

**SUSTANCIAS HÚMICAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRIJOL
EJOTERO (*Phaseolus vulgaris* L.)****HUMIC SUBSTANCES ON YIELD AND QUALITY OF SNAP BEAN (*Phaseolus
vulgaris* L.)**

A.C. Uitz-Chin; S.M. Ramírez-Olvera*; V.M. Ordaz-Chaparro

*Posgrado en Edafología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado
de México, México.*** E-mail: ramirez.sara@colpos.mx*

Fecha de envío: 01, junio, 2026

Fecha de publicación: 20, julio, 2026

Resumen:

El frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) es una hortaliza de importancia alimentaria y económica; sin embargo, su productividad puede verse limitada por la baja eficiencia en el aprovechamiento de nutrimentos y agua. En este contexto, las sustancias húmicas representan una alternativa para mejorar procesos fisiológicos y productivos de los cultivos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de sustancias húmicas sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del frijol ejotero. Se utilizaron semillas de frijol ejotero cv. Strike sembradas en macetas de 10 dm³ con tezontle como sustrato. Los tratamientos consistieron en la aplicación de 0.00, 0.01 y 0.02 % (v/v) de sustancias húmicas provenientes del producto comercial Nutri-Humus®, incorporadas mediante el riego junto con la solución nutritiva Universal de Steiner. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Se evaluaron altura de planta, diámetro del tallo, peso fresco de vainas, longitud de vainas y rendimiento acumulado. Los resultados mostraron que las sustancias húmicas incrementaron significativamente el rendimiento por planta, el peso fresco y la longitud de las vainas, mientras que la altura de planta y el diámetro del tallo no fueron afectados significativamente. Se concluye que la aplicación de sustancias húmicas favorece la producción del cultivo al promover el desarrollo y calidad de las vainas, siendo una alternativa para el cultivo de frijol ejotero bajo condiciones protegidas.

Palabras clave: bioestimulante, leguminosas, crecimiento, invernadero.**Abstract:**

Green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a vegetable crop of considerable nutritional and economic importance; however, its productivity may be constrained by low nutrient and water use efficiency. In this context, humic substances represent a promising alternative for enhancing physiological and productive processes in crops. The objective of this study was to evaluate the effect of different concentrations of humic substances on the growth, yield, and pod quality of green bean. Seeds of the green bean cultivar Strike were sown in 10-dm³ pots filled with volcanic rock (tezontle) as substrate. Treatments consisted of the application of 0.00, 0.01, and 0.02 % (v/v) humic substances from the commercial product Nutri-Humus®, supplied

through irrigation together with Steiner's Universal Nutrient Solution. The experiment was established under a completely randomized design with six replications. Plant height, stem diameter, fresh pod weight, pod length, and cumulative yield were evaluated. The results showed that humic substances significantly increased yield per plant, fresh pod weight, and pod length, whereas plant height and stem diameter were not significantly affected. It is concluded that the application of humic substances enhances crop production by promoting pod development and quality, representing a viable alternative for green bean cultivation under protected conditions.

Keywords: biostimulant, legumes, growth, greenhouse.

INTRODUCCIÓN

El frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial debido a su aporte de proteínas, vitaminas y fibra. No obstante, la producción intensiva enfrenta desafíos como la degradación de la fertilidad del medio y la baja eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que compromete la sostenibilidad ambiental y la rentabilidad del cultivo (Nardi et al., 2022; Félix et al., 2024). En años recientes, el uso de bioestimulantes, particularmente las sustancias húmicas, ha emergido como una estrategia sostenible para mitigar estos problemas y maximizar la productividad (Nardi et al., 2021).

