



ARTÍCULO ORIGINAL · CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TERRITORIAL

Enmienda orgánica con gallinaza mejora el desarrollo foliar de haba (*Vicia faba* L.) cultivada en Chignautla, Puebla, México

Alfonso Daniel Victoria Arellano^{1*}, Jairo Antonio Lara Peralta², Paloma Landero Sánchez², Emmanuel López Martínez², Ismael Fernando Chávez³

¹ Universidad Interserrana del Estado de Puebla-Ahuacatlán (UIEPA), Ahuacatlán, Puebla, México

² Universidades para el Bienestar Benito Juárez García, sede Chignautla, Puebla, México

³ Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Tepatitlán, Jalisco, México

* Autor(a) por correspondencia: alfonso.davicar@gmail.com · ORCID: 0000-0002-0583-3357

RESUMEN

En México, el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) representa una fuente de alimento rica en proteínas y antioxidantes. Se destina para autoconsumo, venta o alimentación ganadera. Los agricultores de Chignautla, Puebla, perciben este cultivo como de alto riesgo debido a los bajos rendimientos y a factores bióticos y abióticos relacionados con la fertilidad del suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de diferentes enmiendas orgánicas sobre el desarrollo vegetativo del haba para proponer alternativas acordes con las condiciones edáficas locales. Se evaluaron cuatro fuentes de enmienda orgánica con base a estiércol (T1 = 8.1 t ha⁻¹ de bovino, T2 = 4.5 t ha⁻¹ de gallinaza, T3 = 7.5 t ha⁻¹ de ovino y T4 = 3.1 t ha⁻¹ de porcino) en comparación con un testigo sin enmienda (T5), utilizando plantas del cv. Huapaltepec establecidas bajo un diseño de bloques completos al azar. Se determinaron la altura de planta, el diámetro del tallo y el área foliar durante 11 semanas de evaluación. Aunque el tratamiento T1 presentó la mayor altura, ésta no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.05$). Por otra parte, la tasa de desarrollo del diámetro del tallo presentó diferencias significativas ($p = 0.05$), mientras que el área foliar mostró la mayor respuesta a la enmienda orgánica ($p < 0.01$). La aplicación de gallinaza a 4.5 t ha⁻¹ produjo la mayor área foliar (48.51 cm²), superando en 67.7 % al testigo. Estos resultados sugieren que la gallinaza favorece el desarrollo vegetativo del haba bajo las condiciones edáficas de Chignautla, Puebla.

Palabras clave: enmiendas orgánicas; crecimiento vegetativo; fertilidad del suelo; gallinaza

ABSTRACT

In Mexico, the cultivation of faba bean (*Vicia faba* L.) represents a food source rich in protein and essential micronutrients; however, its production faces challenges related to soil fertility loss derived from intensive use of chemical fertilizers. This study evaluated the effect of four organic amendments (bovine, poultry manure, sheep, and swine) on foliar development of faba bean cv. Huapaltepec under field conditions in Chignautla, Puebla, Mexico. A randomized complete block design with five treatments and four repetitions was used. Height, stem diameter, number of compound leaves, number of leaflets, and leaf area were evaluated during 11 weeks. Data were analyzed using ANOVA and Tukey HSD test. Results showed that poultry manure (T2) significantly promoted leaf area (48.51 cm², $p < 0.05$), representing a 67.7% increase over the control. Bovine manure (T1) produced greater height (83.52 cm) and height development rate. No significant differences were found in height development rate ($p = .057$). It is concluded that poultry manure constitutes the best organic alternative for foliar development of faba bean under the edaphic conditions of the study area.

Keywords: organic amendments; vegetative growth; soil fertility; poultry manure

Cómo citar: Victoria Arellano, A. D., Lara Peralta, J. A., Landero Sánchez, P., López Martínez, E., & Chávez, I. F. (2026). Enmienda orgánica con gallinaza mejora el desarrollo foliar de haba (*Vicia faba* L.) cultivada en Chignautla, Puebla, México. *Interserrana: Ciencia, Cultura y Territorio*, 1(1), 16–24.

Recibido: mayo 2026 · **Aceptado:** junio 2026 · **Publicado:** 2026

INTRODUCCIÓN

El haba (*Vicia faba* L.) es un cultivo de gran importancia para Norte América debido a su perfil nutricional (rico en proteínas, aminoácidos esenciales, fibras y compuestos bioactivos) y capacidad para prosperar en diversos climas (Singh et al., 2024). En el 2024, en México, este cultivo se sembró en 8,342 ha para haba verde y 16406 ha para grano, lo que representó una producción de 53,806 y 27,000 ton, para verde y de grano, respectivamente (DGSIAP, 2024).

El principal uso de este cultivo es para el autoconsumo y venta, y si la calidad es baja se puede destinar para el consumo animal. En algunas regiones de Puebla (Tlahuapan y Chiautzingo), se considera un medio de subsistencia, inclusive por encima del cultivo de maíz, debido a que los productores consideran que el haba puede mejorar la fertilidad del suelo, se obtiene un alimento nutritivo, tiene versatilidad de venta (en verde y en grano), adquieren mayor ganancia cuando el grano se vende limpio (se elimina la testa) y los residuos pueden aprovecharse para la alimentación del ganado (Fuentes-Herrera et al., 2026).

