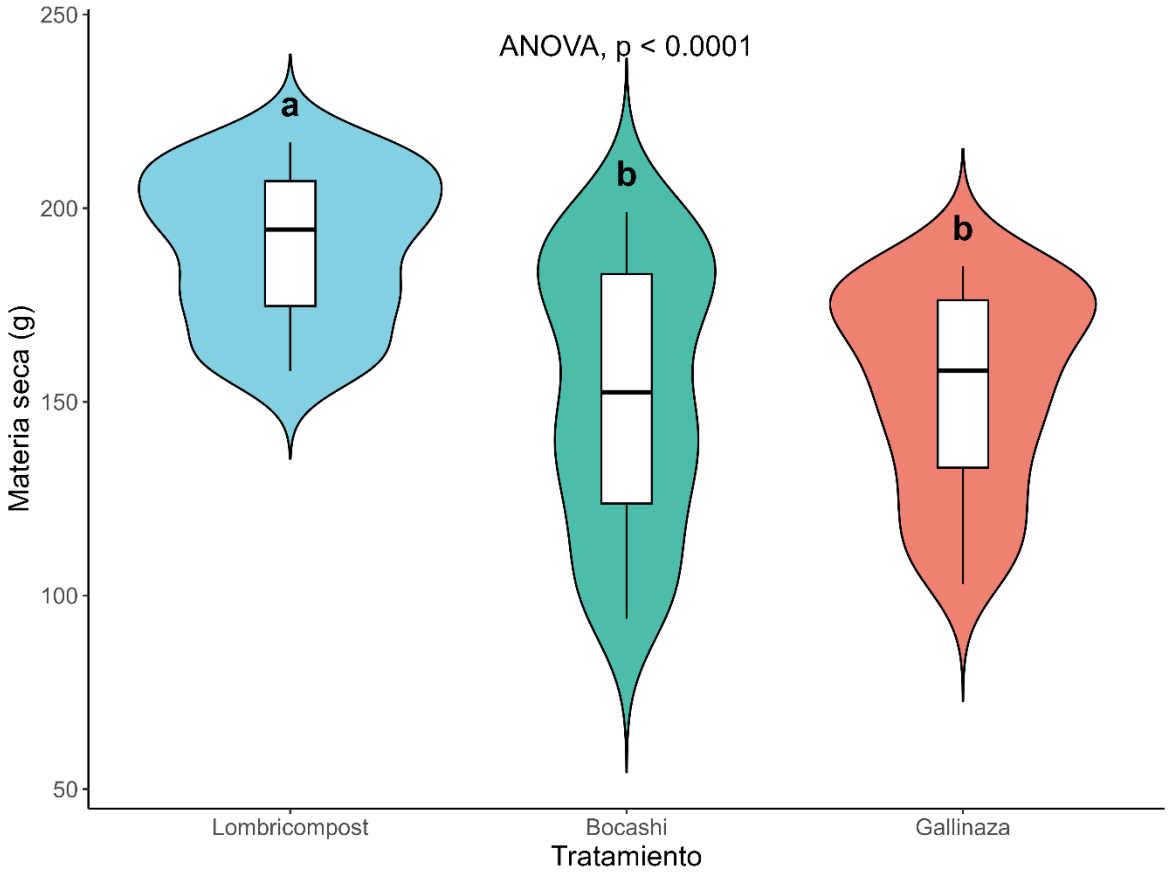



***Figura 5.*** *Contenido de materia seca en función de los tratamientos evaluados*

Estos resultados sugieren que los diferentes abonos orgánicos no solo afectan la magnitud del crecimiento, sino también la forma en que el cultivo distribuye y acumula biomasa. En este

sentido, mientras la gallinaza parece favorecer un crecimiento más elongado, el lombricompost promueve una mayor acumulación de materia seca, lo cual podría estar relacionado con una mejor eficiencia fisiológica del cultivo.

Finalmente, es importante destacar que una mayor acumulación de materia seca no necesariamente se traduce en un mayor rendimiento en términos de producción de frutos, por lo que estos resultados deben ser analizados en conjunto con las variables de rendimiento. No obstante, la materia seca constituye un indicador clave del estado fisiológico del cultivo y de la eficiencia en el uso de los recursos, por lo que su incremento bajo el tratamiento con lombricompost sugiere un potencial agroecológico importante que debe ser evaluado de manera integral.

### 9.3 Numero de frutos

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció un efecto significativo del tipo de abono orgánico sobre el número de frutos por planta en el cultivo de pepino ($p < 0.0001$), lo que indica que los tratamientos evaluados influyeron de manera determinante en la producción del cultivo (Tabla 5). La ausencia de efecto significativo de los bloques ($p > 0.05$) confirma que las condiciones del área experimental fueron homogéneas y que las diferencias observadas se atribuyen principalmente a los tratamientos aplicados.