En este contexto, las sustancias húmicas (incluyendo fracciones de ácidos húmicos y fúlvicos) han cobrado gran interés como bioestimulantes agrícolas y representan una estrategia sostenible para mejorar el desarrollo vegetal. Estos compuestos orgánicos, originados por la transformación química y biológica microbiana de residuos vegetales y animales (Gupta et al., 2021; Wang et al., 2025). A nivel fisiológico, optimizan la actividad metabólica de la planta, protegiéndola de desequilibrios químicos para un mejor aprovechamiento de su energía, aspecto que resulta crucial en condiciones controladas, debido a la dinámica del medio que puede ser limitada (Ampong et al., 2022; Nardi et al., 2024). Por lo tanto, mejoran la disponibilidad de nutrientes y estimulan el crecimiento radicular mediante la activación de mecanismos hormonales, lo que incrementa la eficiencia fisiológica y el rendimiento final en cultivos hortícolas (Gupta et al., 2021; Nardi et al., 2021). Asimismo, estas sustancias interactúan de manera sinérgica con microorganismos promotores del crecimiento, potenciando aún más el desarrollo general y la acumulación de biomasa (de Oliveira et al., 2024).

No obstante, aunque existen evidencias sobre el efecto positivo de las sustancias húmicas en diversos cultivos, aún es limitado el conocimiento específico sobre su impacto en el rendimiento y calidad del frijol ejotero bajo condiciones de fertirrigación con soluciones nutritivas balanceadas. En particular, es necesario evaluar cómo la aplicación de estas sustancias influye, no sólo en el rendimiento acumulado, sino también en los atributos morfológicos de las vainas, los cuales determinan su valor comercial.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de sustancias húmicas sobre el crecimiento, calidad y rendimiento del frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Strike.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

La investigación se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en Texcoco, Estado de México, México (19° 27' 51.4" N, 98° 54' 21.2" O; 2240 m de altitud), en un invernadero tipo túnel con cubierta de polietileno. El experimento inició en febrero de 2025 y concluyó en junio del mismo año, con una duración de cinco meses. Durante el ciclo del cultivo se registró la temperatura al interior del invernadero, con una máxima promedio de 34.26 °C y una mínima promedio de 12.39 °C.

Material vegetal

Se utilizaron semillas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Strike, sembradas en macetas de polietileno negro de 10 dm³ con tezontle (tamaño de partícula > 0.5 mm) como sustrato. Después de la siembra, las plantas recibieron agua de la llave hasta su establecimiento y, posteriormente, solución nutritiva Universal de Steiner en concentraciones crecientes, de acuerdo con el estado fenológico del cultivo. El riego se efectuó mediante fertirrigación, con un volumen total de 350 mL planta⁻¹ d⁻¹, distribuido en cuatro aplicaciones de 87.5 mL.

Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la aplicación de 0.00, 0.01 y 0.02 % (v/v) del producto comercial Nutri-Humus®, el cual contiene 12.5 % de sustancias húmicas.



Las concentraciones evaluadas se seleccionaron considerando que las sustancias húmicas se suministraron mediante fertirrigación durante todo el ciclo del cultivo. Este esquema de aplicación ha mostrado efectos positivos sobre el crecimiento y el rendimiento sin requerir concentraciones elevadas (Canellas et al., 2015; Jindo et al., 2020).

Las sustancias húmicas se mezclaron con la solución nutritiva Universal de Steiner y se aplicaron en cada evento de riego, manteniendo la concentración correspondiente a cada tratamiento durante todo el ciclo del cultivo.

Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones. La unidad experimental consistió en una maceta con una planta de frijol ejotero, con un total de 18 unidades experimentales.

Registro de variables

La cosecha se realizó cuando las vainas alcanzaron una longitud superior a 10 cm. Durante el periodo de evaluación se efectuaron tres cortes sucesivos por planta, registrándose las variables de crecimiento y rendimiento correspondientes.

La altura de planta (cm) se determinó mediante la medición de la distancia comprendida entre la base del tallo y el ápice de la hoja de mayor longitud, utilizando una regla graduada. El diámetro del tallo (mm) se midió con un vernier digital en la porción basal del tallo principal. El peso fresco de vainas (g planta^{-1}) se registró mediante una balanza digital de precisión inmediatamente después de la cosecha. La longitud de vainas (cm) se determinó con una regla graduada. Finalmente, el rendimiento acumulado (g planta^{-1}) se estimó mediante la suma del peso fresco de las vainas obtenidas en los tres cortes realizados durante el periodo de cosecha.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas. Cuando se cumplieron los supuestos, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). En las variables que no cumplieron dichos supuestos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal–Wallis y la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Nemenyi ($p \leq 0.05$). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidenciaron que la aplicación de sustancias húmicas influyó positivamente en variables con respecto a la producción de vainas en frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.), aunque su efecto no fue igual en todas las variables registradas. En las variables relacionadas con el crecimiento vegetativo, como la altura de planta y el diámetro del tallo, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Por otra parte, las variables con respecto a la producción y calidad de las vainas mostraron una respuesta positiva con la aplicación de sustancias húmicas. El rendimiento por planta se incrementó significativamente en los tratamientos con 0.01 y 0.02 %, superando al tratamiento testigo. De igual manera, el peso fresco de las vainas presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Asimismo, la longitud de las vainas también se incrementó significativamente en comparación con las plantas sin aplicación de sustancias húmicas.