El rendimiento nacional fluctúa entre 3.6 y 8 ton ha⁻¹, con un promedio nacional de 6.45 ton ha⁻¹ para haba verde, y entre 0.92 y 3.7 ton ha⁻¹ con un promedio nacional de 1.65 ton ha⁻¹ para grano (DGSIAP, 2024). La variación de estos rendimientos se debe a los cultivares empleados, estrés biótico y abiótico, como la antracnosis, la infestación por *Orobanche* spp., el encharcamiento, la sequía, la salinidad y las deficiencias de fósforo y potasio (Karkanis et al., 2018). Además, algunos agricultores han manifestado cierta desconfianza con el cultivo debido a la alta inestabilidad de los rendimientos (Alharbi et al., 2020). En este sentido, es necesario estudiar las condiciones locales y diseñar programas de fertilización para obtener los mejores rendimientos. Estudios recientes han demostrado que la fertilización combinada de 46:92:60 (N:P₂O₅:K₂O) pueden incrementar el diámetro de la planta hasta 9.58 mm (56% superior al tratamiento control sin fertilizar), y una combinación de 23:92:60 kg ha⁻¹ puede generar un rendimiento de 4.9 ton ha⁻¹ (4 veces superior al control) (Abebe et al., 2022).

No obstante, a pesar de los resultados prometedores, la fertilización química genera salinidad y cambios en el pH, lo que afecta la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos. Como contramedida, las prácticas agronómicas como el manejo del laboreo, la geometría de los cultivos, la aplicación de nutrientes y el manejo de residuos son cruciales para el cultivo sostenible en suelos degradados (Hussain et al., 2024).

Los abonos orgánicos mejoran la fertilidad del suelo mediante el aporte de nutrientes y la modificación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Su efecto depende de la composición nutrimental y de la velocidad con la que liberan los nutrientes durante la descomposición. En particular, fuentes con mayores concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio pueden favorecer el desarrollo foliar y el crecimiento de las plantas. Además, la incorporación de materia orgánica incrementa la disponibilidad de nutrientes, la retención de humedad y la actividad microbiana del suelo, factores estrechamente relacionados con la productividad agrícola (Agegnehu et al., 2016).

Investigaciones previas han demostrado que enmiendas como la composta y el yeso pueden mitigar el estrés salino y mejorar la productividad del haba (El-Sherpiny y Kany, 2023). Con base en ello, se planteó la hipótesis de que los abonos orgánicos difieren en su efecto sobre el desarrollo vegetativo del cultivo debido a las variaciones en su composición nutrimental y velocidad de mineralización. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes abonos orgánicos sobre el desarrollo vegetativo del haba y generar recomendaciones de fertilización adaptadas a las condiciones edáficas de Chignautla, Puebla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El ensayo se desarrolló en el área de producción de hortalizas de las Universidades para el Bienestar Benito Juárez García, sede Chignautla, Puebla, el cual se encuentra en la latitud 19.774263 y longitud -97.4050324, con una elevación de 2534 msnm.

Preparación de suelo y análisis de fertilidad

Dos meses antes del establecimiento del cultivo, el suelo fue deshierbado con una desbrozadora de hilo. El barbecho, el trazado de surcos, y la división de las parcelas se ejecutaron con herramientas manuales. Para el ensayo se delimitó un área de 25 m², y fue dividida en cuatro bloques de 6 m² y 1 m² se usó para formar las calles de separación entre bloques. En cada bloque se dispuso una parcela de 1.2 m² de cada tratamiento de forma aleatoria.

Para el análisis de fertilidad se realizó un muestreo completamente al azar de 20 submuestras de suelo, a 30 cm de profundidad. El suelo fue mezclado en un recipiente y una muestra de 1 kg fue seleccionada para su envío al laboratorio.

Siembra y manejo agronómico

La siembra se realizó el 12 de septiembre de 2024, para ello, se utilizó la semilla de haba criolla de Huapaltepec, y se adquirió

con agricultores de la comunidad de Huapaltepec, se destinaron dos semillas por golpe y se sembraron a un distanciamiento de 40 cm entre plantas y 60 cm entre surcos. Los riegos fueron proporcionados manualmente, conforme a las condiciones de desarrollo del cultivo, condiciones meteorológicas y de humedad de suelo. El deshierbe y el aporque del cultivo se realizó con herramientas manuales. Para el control de insectos se realizó una aplicación en etapa vegetativa (V4) de 20 g/L de jabón potásico y una intervención para el control de enfermedades fúngicas se aplicó caldo bordelés al 1% con la mezcla de 10 g de sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) y 10 g de cal apagada (Ca(OH)_2) por cada litro de agua.

Diseño experimental y designación de los tratamientos

El ensayo se condujo bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), compuesto por cinco tratamientos y cuatro

bloques, totalizando 20 unidades experimentales. Cada bloque constituyó una repetición del experimento. La unidad experimental fue la parcela, y dentro de cada una se evaluaron cuatro plantas al azar, cuyo dato fue promediado para obtener un único valor por unidad experimental, el cual se empleó en el análisis estadístico. Cada tratamiento consistió en un tipo de abono orgánico con diferente dosis conforme a la tabla 1. Para determinar la dosis de cada abono orgánico por hectárea, se consideró la composición porcentual de fósforo reportado en la literatura (tabla 1), y considerando una demanda de 46 kg ha^{-1} de P_2O_5 , es decir la mitad de la dosis reportada por Abebe et al. (2022).