***Tabla 5.*** *Análisis de varianza (ANOVA) para el número de frutos por planta en el cultivo de pepino*

| Fuente de variación | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2 | 574.94 | 287.47 | 132.94 | < 0.0001 *** |
| Réplica (bloque) | 2 | 1.00 | 0.50 | 0.23 | 0.793 ns |
| Error | 175 | 378.43 | 2.16 | — | — |

La prueba de comparación de medias de Tukey α=0.05 (figura 6.) mostró que el tratamiento con lombricompost presentó el mayor número de frutos por planta, diferenciándose significativamente de los tratamientos con bocashi y gallinaza. Por su parte, el tratamiento con gallinaza ocupó una posición intermedia, mientras que el bocashi presentó los valores más bajos de producción. Este resultado indica que, aunque algunos tratamientos pueden favorecer el crecimiento vegetativo, no necesariamente optimizan la producción de frutos.

El análisis de la distribución de los datos mediante el diagrama de violín permite reforzar esta interpretación. El tratamiento con lombricompost mostró una mayor concentración de valores en rangos superiores de número de frutos, lo que evidencia una respuesta productiva más consistente y favorable. En contraste, el bocashi presentó una distribución más concentrada en valores bajos, indicando una menor eficiencia productiva. La gallinaza, aunque presentó una distribución más amplia, no alcanzó los niveles de producción observados con el lombricompost.

Desde el punto de vista agroecológico, estos resultados sugieren que el lombricompost favorece una mejor distribución de asimilados hacia los órganos reproductivos, lo que se traduce en una mayor formación de frutos. Esto puede estar asociado a una liberación más equilibrada y sostenida de nutrientes, así como a mejoras en la actividad biológica del suelo, lo que optimiza la absorción de nutrientes y el funcionamiento fisiológico del cultivo. En contraste, la gallinaza, aunque promueve un crecimiento vegetativo más vigoroso, puede inducir un desbalance en la asignación de recursos, favoreciendo el desarrollo de estructuras vegetativas sobre las reproductivas.