Las sustancias húmicas no promovieron de manera significativa el crecimiento del frijol ejotero, específicamente en la altura de la planta (Figura 1) y diámetro del tallo (Figura 2). Esto puede atribuirse a que el crecimiento es una variable altamente dependiente de factores genéticos y ambientales, por lo que no siempre hay una respuesta positiva y de manera inmediata a la aplicación de bioestimulantes. La respuesta de las sustancias húmicas sobre crecimiento vegetativo no es uniforme, y en frijol común hay estudios que presentan resultados favorables, pero también otros donde la altura de la planta y variables de crecimiento no cambian de forma significativa (Ampong et al., 2022; Kumar et al., 2024). Por otra parte, Sheyaa y Kisko (2024), encontraron incrementos significativos en el crecimiento de plantas de frijol tratadas con ácido húmico (fracción de las sustancias húmicas) bajo condiciones de estrés salino. Esto puede explicar porque las sustancias húmicas suelen tener efectos más evidentes cuando las plantas están sometidas a condiciones hostiles, donde favorecen mecanismos de tolerancia. En condiciones convenientes y con una nutrición adecuada, las plantas mantienen el vigor sin alterar significativamente su crecimiento.



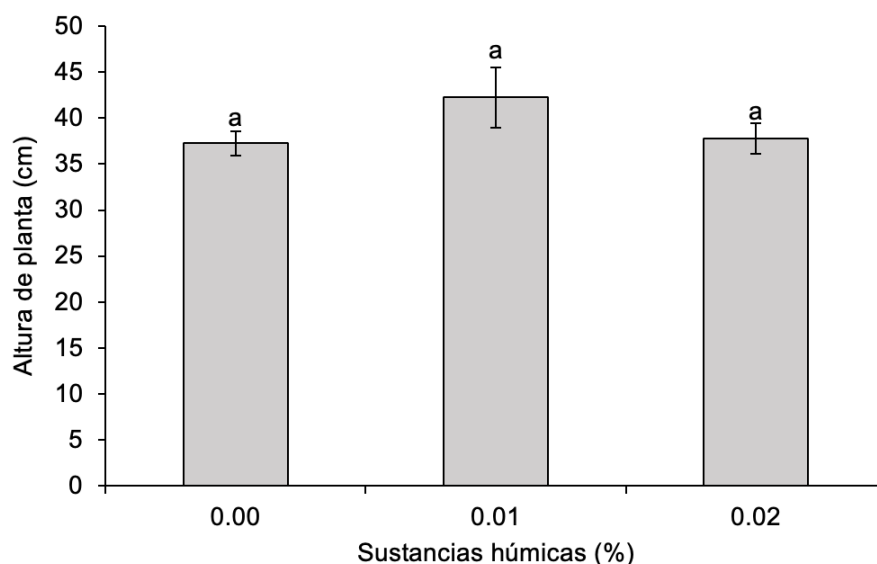


Figura 1. Efecto de diferentes concentraciones de sustancias húmicas sobre la altura de plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). Medias $\pm$ error estándar con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos según la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$; $n = 6$).

Figure 1. Effect of different concentrations of humic substances on plant height of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Means $\pm$ standard error with different letters indicate statistically significant differences between treatments according to Tukey's mean comparison test ($p \leq 0.05$; $n = 6$).