Tabla 1
Porcentaje de fósforo considerado para el cálculo de la dosis de la fuente de los abonos orgánicos y tratamientos establecidos

Tratamiento	Fuente	% de Fósforo (P)	Dosis en ton ha-1	Referencia
T1	Bovino	0.74	8.1	Herefordshire Council, 2021
T2	Gallinaza	1.35	4.5	Agbede et al. 2024
T3	Ovino	0.8	7.5	McDowell and I. Stewart (2005)
T4	Porcino	1.9	3.1	NUTRIMAN. (2020).
T5	control			

Nota. Elaboración propia con base en las fuentes citadas.

Para calcular la dosis se utilizó la fórmula propuesta por Sánchez (2009):

$$\text{Dosis} = (\text{SUM} - \text{DEM}) \times \text{FEF}$$

SUM= Subministro del suelo

DEM= Demanda del cultivo

FEF= factor de la eficiencia de fertilización= 1.9

La dosis de la fuente, se calculó usando la fórmula estándar para la elaboración de formulaciones nutritivas en cultivos, y fue representada como sigue.

$$\text{DAO} = (\text{CDN} / \text{CNAO}) \times 100$$

Donde:

DAO= Dosis del abono orgánico

CDN= Concentración deseada del nutriente

CNAO= Concentración del Nutriente del Abono Orgánico

Variables agronómicas evaluadas

Quince días posteriores a la germinación las plantas se evaluaron cada 7 días durante 11 semanas consecutivas. Para ello se determinaron las siguientes variables vegetativas:

diámetro del tallo, altura, número de hojas compuestas, número de folíolos, y largo y ancho de los mismos.

El diámetro del tallo fue determinado a 2 cm por encima de la superficie del suelo con un vernier digital, la altura se determinó con flexómetro desde la superficie del suelo hasta el último brote apical y el número de hojas y folíolos se contabilizó manualmente en toda la planta, sin tomar en cuenta folíolos secos, enfermos o no desarrollados. Para el caso de las mediciones de largo y el ancho de los folíolos fueron obtenidos mediante una regla graduada, desde la base hasta el ápice foliar (largo) y el valor máximo de lado perpendicular a la nervadura central (ancho).

Al finalizar el experimento (semana 11), los datos del largo y ancho del folíolo fueron usados para calcular el área foliar, usando el modelo propuesto por Peksen (2007) para *Vicia faba* L.

$$\text{LA} = 0.919 + 0.682 \times (\text{L} \times \text{W})$$

Donde: LA = área foliar (cm^2), L = largo del folíolo (cm), W = ancho del folíolo (cm) (Peksen, 2007).

Análisis de la tasa de crecimiento

Para las variables de diámetro (en mm) y altura (en cm) se calculó la tasa de desarrollo conforme a la fórmula Hunt (1982):

$$\text{Tasa (unidades/día)} = (\text{VF} - \text{VI}) / 77 \text{ días}$$

Análisis de datos

Previo a realizar la ejecución de modelos paramétricos, los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad mediante el test de Shapiro y Wilk (1965), y de homogeneidad de varianzas, conforme a lo establecido por Levene (1960). Ambas pruebas fueron aplicadas, a los residuos de los modelos en estudio. Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías, usando el siguiente modelo lineal propuesto por Steel et al. (1997).

Posterior a la prueba de ANOVA y al detectar diferencias significativas ($p < .05$), se aplicó la prueba de Tukey HSD (1949), para mostrar la divergencia entre los tratamientos.

Para evaluar la dinámica de crecimiento de las variables de altura, número de folíolos y número de hojas compuestas, se construyeron curvas de comportamiento a lo largo de las 11 semanas de evaluación. Cada punto representó la media semanal sin considerar el error estándar, para mejorar la visualización de los datos.

Los análisis estadísticos y generación de los gráficos fueron realizados usando R core team, 2023, y usando paquetes específicos: readxl para la importación de los datos (Wickham and Bryan, 2023), dplyr y tidyr para la manipulación y limpieza de datos (Wickman et al., 2023), ggplot2 para la construcción de curvas de crecimiento, el paquete estadístico car para el análisis de homogeneidad de varianzas (Fox and Weisberg, 2019), y los paquetes emmeans y multcomp para las comparaciones pos-hoc (Lenth, 2023; Hothorn et al., 2008).

RESULTADOS

Fertilidad de suelo

El análisis de fertilidad (SU-223864) reveló que el suelo presenta textura franca, pH neutro (6.51), baja salinidad (CE de 0.24 dS/m) y un contenido de materia orgánica de 8.22%. En cuanto a la disponibilidad de nutrientes, se detectaron niveles altos de potasio (483 kg ha^{-1}) y calcio ($2,776 \text{ kg ha}^{-1}$), mientras que el nitrógeno en su forma NO_3 (22.38 kg ha^{-1}) el fósforo (14.9 kg ha^{-1}), magnesio (207.8 kg ha^{-1}) y azufre (11.2 kg ha^{-1}) se encontraron en niveles bajos. Con relación a los micronutrientes, el zinc (1.02 mg kg^{-1}), manganeso (4.09 mg kg^{-1}) y cobre (0.56 mg kg^{-1}) se registraron en niveles moderadamente bajos, mientras que el boro fue muy pobre (0.11 mg kg^{-1}).