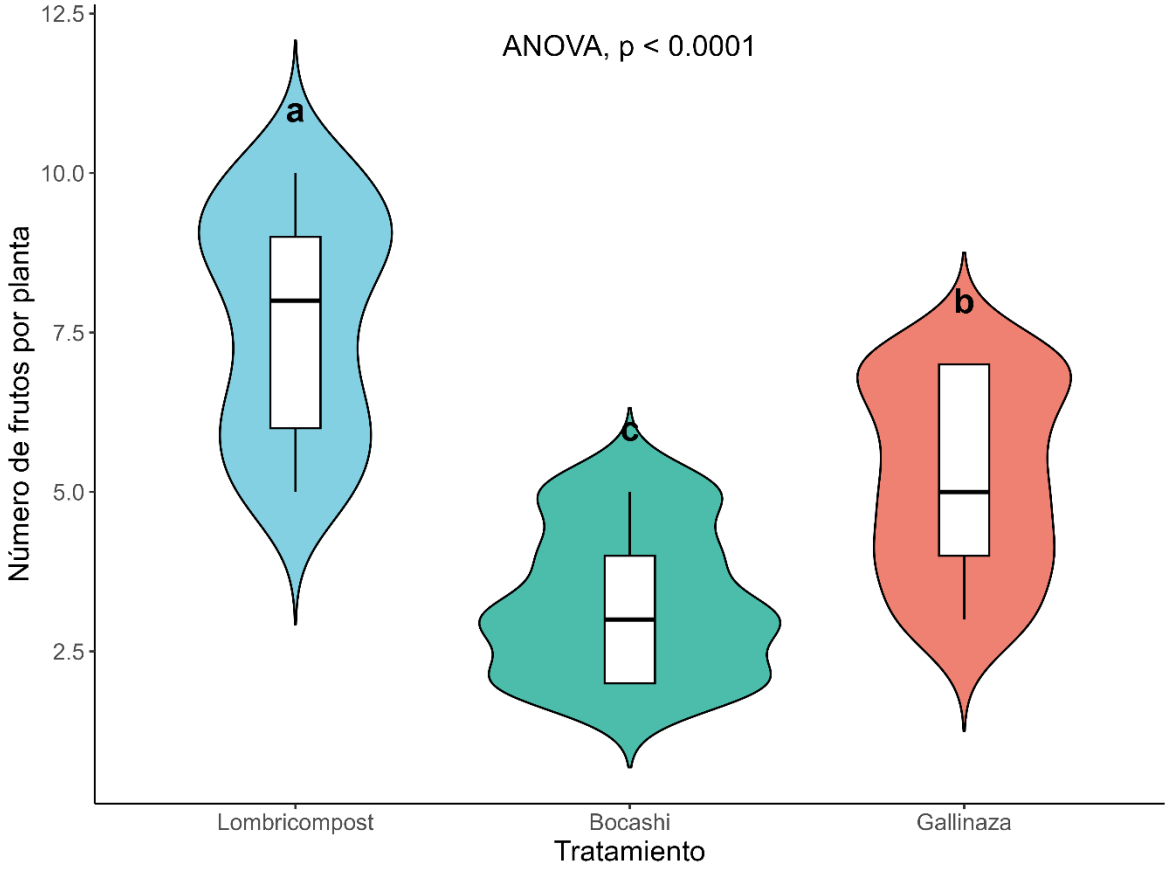



***Figura 6.*** *Número de frutos por planta en el cultivo de pepino*

Este comportamiento es consistente con la relación observada entre las variables evaluadas en el estudio. Mientras que la gallinaza promovió una mayor altura de planta, el lombricompost favoreció una mayor acumulación de materia seca y, en este caso, una mayor producción de frutos. Esto evidencia que el crecimiento vegetativo no siempre está directamente relacionado con el rendimiento, y resalta la importancia de evaluar múltiples variables para comprender el desempeño integral del cultivo.

En conjunto, los resultados indican que el lombricompost representa el tratamiento más eficiente desde el punto de vista productivo, al promover una mayor formación de frutos por planta. Por el contrario, el bocashi mostró un menor desempeño en esta variable, lo que podría estar relacionado con una menor disponibilidad inmediata de nutrientes. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar fuentes de fertilización no solo en función de su efecto sobre el crecimiento, sino también de su impacto en la producción final del cultivo.

### 9.4 Peso de los frutos

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció un efecto significativo del tipo de abono orgánico sobre el peso de los frutos en el cultivo de pepino ($p < 0.0001$), indicando que los tratamientos evaluados influyeron de manera determinante en el tamaño y peso de los frutos producidos. La prueba de comparación múltiple de Tukey mostró que el tratamiento con lombricompost presentó los mayores valores de peso de fruto, diferenciándose significativamente de los tratamientos con bocashi y gallinaza, los cuales no mostraron diferencias estadísticas entre sí.

***Tabla 6.*** *Análisis de varianza (ANOVA) para el peso de frutos en el cultivo de pepino*

| Fuente de variación | Gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2 | 531116.50 | 265558.25 | 160.38 | < 0.0001 *** |
| Réplica (bloque) | 2 | 8477.69 | 4238.85 | 2.56 | 0.080 ns |
| Error | 175 | 289769.79 | 1655.83 | — | — |

El análisis gráfico mediante diagramas de violín confirma estos resultados, evidenciando que el lombricompost presenta una mayor concentración de valores en rangos superiores de peso, lo que indica una mayor consistencia en la producción de frutos más pesados. En contraste, los tratamientos con bocashi y gallinaza presentan distribuciones más amplias pero concentradas en valores inferiores, lo que sugiere una menor eficiencia en la acumulación de biomasa a nivel del fruto.

Desde el punto de vista fisiológico, el mayor peso de los frutos bajo el tratamiento con lombricompost puede estar asociado a una mejor disponibilidad y balance de nutrientes durante la fase de llenado del fruto, particularmente en elementos como potasio, que desempeñan un papel fundamental en la translocación de carbohidratos y el desarrollo del fruto. La liberación gradual de nutrientes característica del lombricompost favorece una nutrición más sostenida, lo que permite una mayor acumulación de materia seca en los órganos reproductivos.

En contraste, la gallinaza, aunque promovió un mayor crecimiento vegetativo (altura de planta), no se tradujo en frutos de mayor peso, lo que sugiere una posible competencia entre el crecimiento vegetativo y reproductivo por los fotoasimilados. Este comportamiento es consistente con sistemas donde una alta disponibilidad de nitrógeno favorece el desarrollo foliar en detrimento del llenado de frutos. Por su parte, el bocashi presentó los menores valores de peso, lo que podría

estar relacionado con una menor disponibilidad inmediata de nutrientes o una menor eficiencia en su liberación durante las etapas críticas del cultivo.