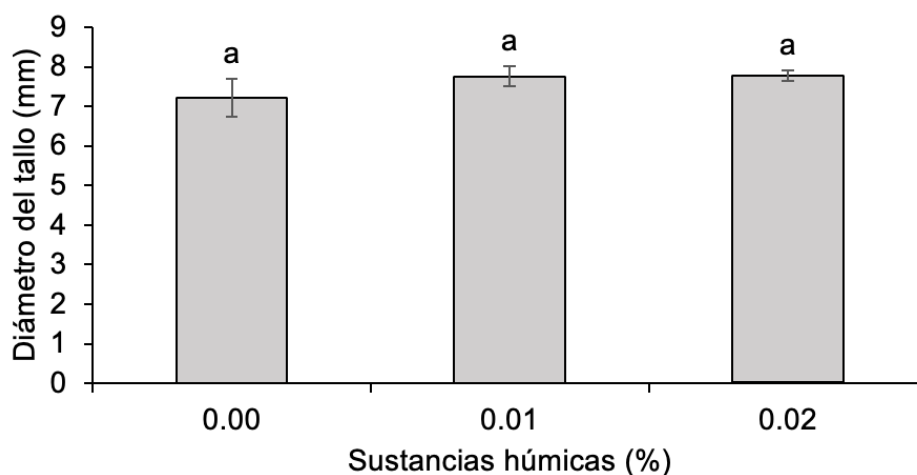


Figura 2. Efecto de diferentes concentraciones de sustancias húmicas sobre el diámetro del tallo de plantas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). Medias $\pm$ error estándar con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos según la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$; $n = 6$).

Figure 2. Effect of different concentrations of humic substances on stem diameter of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Means $\pm$ standard error with different letters indicate statistically significant differences between treatments according to Tukey's mean comparison test ($p \leq 0.05$; $n = 6$).

El peso fresco de las vainas aumentó significativamente con la aplicación de sustancias húmicas. Los tratamientos de 0.01 y 0.02 % registraron valores superiores con respecto al tratamiento testigo (Figura 3). Este incremento puede atribuirse a una mayor acumulación de biomasa derivada de una mejor absorción de nutrientes y una mayor actividad fotosintética. En leguminosas, la aplicación de ácidos húmicos (fracción de sustancias húmicas) incrementan las variables ligadas al peso de vainas, número de vainas y rendimiento de vainas (Jasim y Alghrebawi, 2020; Rashwan et al., 2020), lo que apoya que el aumento del peso fresco observado refleja una respuesta productiva. Rosa et al. (2009) demostraron que las sustancias húmicas mejoran la absorción de nutrimentos en frijol, especialmente potasio, elemento relacionado con el transporte de carbohidratos y el llenado de granos, hasta en concentraciones bajas. Por lo tanto, el efecto positivo se alcanza desde la dosis más baja evaluada, lo cual coincide con el comportamiento fisiológico de muchos bioestimulantes, donde pequeñas cantidades son suficientes para activar respuestas metabólicas importantes.

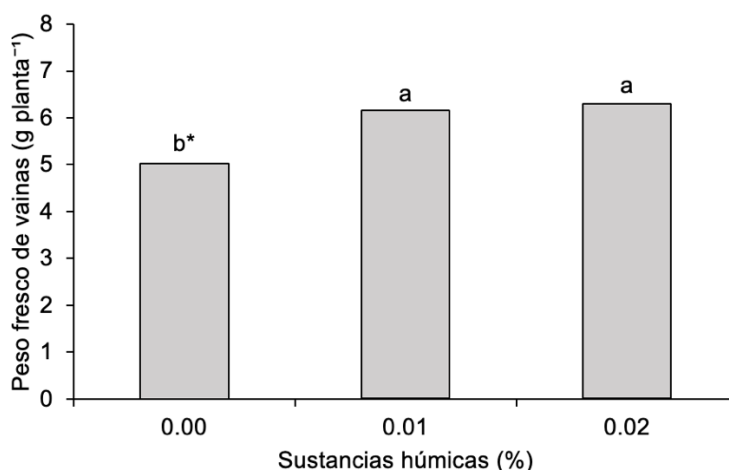


Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones de sustancias húmicas sobre el peso fresco de vainas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). * Mediana en cada barra con letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos mediante la prueba de Nemenyi ($\alpha = 0.05$; $n = 6$).