Altura de las plantas

Durante las 11 semanas de evaluación, se observaron diferencias notables entre los tratamientos evaluados con respecto al testigo (T5, Figura 1). El tratamiento con el abono bovino (T1) presentó un crecimiento de altura superior en todas las semanas de evaluación con relación a los demás tratamientos, sin embargo, en la cuarta semana de monitoreo hubo un decremento. Los tratamientos a base de gallinaza (T2) ovino (T3), y porcino (T4), no se destacaron uno del otro, sin embargo, mantuvieron alturas mayores desde la semana 2 hasta las 11 con respecto al tratamiento T5, excepto el de gallinaza, el cual mantuvo esta diferencia hasta la semana 10.

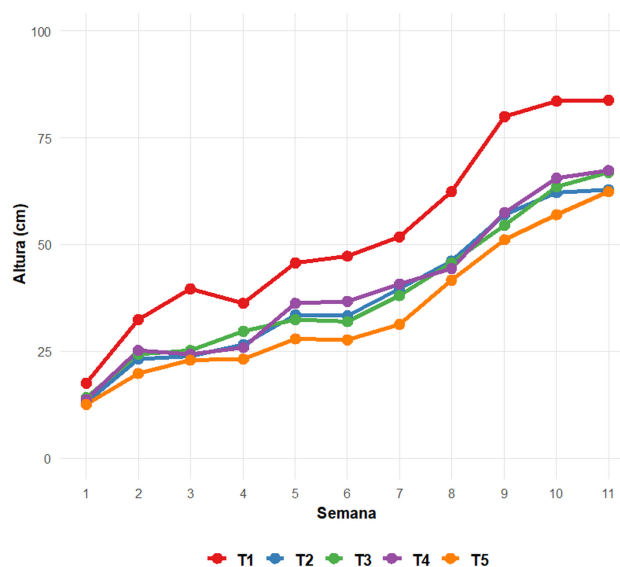


Figura 1

Altura de planta (cm) de *Vicia faba* cv. Huapaltepec durante 11 semanas de evaluación bajo cinco esquemas de enmienda orgánica.

Nota. T1 = bovino; T2 = gallinaza; T3 = ovino; T4 = porcino; T5 = testigo. Elaboración propia (2026).

La tasa de desarrollo de altura (TDA) alcanzada por las plantas fue mayor en el tratamiento T1 (Figura 2) con relación a los demás tratamientos, no obstante, los valores no se diferenciaron estadísticamente de acuerdo con el análisis de varianza ($p = .057$).

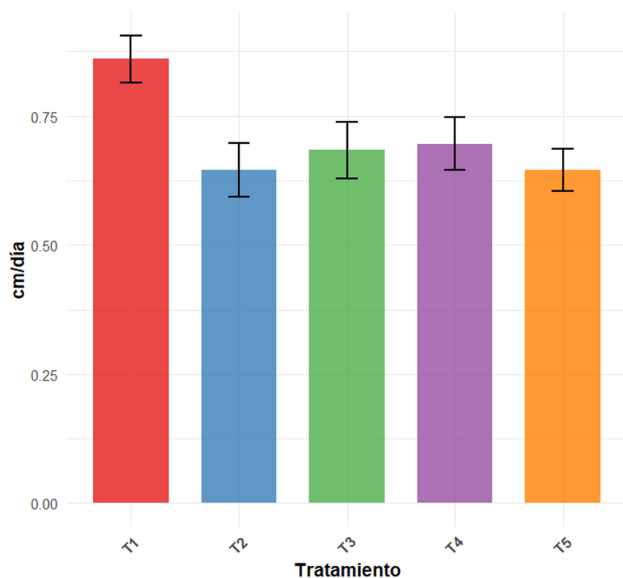


Figura 2
Tasa de desarrollo de la altura (TDA) de *Vicia faba* cv. Huapaltepec bajo diferentes esquemas de enmienda orgánica.

Nota. Barras de error = error estándar. ANOVA: $F(4,15) = 2.73$, $p = .057$ (ns). Elaboración propia (2026).

La tasa de desarrollo del diámetro del tallo (TDT) mostró diferencias estadísticamente significativas de acuerdo al ANOVA ($p=0.02$) por el efecto del tratamiento (Figura 3), mientras que el efecto del bloque no mostró variación ($p=0.91$). El análisis de Tukey demostró diferencias estadísticamente significativas de la TDT entre el tratamiento T4 y el tratamiento T1 y T3, pero fue estadísticamente similar al obtenido por el tratamiento T2 y el T5. Cabe señalar que la TDT no tuvo diferencias entre los tratamientos T1, T2, T3 y T5).

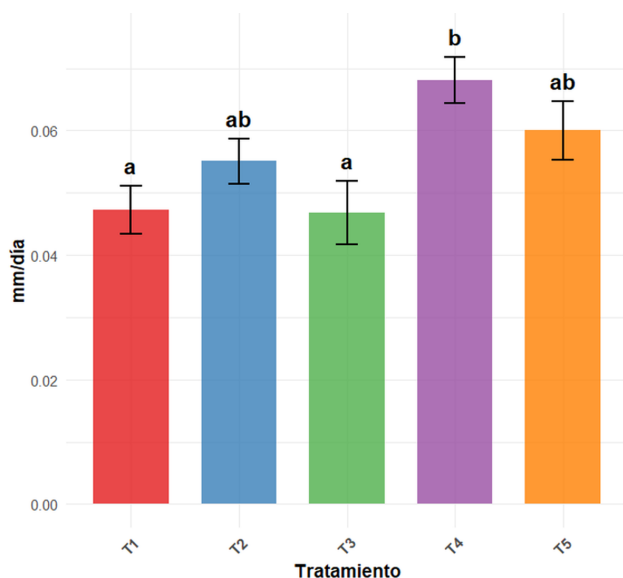


Figura 3
Tasa de desarrollo del diámetro del tallo (TDT) de *Vicia faba* cv. Huapaltepec bajo diferentes esquemas de enmienda orgánica.