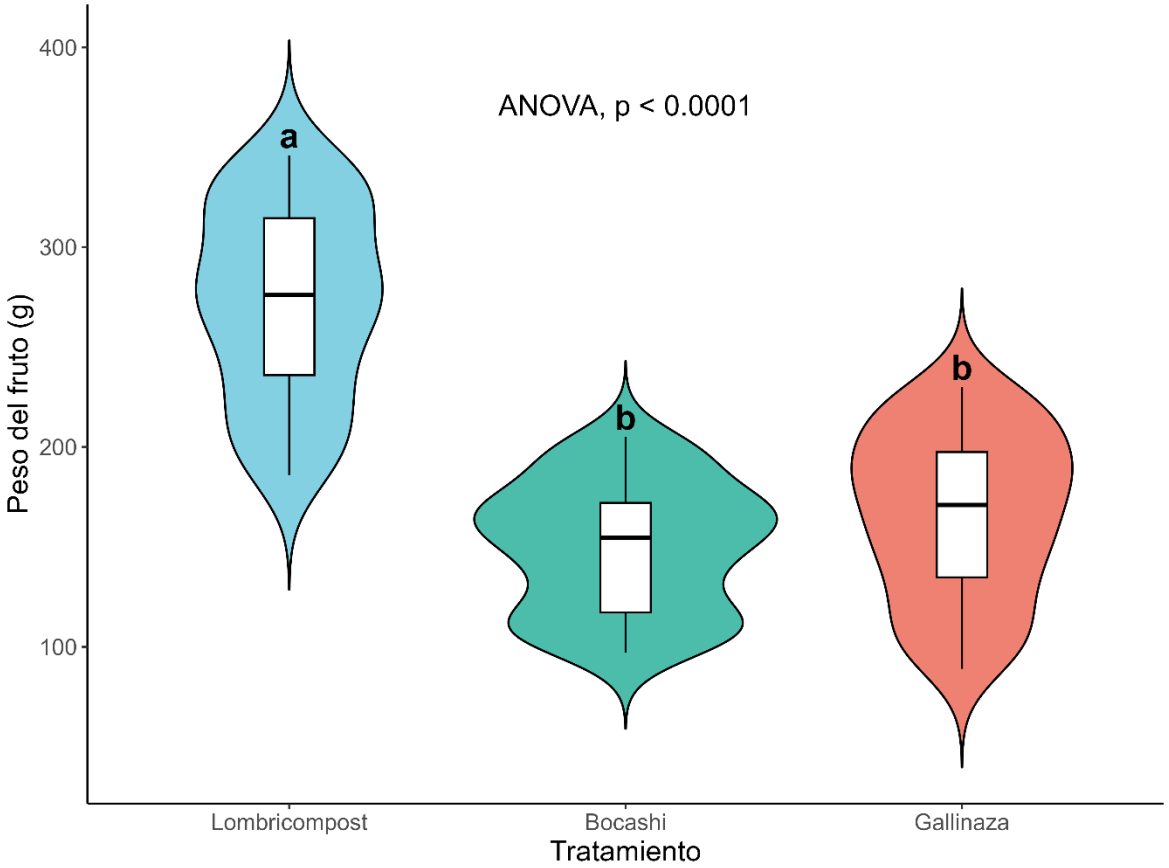



***Figura 7.*** *Peso de frutos en el cultivo de pepino*

Estos resultados, en conjunto con las variables previamente analizadas (altura de planta, materia seca y número de frutos), evidencian que los tratamientos no solo afectan la cantidad de frutos producidos, sino también su calidad en términos de peso, lo que tiene implicaciones directas sobre el rendimiento final del cultivo. En este sentido, la lombricomposta mostró un comportamiento superior al favorecer tanto la producción como el tamaño de los frutos, consolidándose como el tratamiento más eficiente desde el punto de vista productivo.

## 9.5 Producción en kilogramos de fruta producida

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció un efecto significativo del tipo de abono orgánico sobre la producción por planta en el cultivo de pepino ($p < 0.0001$), lo que indica que los tratamientos evaluados influyeron de manera determinante en el rendimiento del cultivo. La ausencia de efecto significativo de los bloques confirma la homogeneidad del área experimental y respalda la validez de los resultados obtenidos.

.

***Tabla 7.*** *Análisis de varianza (ANOVA) para la producción por planta en el cultivo de pepino*

| Fuente de variación | gl | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F | p-valor |
|---|---|---|---|---|---|
| Tratamiento | 2 | 85,901,850 | 42,950,925 | 218.45 | < 0.0001 *** |
| Réplica (bloque) | 2 | 604,259 | 302,129 | 1.54 | 0.218 ns |
| Error | 175 | 34,408,220 | 196,047 | — | — |

La prueba de comparación de medias de Tukey $\alpha=0.05$ mostró que el tratamiento con lombricompost presentó la mayor producción por planta, diferenciándose significativamente de los tratamientos con bocashi y gallinaza. Por su parte, la gallinaza mostró valores intermedios de producción, mientras que el bocashi presentó los valores más bajos. Este comportamiento indica que el lombricompost fue el tratamiento más eficiente en términos productivos bajo las condiciones del experimento.