Figure 3. Effect of different concentrations of humic substances on fresh pod weight of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). * Medians in bars marked with different letters represent statistically significant differences between treatments according to the Nemenyi test ($\alpha = 0.05$, $n = 6$).

La longitud de las vainas aumentó significativamente con la aplicación de sustancias húmicas (Figura 4). Este resultado demuestra que las sustancias húmicas favorecieron el desarrollo de órganos reproductivos, mejorando cualidades de importancia comercial en frijol ejotero. La respuesta observada coincide con lo descrito por Canellas & Olivares (2014), quienes reportaron que los compuestos húmicos actúan como reguladores fisiológicos capaces de estimular procesos relacionados con la división y elongación celular. En frijol, el ácido húmico mejora la calidad de vaina, incluyendo peso, diámetro, siendo rasgos relevantes para la parte comercial y poscosecha (Hanafy Ahmed et al., 2010; El-Hady & Mohamed, 2015; Mohamed & Nawar, 2026). Por ende, las sustancias húmicas no solo incrementaron la productividad, sino también la calidad de las vainas, aspecto relevante para sistemas de producción de frijol dirigido al mercado fresco.

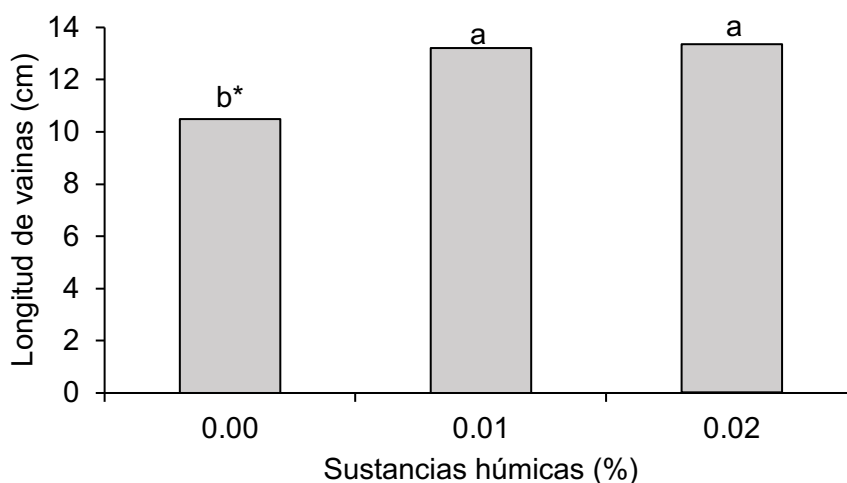


Figura 4. Efecto de diferentes concentraciones de sustancias húmicas sobre la longitud de vainas de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). * Mediana en cada barra con letras diferentes representan diferencias estadísticas significativas entre tratamientos mediante la prueba de Nemenyi ($\alpha = 0.05$; $n = 6$).

Figure 4. Effect of different concentrations of humic substances on pod length of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). * Medians in bars marked with different letters represent statistically significant differences between treatments according to the Nemenyi test ($\alpha = 0.05$; $n = 6$).

El rendimiento por planta mostró diferencias significativas entre tratamientos. Las plantas con aplicación de sustancias húmicas representan un incremento aproximado del 20 al 25 % respecto al tratamiento testigo (Figura 5). Las

sustancias promueven cambios fisiológicos relacionados con una mayor eficiencia en la absorción de nutrimentos, actividad enzimática y producción de biomasa, de tal manera, que los compuestos húmicos son capaces de mejorar la estructura radical y aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes, favoreciendo la producción de los cultivos (Canellas & Olivares, 2014; Nunes et al., 2019). Asimismo, estas sustancias actúan como reguladores del crecimiento vegetal, promoviendo la elongación celular y la actividad enzimática en procesos fisiológicos (Canellas & Olivares, 2014; Nardi et al., 2024). En este sentido, el aumento en el rendimiento acumulado se relaciona con un mayor número de vainas producidas (Canellas & Olivares, 2014; Petropoulos et al., 2020).