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p < .05$). Elaboración propia (2026).

Número de hojas compuestas y folíolos

Las curvas de tendencia de producción de hojas a lo largo de las 11 semanas presentaron diferencias notables entre los tratamientos (Figura 4), no obstante, sólo los tratamientos T1, T2 y T3 se destacaron del testigo desde la semana 3 hasta la 11. Por otra parte, el tratamiento T4 produjo valores similares e inclusive inferiores al del testigo a partir de la sexta semana de evaluación.

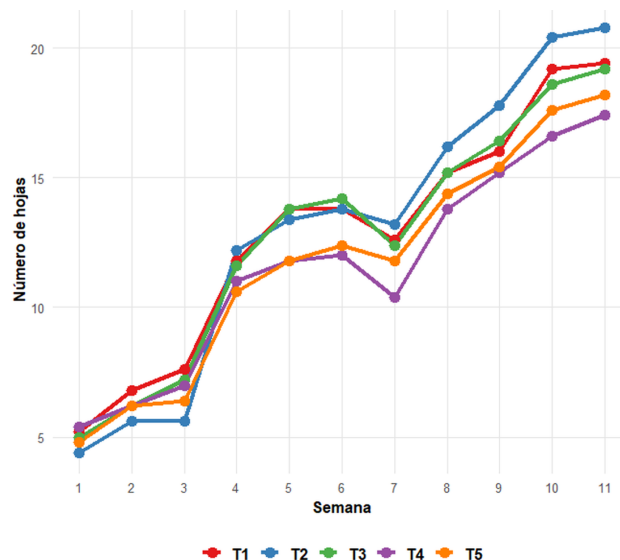


Figura 4
Número de hojas por planta de *Vicia faba* cv. Huapaltepec durante 11 semanas por tratamiento de enmienda orgánica.

Nota. T1-T5 como en Figura 1. Elaboración propia (2026).

El número de folíolos fue divergente en todos los tratamientos durante las 11 semanas de evaluación (Figura 5). El tratamiento T4 tuvo la menor producción de folíolos a partir de la sexta semana. Por su parte, el resto de tratamientos se comportó de manera similar hasta la semana siete, posterior a esta semana, los tratamientos T2 y T3 fueron superiores a los tratamientos T1 y T5.

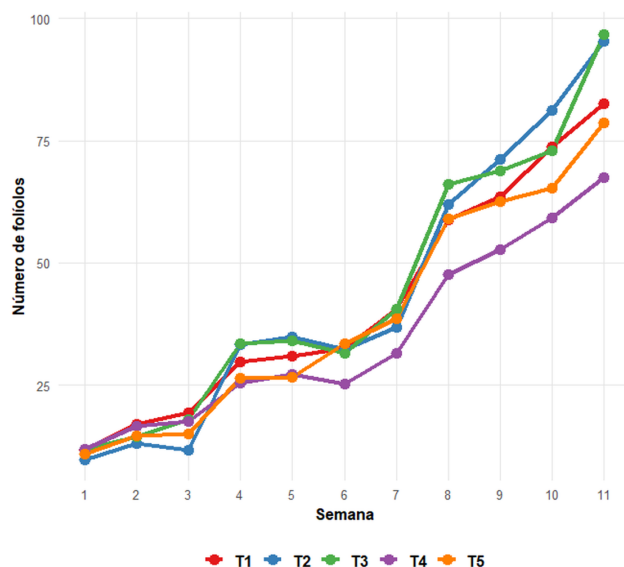


Figura 5
Número de folíolos por planta de *Vicia faba* cv. Huapaltepec durante 11 semanas por tratamiento de enmienda orgánica.

Nota. T1-T5 como en Figura 1. Elaboración propia (2026).

Área foliar

En cuanto al área foliar se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0.001$), pero no entre los bloques ($p = 0.5605$). El análisis de Tukey del AF mostró diferencias significativas entre el tratamiento T2 (gallinaza, 48.51 cm^2) y los tratamientos restantes (Figura 6), en tanto que, el tratamiento T1 (35.57 cm^2) mantuvo diferencias con el tratamiento T3 (25.42 cm^2). Por otra parte, los tratamientos T4 (31.21 cm^2) y T5 (28.77 cm^2) obtuvieron los valores más bajos y estadísticamente diferentes del T2.

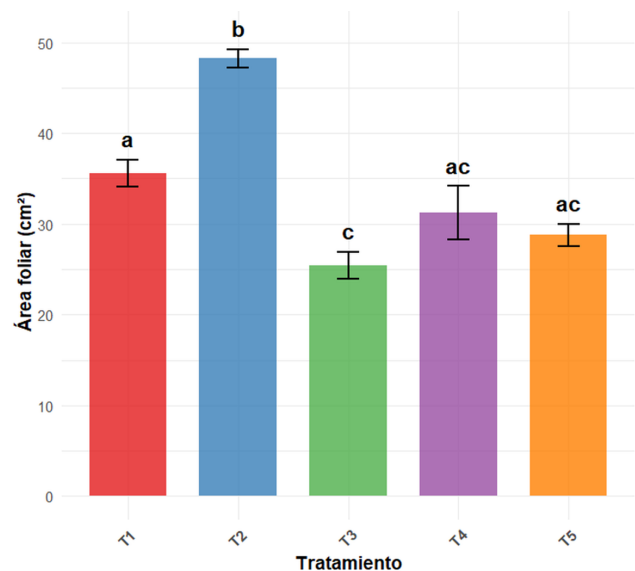


Figura 6
Área foliar de *Vicia faba* cv. Huapaltepec bajo diferentes esquemas de enmienda orgánica.