El análisis gráfico mediante diagramas de violín refuerza estos resultados, evidenciando que el lombricompost presenta una mayor concentración de valores en rangos altos de producción, lo que indica una respuesta productiva consistente y superior. En contraste, el bocashi presenta una distribución más concentrada en valores bajos, mientras que la gallinaza muestra una mayor

dispersión, lo que sugiere una respuesta intermedia pero menos eficiente en comparación con el lombricompost.

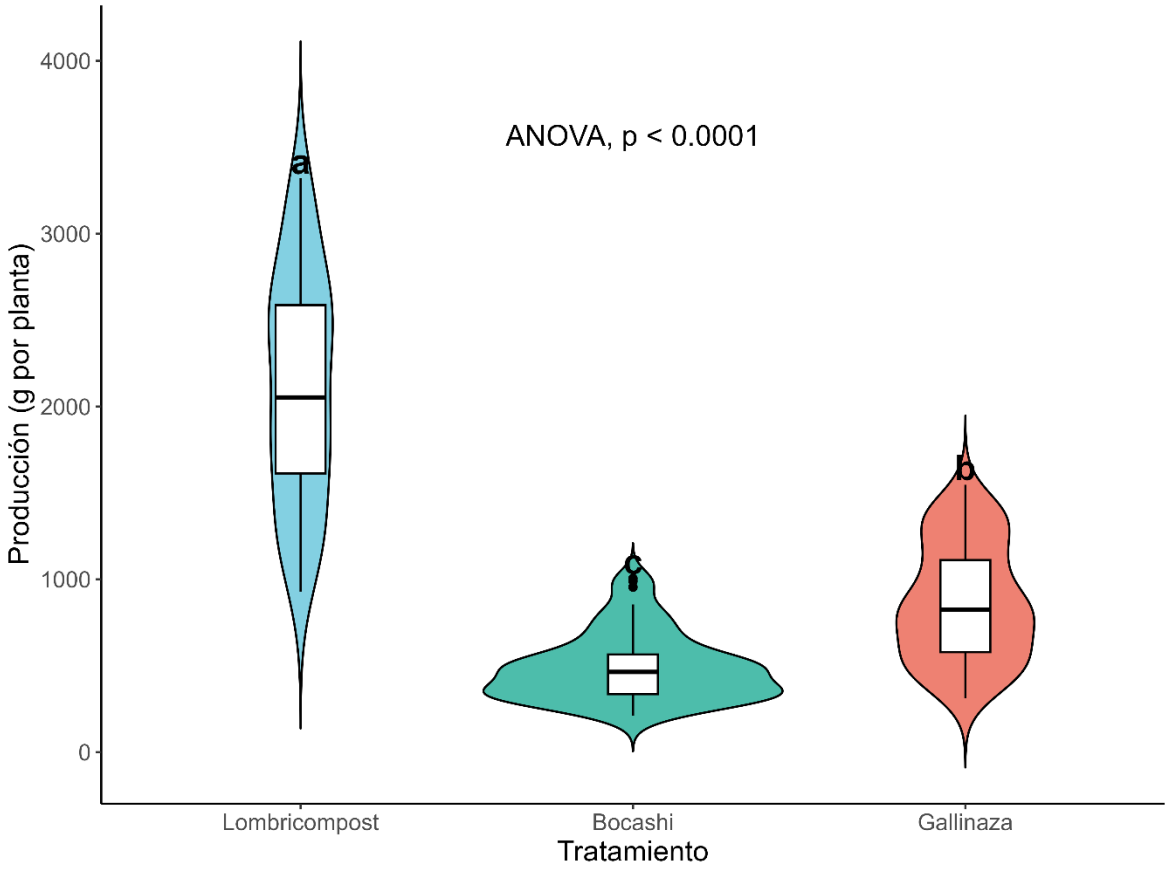



***figura 8.*** *Producción por planta en el cultivo de pepino*

Desde el punto de vista agroecológico, la mayor producción observada con lombricomposta puede explicarse por una combinación de factores previamente evidenciados en las variables evaluadas. Este tratamiento no solo favoreció una mayor acumulación de materia seca, sino también un mayor número de frutos y un mayor peso individual de los mismos, lo que en conjunto se traduce en un incremento significativo del rendimiento. Esto sugiere que el lombricompost promueve una mejor eficiencia fisiológica del cultivo, favoreciendo tanto la formación como el llenado de frutos.