Aunque la dosis superior (0.02 %) no necesariamente generó incrementos adicionales, la concentración de 0.01 % podría ser suficiente para maximizar el rendimiento bajo las condiciones evaluadas.

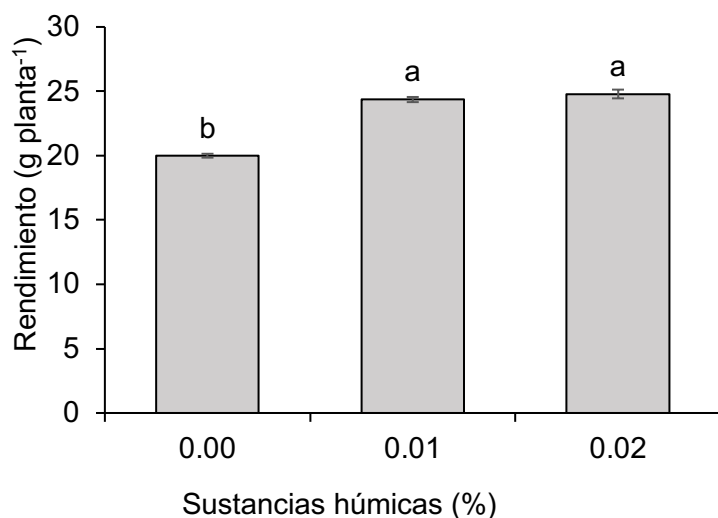


Figura 5. Efecto de diferentes concentraciones de sustancias húmicas sobre el rendimiento por planta de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.). Medias $\pm$ error estándar con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos según la prueba de comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$; $n = 6$).

Figure 5. Effect of different concentrations of humic substances on yield per plant of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Means $\pm$ standard error with different letters indicate statistically significant differences between treatments according to Tukey's mean comparison test ($p \leq 0.05$; $n = 6$).

CONCLUSIÓN

Las aplicaciones de sustancias húmicas en frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) demostró ser efectivas para mejorar la respuesta productiva del cultivo bajo condiciones de invernadero, al favorecer principalmente el desarrollo y la calidad de las vainas. Los resultados indican que estimulan procesos fisiológicos relacionados con el aprovechamiento de agua y nutrientes, lo que contribuye a una mayor eficiencia productiva sin generar cambios importantes en el crecimiento vegetativo de la planta. Asimismo, se observó que la concentración de 0.01 % fue suficiente para inducir respuestas similares a las obtenidas con una dosis mayor, lo que sugiere que no dependen necesariamente del incremento de la concentración aplicada. Por lo tanto, se confirma el potencial de las sustancias húmicas como una alternativa biológica para fortalecer la productividad y calidad del frijol ejotero.

LITERATURA CITADA

- Ampong, K., Thilakaranthna, M. S., & Gorim, L. Y. (2022). Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Frontiers in Agronomy*, 4, 848621. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621>
- Canellas, L. P., & Olivares, F. L. (2014). Physiological responses to humic substances as plant growth promoters. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 1, 3. <https://doi.org/10.1186/2196-5641-1-3>
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- de Oliveira, E. P., de Souza Soares, P. P., de Jesus Correia, A., da França, R. S., Miguel, D. L., Nóbrega, R. S. A., & Leal, P. L. (2024). Humic substances and plant growth-promoting bacteria enhance corn (*Zea mays* L.) development. *South African Journal of Botany*, 166, 539-549. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.02.027>
- El-Hady, M., & Mohamed, E. (2015). Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to organic and bio-fertilizers under different levels of nitrogen mineral fertilizer. *Journal of Plant Production*, 6(6), 965-976. <https://doi.org/10.21608/jpp.2015.49810>
- Félix, J. W., Sánchez-Chávez, E., Tosquy-Valle, O., Preciado-Rangel, P., Márquez-Quiroz, C., & Cruz-Lázaro, E. (2024). Biofortificación de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Verdín con quelato y sulfato de hierro. *Terra Latinoamericana*, 42, e1831. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i0.1831>