Nota. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p < .05$). Elaboración propia (2026).

DISCUSIÓN

Este estudio evaluó la utilización de abonos orgánicos para mejorar las características agronómicas vegetativas de las plantas de *Vicia faba* (altura, diámetro de tallo y área foliar), en el Municipio de Chignautla, Puebla, con la finalidad de proponer alternativas sustentables adaptadas a las condiciones ambientales y edáficas locales. En este sentido, se demostró que el uso de diferentes abonos orgánicos puede mejorar el desarrollo y producción de estas características vegetativas, sin embargo, no todas las variables analizadas demostraron una diferencia contrastante. Para el caso de la variable de altura el tratamiento T1 (abono orgánico de Bovino), produjo una curva de crecimiento relativamente superior a los demás tratamientos, en todas las semanas de evaluación, incluyendo el T5 (testigo), pero no hubo diferencias estadísticamente significativas cuando se evaluó la Tasa de Desarrollo de la Altura (TDA), lo cual podría indicar que los efectos de los abonos orgánicos no incidieron en esta variable. Este comportamiento ya ha sido demostrado recientemente por Toledano et al., 2020, en un estudio realizado en una zona cercana (Tlatlauquitepec, Puebla), donde demostraron que el uso de compuestos orgánicos en plantas de *Vicia faba* en forma de lixiviado de raquis de plátano, lixiviado de lombricomposta, e inclusive fertilizante granulado (15-15-15-11), no tuvieron diferencias significativas con relación al testigo, en las variables fenológicas evaluadas (incluyendo la altura). La falta de respuesta en crecimiento vertical podría sugerir que en suelos donde hay una fertilización de base adecuada, el aporte mineral de los abonos orgánicos podría no necesariamente traducirse en crecimiento, como ya fue demostrado en otras investigaciones Toledano et al. (2020).

Cabe señalar, que los abonos orgánicos han demostrado mejores resultados en cuanto a rendimiento cuando se usan combinados con fertilizantes inorgánicos como la Urea, como fue demostrado por Liu et al. (2022), donde la utilización de un abono orgánico de proteína de pescado (Pulideng SW) mejoró significativamente el rendimiento (de 10.3 a 13.5 ton ha⁻¹) con la utilización de un ratio de 50:50 de fertilización orgánica e inorgánica.

Por otro lado, la tasa de desarrollo del diámetro del tallo (TDT) mostró diferencias entre tratamientos, donde T4 (estiércol porcino) presentó el mayor incremento diario en comparación con T1 (estiércol bovino) y T3 (estiércol de ovino) pero no difirió de T2 (gallinaza) ni del testigo (T5). Esto sugiere patrones contrastantes en el engrosamiento del tallo entre fuentes de enmienda orgánica. Aunque estas diferencias sugieren respuestas contrastantes en los patrones de crecimiento de las plantas, los mecanismos fisiológicos involucrados no fueron evaluados en este estudio. Debido a que no se determinaron variables como acumulación de biomasa, partición de asimilados o actividad fotosintética, no es posible establecer si existió una asignación diferencial de recursos entre el crecimiento en altura y el engrosamiento del tallo. Sin embargo, se observó que los tratamientos formulados con estiércol de bovino (T1), gallinaza (T2) y de oveja (T3) mantuvieron una mayor producción de hojas compuestas y folíolos durante gran parte del periodo de evaluación, mientras que el estiércol de cerdo (T4) y el control (T5) registraron valores inferiores para estas variables.

Particularmente, las plantas con enmienda de gallinaza (T2) destacaron por presentar valores elevados en la mayoría de las variables vegetativas evaluadas, especialmente en el número de hojas compuestas, número de folíolos y área foliar. Cabe señalar que esta última variable fue significativamente superior a la obtenida en el resto de los tratamientos, incluido el testigo. Este comportamiento coincide con lo reportado por Babiker (2019), quien observó que la aplicación de gallinaza incrementó significativamente el número de hojas, el diámetro del tallo, el número de vainas por planta y el rendimiento de haba en comparación con el tratamiento sin fertilización. Asimismo, la respuesta observada podría estar relacionada con la elevada disponibilidad de nutrientes y la rápida mineralización característica de la gallinaza, factores que favorecen la liberación de nitrógeno y fósforo hacia la solución del suelo y promueven el crecimiento vegetativo de los cultivos (Agegnehu et al., 2016). En conjunto, estos resultados sugieren que la gallinaza constituye una alternativa prometedora para favorecer el desarrollo vegetativo del haba bajo las condiciones evaluadas.