En contraste, la gallinaza, aunque promovió un mayor crecimiento en altura, no logró maximizar la producción, lo que indica que un mayor desarrollo vegetativo no necesariamente se traduce en un mayor rendimiento. Este resultado sugiere un posible desbalance en la distribución de foto asimilados, donde el crecimiento vegetativo compite con el desarrollo reproductivo. Por su parte, el bocashi presentó el menor desempeño productivo, lo que podría estar relacionado con una menor disponibilidad inmediata de nutrientes o una liberación más lenta durante las etapas críticas del cultivo.

En conjunto, estos resultados evidencian que el tipo de abono orgánico no solo afecta el crecimiento del cultivo, sino también la eficiencia en la producción de frutos, siendo el lombricompost el tratamiento que optimiza la relación entre crecimiento y rendimiento bajo las condiciones evaluadas.

## 12. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten sugerir que no todos los abonos orgánicos actúan igual sobre el cultivo de pepino. La gallinaza logró plantas más altas, con un promedio de 135,6 cm frente a los 102,2 cm del lombricompost y los 101,7 cm del bocashi. Esto se explica por su mayor concentración de nitrógeno y su rápida liberación al suelo, lo que impulsa el crecimiento de la planta desde las primeras etapas del cultivo.

Aunque la gallinaza produjo las plantas más vigorosas en altura, fue el lombricompost el que logró mayor acumulación de materia seca, con 190,0 g por planta frente a 153,6 g de la gallinaza y 152,4 g del bocashi. Esto indica que crecer más en altura no siempre significa crecer

mejor: el lombricompost, al liberar nutrientes de forma más pausada y constante, permitió que la planta construyera más biomasa real a lo largo de todo su ciclo.

En cuanto a la producción, las plantas fertilizadas con lombricompost produjeron frutos con un peso promedio de 272,2 g y una producción por planta de 2.104,6 g, muy por encima de la gallinaza (165,6 g y 863,3 g) y del bocashi (149,8 g y 488,0 g). Esto confirma que el mayor crecimiento en altura que generó la gallinaza no se tradujo en más ni mejores frutos, posiblemente porque la planta destinó gran parte de su energía al desarrollo de tallos y hojas en lugar de a la producción.

El bocashi fue el tratamiento con menor respuesta en todas las variables productivas evaluadas, lo que sugiere que, bajo las condiciones de este experimento, su aporte nutricional no fue suficiente para satisfacer las demandas del cultivo en los momentos clave. Tomando en cuenta todos los resultados, el lombricompost es la mejor opción de fertilización orgánica para el pepino cohombro en la granja agroecológica de UNIMINUTO en Villavicencio, Meta, al ser el único tratamiento que logró equilibrar crecimiento y producción de manera consistente.

## 13. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda incorporar el lombricompost como práctica estándar de fertilización en los sistemas hortícolas de la granja agroecológica UNIMINUTO y en fincas productoras de la región de la Orinoquía. Su uso no solo mejoró significativamente el rendimiento del pepino cohombro, sino que representa una alternativa

concreta hacia una producción limpia de alimentos, libre de insumos químicos de síntesis. A diferencia de los fertilizantes convencionales, el lombricompost puede producirse localmente a partir de residuos orgánicos, lo que reduce costos, disminuye la huella ambiental del sistema productivo y fortalece la autonomía del agricultor frente a los precios de los insumos químicos.

Desde la agroecología, se recomienda promover el uso combinado y rotativo de abonos orgánicos como gallinaza, lombricompost y bocashi, adaptando su aplicación a las necesidades específicas de cada etapa del cultivo. La gallinaza, por su rápida liberación de nutrientes, puede resultar útil en las fases iniciales de establecimiento, mientras que el lombricompost, por su acción sostenida, es más conveniente durante el desarrollo vegetativo y la etapa reproductiva. Este enfoque integral permite aprovechar las fortalezas de cada abono, mejorar progresivamente la salud del suelo y avanzar hacia sistemas de producción más resilientes.

Se recomienda que las instituciones educativas, entidades de extensión rural y asociaciones de productores de la región impulsen programas de formación y transferencia de tecnología centrados en la producción y uso de abonos orgánicos. Apostar por la fertilización orgánica no es únicamente una decisión agronómica; es también una decisión ética y ambiental que contribuye a la producción limpia de alimentos, a la reducción de la contaminación de suelos y fuentes hídricas, y a la construcción de una agricultura más justa y sostenible. En un contexto donde los precios de los fertilizantes químicos continúan afectando la rentabilidad de los pequeños productores, los abonos orgánicos representan una herramienta poderosa para recuperar la soberanía productiva desde los principios de la agroecología.