- Gupta, S., Kulkarni, M. G., White, J. F., Stirk, W. A., Papenfus, H. B., Doležal, K., & Van Staden, J. (2021). Categories of various plant biostimulants: mode of application and shelf-life. In *Biostimulants for Crops from Seed Germination to Plant Development* (pp. 1-60). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823048-0.00018-6>
- Hanafy Ahmed, A. H., Nesiem, M. R., Hewedy, A. M., & Sallam, H. E. S. (2010). Effect of some simulative compounds on growth, yield and chemical composition of snap bean plants grown under calcareous soil conditions. *Journal of American Science*, 6(10), 552-569.
- Jasim, A., & Alghrebawi, K. (2020). Effect of soil mulch, phosphorus levels and humic acid spray on the growth and green pods yield of broad bean. *DYSONA - Applied Science*, 1(3), 88-95.
- Jindo, K., Olivares, F. L., Malcher, D. J. D. P., Sánchez-Monedero, M. A., Kempenaar, C., & Canellas, L. P. (2020). From lab to field: Role of humic substances under open-field and greenhouse conditions as biostimulant and biocontrol agent. *Frontiers in Plant Science*, 11, 426. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00426>
- Kumar, S., Kumar, G., Chakravorty, S., & Mehta, S. (2024). Effect of humic acid and zinc sulphate on growth and yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Research in Agronomy*, 7(5), 758-763. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i5j.1238>
- Mohamed, E. A. I., Nawar, D. A. S., Zyada, H. G., Abou-Hussein, S. D., & Bardisi, E. A. (2026). Productivity and pod quality of snap bean under traditional tillage with different combinations of mineral and organic fertilization. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 14(3), 823-834. <https://doi.org/10.22194/JGIAS/26.1971>
- Nardi, S., Schiavon, M., & Francioso, O. (2021). Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*, 26(8), 2256. <https://doi.org/10.3390/molecules26082256>
- Nardi, S., Schiavon, M., Muscolo, A., Pizzeghello, D., Ertani, A., Canellas, L. P., & Garcia-Mina, J. M. (2022). Editorial: Molecular characterization of humic substances and regulatory processes activated in plants. *Frontiers in Plant Science*, 13, 851451. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.851451>
- Nardi, S., Schiavon, M., Muscolo, A., Pizzeghello, D., Ertani, A., Canellas, L. P., & Garcia-Mina, J. M. (2024). Molecular characterization of humic substances and regulatory processes activated in plants, volume II. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1413829. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1413829>
- Nunes, R. O., Domiciano, G., Alves, W. S., Melo, A., Nogueira, F. C., Canellas, L. P., Olivares, F. L., Zingali, R. B., & Soares, M. R. (2019). Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis. *Scientific Reports*, 9, 12027. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48509-2>
- Petropoulos, S. A., Fernandes, Â., Plexida, S., Chrysargyris, A., Tzortzakis, N., Barreira, J. C. M., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Biostimulants



application alleviates water stress effects on yield and chemical composition of greenhouse green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomy*, 10(2), 181. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020181>

- Rashwan, E. M., Faiyad, R. M. N., & El-Mahdy, R. E. S. H. (2020). Sustainable management of kidney bean plants by soil application of humic substances and foliar application of molybdenum. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, 4, 381-392.
- Rosa, C. M. da, Castilhos, R. M. V., Vahl, L. C., Castilhos, D. D., Pinto, L. F. S., Oliveira, E. S., & Leal, O. dos A. (2009). Efeito de substâncias húmicas na cinética de absorção de potássio, crescimento de plantas e concentração de nutrientes em *Phaseolus vulgaris* L. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(4), 959-967. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400022>
- SAS Institute Inc. (2013). SAS/STAT® 9.4 User's Guide. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Sheyaa, T. A., & Karomi Kisko, M. F. (2024). Effect of humic acid, cytokinin and arginine on qualitative traits and yield of bean plant *Phaseolus vulgaris* L. under salt stress. *Ibn Al-Haitham Journal for Pure and Applied Sciences*, 37(2), 12-25. <https://doi.org/10.30526/37.2.3319>
- Wang, X., Han, Y., Cao, Y., Ni, Y., Wang, D., & Luan, Y. (2025). The formation, stabilization mechanism, and environmental impacts of persistent free radicals in soil humic substances. *Agronomy*, 15(3), 602. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030602>