Considerando el área foliar, la gallinaza presentó un incremento de 67.7% con relación al testigo, lo que significa que este sustrato orgánico puede incrementar sustancialmente esta carac-

terística fenológica. Un hallazgo similar (con el uso de fuentes orgánicas) fue obtenido mediante el uso de ácido húmico, el cual incrementó significativamente el área foliar y el índice de área foliar, en comparación con el tratamiento control, de acuerdo con los autores del estudio la función del ácido húmico mejora la permeabilidad de la membrana, la actividad enzimática y la actividad hormonal, lo que permite desencadenar estimulación del crecimiento y un aumento en la división y elongación celular, que se traduce en crecimiento de la planta (Al-Azee et al. 2023). En nuestro trabajo pudo pasar algo similar, ya que la gallinaza se ha comprobado que es una fuente de ácidos húmicos y fúlvicos, y además su composición puede variar dependiendo los organismos descomponedores como se ha demostrado con las larvas de las moscas soldado (Cai et al. 2024).

La respuesta observada con la gallinaza también podría estar relacionada con su mayor concentración de nutrientes y una mineralización más rápida en comparación con otros estiércoles. La descomposición de materiales orgánicos con alta disponibilidad de nitrógeno y fósforo favorece una liberación más eficiente de nutrientes hacia la solución del suelo, incrementando su disponibilidad para las plantas durante las etapas tempranas del crecimiento. Además, la incorporación de materia orgánica puede mejorar la actividad microbiana, la retención de humedad y la eficiencia en el aprovechamiento nutrimental, factores estrechamente asociados con el desarrollo vegetativo de los cultivos (Agegnehu et al., 2016). Estas características podrían explicar, al menos parcialmente, la superioridad observada en el área foliar de las plantas fertilizadas con gallinaza.

Este trabajo además demostró que el uso de cantidades de abono orgánico más altas no necesariamente determinó un mayor rendimiento vegetativo.

Para el caso del abono de bovino se utilizó 44 % más cantidad con relación al de gallinaza, sin embargo, se obtuvo un mejor rendimiento de hojas con este último. Estos resultados indican que una mayor cantidad de abono aplicado no necesariamente se traduce en una mejor respuesta vegetativa del cultivo. En particular, la gallinaza promovió un mayor desarrollo foliar que el estiércol bovino a pesar de aplicarse en una dosis menor. Aunque esta diferencia podría representar ventajas operativas relacionadas con el manejo y aplicación de los insumos orgánicos, en el presente estudio no se realizó una evaluación económica que permita cuantificar posibles beneficios productivos o financieros. Por ello, futuras investigaciones deberían incorporar análisis de costos y rentabilidad para determinar la viabilidad económica de estas estrategias de fertilización. Esto ya ha sido demostrado en un estudio en Etiopía con el uso de un inoculantes microbianos y vermicomposta, los cuales generaron un retorno marginal de 149 hasta 5624% (Mekonnen y Tamiro, 2024). En concordancia, en otro estudio llevado a cabo en Ecuador, se observó una mayor relación beneficio/costo en el tratamiento con humus de lombriz con 2.33 USD (310 % más

que el testigo), seguido del compost con 1.70 USD (242 % más que el testigo) (Martínez & Yépez, 2022).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que la respuesta del cultivo de haba a la fertilización orgánica depende de la fuente utilizada. Aunque no se observaron diferencias significativas en la tasa de desarrollo de la altura, la aplicación de gallinaza a una dosis de 4.5 t ha⁻¹ promovió el mayor desarrollo foliar, alcanzando un área foliar significativamente superior al resto de los tratamientos evaluados. Este efecto sugiere una mayor eficiencia de la gallinaza para favorecer el crecimiento

vegetativo bajo las condiciones edáficas de Chignautla, Puebla. Además, su desempeño fue comparable o superior al de otras fuentes orgánicas aplicadas en mayores cantidades, lo que evidencia que una dosis más elevada de abono no necesariamente se traduce en una mejor respuesta agronómica. En conjunto, los resultados indican que la gallinaza constituye una alternativa prometedora para el manejo nutricional del cultivo de haba en la región. No obstante, son necesarios estudios complementarios que evalúen variables de rendimiento, calidad de grano y viabilidad económica para validar su aplicación a escala comercial.