# 10 REFERENCIAS


Ardisana, E., Gaínza, B., Torres, A., & Fosado, O. (2018). *Agricultura en Sudamérica: La huella ecológica y el futuro de la producción agrícola*. Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades, (5), 90-101. https://www.redalyc.org/journal/5717/571763394006/html/

Beltrán-Morales, Félix Alfredo, Nieto-Garibay, Alejandra, Murillo-Chollet, Jesús Salvador Argenis, Ruiz-Espinoza, Francisco Higinio, Troyo-Dieguez, Enrique, Alcala-Jauregui, Jorge Alonso, & Murillo-Amador, Bernardo. (2019). *Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica.* Terra Latinoamericana, 37(4), 371-378. Epub 24 de marzo de 2020. https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.520

Blog Agricultura. (2023, 14 de diciembre). *El cultivo del pepino y su importancia económica*. Blog Agricultura. https://blogagricultura.com/origen-del-pepino/

Cardoso, P. 2022. *Valor nutricional y beneficios del pepino. La Vanguardia*. https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20240308/8063553/espina-pescado-garganta-que-hacer.html

DANE. (2023, septiembre 11). *Boletín SIPSADiario. Recuperado de* https://www.dane.gov.co/files/operaciones/SIPSA/bol-SIPSADiario-11sep2023.pdf (consulta: 1 de mayo, 2024)

De la Cruz-Chamorro, H. y colaboradores (2024). *Fertilizantes en la producción agrícola: un análisis de la percepción productiva y de sostenibilidad en el Perú.* Terra Latinoamericana / Revista latinoamericana de ciencias del suelo. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-30532024000200209

De Miguel, E. (2021, marzo 20), *Plagas y Enfermedades del Pepino: tratamientos ecológicos. AgroHuertos*. https://www.agrohuerto.com/cultivo-del-pepino-plagas-y-enfermedades/

FAO. (2023). The State of Food and Agriculture 2023 – *Revealing the true cost of food to transform agrifood systems. Rome*. https://doi.org/10.4060/cc7724en

Fervalle. (2020). *Cultivo del Pepino - Cuidados y Fertilizantes*. Disponible en: [Fervalle] https://www.fervalle.com/ (consulta: 2 de mayo, 2024)

Gonzales, P. 2019. *Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes*. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf.

González Jiménez, G., & Choque Ladino, N. (2020). *Condiciones actuales en términos de pérdida de biodiversidad en corredores biológicos de la Granja Agroecológica UNIMINUTO, Villavicencio, Meta, Colombia. Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Semillero de Investigación Agroecosistemas Sostenibles de la Orinoquia Colombiana – ASOC.* https://www.researchgate.net/publication/316001273_Condiciones_actuales_en_terminos_de_perdida_de_biodiversidad_en_corredores_biologicos_de_la_Granja_Agroecologica_Uniminuto_Villavicencio_Meta_Colombia

Hernández Hernández, R. E. (2022). *Estudio comparativo de alternativas de fertilizantes para los cultivos de Colombia a partir de la aplicación de la biotecnología [Comparative study of fertilizer alternatives for crops in Colombia from the application of biotechnology]. (Tesis de maestría). Fundación Universidad de América.* https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8900/4/998728-2022-1-GA.pdf

*IICA, 2023. Aumenta 137% el valor de las importaciones de fertilizantes químicos de América Latina y el Caribe en 2022. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura* https://blog.iica.int/blog/aumenta-137-valor-las-importaciones-fertilizantes-quimicos-america-latina-caribe-en-2022

Melo, J. Y. & Ruiz, J.F., abril, (2024). *Informe de Predicción Climática a corto, mediano y largo plazo en Colombia. Grupo de Modelamiento de Tiempo y Clima, Subdirección de Meteorología – IDEAM* http://bart.ideam.gov.co/wrfideam/new_modelo/CPT/informe/Informe.pdf

Neama, A., Abdullah, Z., & Alhasnawi, N. (2020). *Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Growth and Yield of Cucumber, Cucumis sativus L. Indian Journal of Ecology, 47*. https://www.researchgate.net/publication/338901575_Effect_of_Organic_and_Chemical_Fertilizers_on_Growth_and_Yield_of_Cucumber_Cucumis_sativus_L

*OECD/FAO (2020), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029, OECD Publishing, Paris*, https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es

Orluchukwu, J. A., & Amadi, C. O. (2022). *Comparative Analysis of the Effect of Organic and Inorganic Fertilizer on the Growth and Yield of Cucumber (Cucumis sativus* L.*)*. International Journal of Agriculture and Biology, 24(1), 195-200 Orluchukwu-and-Amadi-.pdf (journalissues.org)

Pineda, J. (2022, 18 de marzo). *Los altos costos de los fertilizantes amenazan a los agricultores en medio de la guerra de Ucrania*. https://www.dw.com/en/high-fertilizer-costs-threaten-farmers-amid-sanctions-on-russia/a-61163444

Rodríguez, D. (2023, julio 08). *El 'respiro' para el bolsillo y el sector agro por la baja de precios. Portafolio [online].* https://www.portafolio.co/revista-portafolio/precios-de-fertilizantes-empiezan-a-estabilizarse-que-pasara-con-el-agro-en-colombia-585640.

Rodríguez-Eugenio, N., McLaughlin, M. y Pennock, D. 2019. *La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO* https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf

Salazar-Saltos, A., Ramírez-Zambrano, M., & Gaibor-Calero, D. (2024). *Evaluación de tres dosis de fertilizantes orgánicos en el desarrollo agronómico del pepino (Cucumis sativus L.) variedad cucumber en el Triunfo Cantón La Maná. Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 4, 20-33. https://doi.org/10.25127/riagrop.20241.967

Sandí Mendoza, C. G. (2016). *Crecimiento, producción y absorción nutricional del cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) con dos soluciones nutritivas en ambiente protegido en la zona de San Carlos, Costa Rica (Trabajo final de graduación)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9837/crecimiento_producci%C3%B3n_absorci%C3%B3n_cultivo_pepino_%28cucumis%20sativus%20l.%29_con_dos_soluciones_nutritivas_ambiente_protegido_zona_san%20carlos_costa%20rica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SIAP. (27 de marzo de 2019). *El consentido de la familia Cucurbitácea: el pepino. SIAP*. https://www.gob.mx/siap/articulos/el-consentido-de-la-familia-cucurbitaceae-el-pepino?idiom=es

Universidad Agrícola. (2020, diciembre 23). *Pepino, taxonomía y descripciones botánicas. Universidad Agrícola.* https://universidadagricola.com/pepino-taxonomia-y-descripciones-botanicas/

Valderrama, J. (2021). *Crisis agrícola en Colombia: una visión ingenieril sobre el problema de los fertilizantes.* GRESIA, (6). Recuperado a partir de https://revistas.uan.edu.co/index.php/gresia/article/view/951

Zona Green. (2024). *Fertilización Inteligente: Orgánica vs. Química. Recuperado de Zona Green*] https://jardiniemos.com/cultivos/tecnicas-de-cultivo/fertilizacion-inteligente/

# 11 ANEXOS



**Figura 11.***Terreno designado para el proyecto*



**Figura 10.** *Labranza mínima y establecimiento de los surcos*



**Figura 9.** *Germinación de plántulas de pepino cohombro*



***Figura 12.*** *Plántulas de pepino cohombro*



**Figura 13.** *Delimitación de las parcelas experimentales y establecimiento de los surcos de siembra*



**Figura 14.** *Crecimiento de las plántulas de pepino*



**Figura 15.** *Siembra de plántulas de pepino (Cucumis sativus L.) en el terreno experimental.*



**Figura 16.** *Aplicación de abonos orgánicos en las camas experimentales*




**Figura 17.** *Registro fotográfico del crecimiento del cultivo bajo diferentes tratamientos orgánicos*



**Figura 18.** *Floración inicial en plántulas de pepino cohombro*



**Figura 20.** *Sistema de tutorado colgado*




**Figura 19.** *Trichoderma spp. a razón de 1 cm³ por litro de agua*



**Figura 21.** *Aplicación foliar y radicular de Trichoderma spp.*



**Figura 22.** *Distribución uniforme de los abonos orgánicos sobre la superficie del suelo*



**Figura 23.** *Presencia de los primeros frutos en desarrollo*



**Figura 26.** *Desarrollo de pepinos de mayor tamaño, reflejando la eficiencia del tratamiento orgánico*



**Figura 25.** *Se observa un incremento significativo en el desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo*



**Figura 24.** *Fase de floración, hojas cordiformes*



**Figura 28.** *Recolección de material vegetal y fruto de cada uno de los tratamientos*



**Figura 30.** *Medición de la altura de la planta con cinta métrica*



**Figura 27.** *Medición del diámetro del fruto con calibrador*




**Figura 29.** *Toma de peso del fruto con balanza digital*