REFERENCIAS

- Agbede, T. M., Oyewumi, A., Agbede, G. K., Adekiya, A. O., Adebisi, O. T. V., Abisuwa, T. A., Ijigbade, J. O., Ogundipe, C. T., Wewe, A. O., Olawoye, O. D., & Eifediyi, E. K. (2024). Impacts of poultry manure and biochar amendments on the nutrients in sweet potato leaves and the minerals in the storage roots. *Scientific Reports*, *14*, 16543. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67486-9>
- Agegneh, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2016). Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Science of the Total Environment*, *543*, 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- Abebe Tsige, B., Dechassa, N., Tana, T., Laekemariam, F., & Alemayehu, Y. (2022). Effect of mineral nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers on the productivity of faba bean (*Vicia faba* L.) in acidic soils of Wolaita Zone, Southern Ethiopia. *International Journal of Agronomy*, 2022, Article ID 2232961. <https://doi.org/10.1155/2022/2232961>
- Al-Azee, A. J. A., Raheem, A. H., & Al-Obaidy, K. S. A. (2023). Broad bean (*Vicia faba* L.) crop growth and yield response to humic acid and phosphorus fertilizer. *Nativa*, *11*(3), 408–421.
- Alharbi, N. H., & Adhikari, K. N. (2020). Factors of yield determination in faba bean (*Vicia faba*). *Crop & Pasture Science*, *71*(4), 305–321. <https://doi.org/10.1071/CP19103>
- Alvi, M. H., Ali, H., Haider, K., Chughtai, A. H., Abdullah, M., Batool, S., Rasool, S., Anwar, R. N., & Hussain, S. (2024). Chemically degraded soil: Strategies for mitigating its toxicity and enhancing sustainable crop production. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *25*, 363–381.
- Babiker, H. B. H. (2019). Effects of organic, inorganic and biofertilizers on growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.) [Tesis de maestría, Sudan University of Science and Technology].
- Cai, T., Ming, Y., Zhang, Y., & Zhang, Q. (2024). Unraveling the role of black soldier fly larvae in chicken manure conversion: Facilitating maturation and enhancing humification. *Science of The Total Environment*, *952*, 175952. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175952>
- El-Sherpiny, M. A., & Kany, M. A. (2023). Maximizing faba bean tolerance to soil salinity stress using gypsum, compost and selenium. *Egyptian Journal of Soil Science*, *63*(2), 243–253.
- Eshel, A., Srinivasa Rao, C., Benzioni, A., & Waisel, Y. (2001). Allometric relationships in young seedlings of faba bean (*Vicia faba* L.) following removal of certain root types. *Plant and Soil*, *236*, 161–166.
- Fuentes-Herrera, P. B., Covarrubias-Salvatori, V. G., & Pérez-Armendáriz, B. (2026). Morphological evaluation, consumption, perception and valuation of local faba bean varieties from Tlahuapan and Chiauizingo Puebla, Mexico. *Revista de Geografía Agrícola*, (75), e24001. <https://doi.org/10.5154/r.rga.2024.12.001>
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An R Companion to Applied Regression* (3rd ed.). [Software de computadora]. Sage. <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Herefordshire Council. (2025). Emissions modelling assessment - Whitwick Manor AD plant. Oaktree Environmental Ltd.
- Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, *50*(3), 346–363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- Hunt, R. (1982). *Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold.
- Karkanis, A., Ntatsi, G., Lepse, L., Fernández, J. A., Vågen, I. M., Rewald, B., Alsina, I., Kronberga, A., Balliu, A., Olle, M., Bodner, G., Dubova, L., Rosa, E., & Savvas, D. (2018). Faba bean cultivation – Revealing novel managing practices for more sustainable and competitive European cropping systems. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 1510. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01115>
- Lenth, R. V. (2023). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means [Paquete de R]. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In I. Olkin, S. G. Ghurye, W. Hoeffding, W. G. Madow, & H. B. Mann (Eds.), *Contributions to probability and statistics: Essays in honor of Harold Hotelling* (pp. 278–292). Stanford University Press.
- Liu, Z., Xing, Y., Jin, D., Liu, Y., Lu, Y., Chen, Y., Chen, D., & Zhang, X. (2022). Improved nitrogen utilization of faba bean (*Vicia faba* L.) roots and plant physiological characteristics under the combined application of organic and inorganic fertilizers. *Agriculture*, *12*(12), 1999. <https://doi.org/10.3390/agriculture12121999>
- Martínez Ibarra, Y. D., & Yépez Arauz, H. Y. (2022). Comportamiento agronómico del cultivo de haba (*Vicia faba* L.) con diferentes dosis de abonos orgánicos más ácido húmico en el sector Chipe Hamburgo, cantón La Maná [Proyecto de titulación, Universidad Técnica de Cotopaxi].
- McDowell, R. W., & Stewart, I. (2005). Phosphorus in fresh and dry dung of grazing dairy cattle, deer, and sheep: Sequential fraction and phosphorus-31 nuclear magnetic resonance analyses. *Journal of Environmental Quality*, *34*(2), 598–607.
- Mekonnen, M., & Tamiru, G. (2024). The effects of organic fertilizers on soil, biology, and economic outputs of faba beans (*Vicia faba* L.) in Kersa Malima District, Central Highlands of Ethiopia. *Journal of Biology and Life Science*, *13*(1), 1–8. <https://doi.org/10.11648/j.bio.20251301.11>
- NUTRIMAN. (2020). Urine from pig manure by "VeDoWS" adapted stable constructions system (Practice Abstract ID-322). EIP-AGRI.
- Peksen, E. (2007). Non-destructive leaf area estimation model for faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientia Horticulturae*, *113*(4), 322–328. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.04.003>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (Versión 4.2.3) [Software de computadora]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>
- Sánchez García, P. (2009). *Manual de nutrición de zarzamora*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) - Dirección General del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (DGSIAP). (2024). Estadística de producción de haba verde y grano en México. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/

- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3-4), 591-611.
- Singh, M., Balota, M., Huang, H., O'Keefe, S., & Carneiro, R. (2024). Faba bean: Unlocking nutritional potential and agricultural sustainability. *Current Research in Food Science*, 11, 101136. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.101136>
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H., & Dickey, D. A. (1997). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Toledano López, N. (2020). Producción y calidad de *Vicia faba* a base de abonos orgánicos. [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5(2), 99-114
- Wickham, H., & Bryan, J. (2023). readxl: Read Excel Files (Versión 1.4.1) [Paquete de R]. <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., & Müller, K. (2023). dplyr: A Grammar of Data Manipulation [Paquete de R]. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Wickham, H., Vaughan, D., & Girlich, M. (2023). tidyr: Tidy Messy Data [Paquete de R]. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>
- Wickham, H., Chang, W., Henry, L., Pedersen, T. L., Takahashi, K., Wilke, C., Woo, K., Yutani, H., & Dunnington, D. (2023). ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics [Paquete de R]. <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>