

## Niveles de humedad y densidades sobre el rendimiento de frijol

---

Dulce Lucero Hernández-Martínez<sup>1</sup>

Adrián Gómez-González<sup>1</sup>

José Pimentel-López<sup>1,§</sup>

Gabriel Calzada-Lara<sup>1</sup>

Marco Tulio Ramírez-Torres<sup>2</sup>

1 Colegio de Postgraduados- Campus San Luis Potosí. Calle Iturbide núm. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. CP. 78600. (josep@colpos.mx). Colegio de Postgraduados Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí Salinas de Hidalgo San Luis Potosí 78600 México

2 Coordinación Académica Región Altiplano Oeste-UASLP. Carretera Salinas-Santo Domingo núm. 200, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. CP. 78600. Universidad Autónoma de San Luis Potosí Universidad Autónoma de San Luis Potosí Coordinación Académica Región Altiplano Oeste Salinas de Hidalgo San Luis Potosí 78600 México

Autor para correspondencia: josep@colpos.mx.

---

### Resumen

La presente investigación evaluó el efecto de tres niveles de humedad del suelo (30%, 70% y 100% de la humedad aprovechable) combinados con dos densidades (30 y 40 plantas m<sup>-2</sup>) sobre el rendimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Pinto Saltillo, bajo riego por goteo en Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. Se empleó un diseño factorial 3x2 con tres repeticiones, totalizando 18 unidades experimentales. Las variables analizadas incluyeron altura de planta, grosor de tallo, dimensiones foliares, número de vainas, peso seco de planta, peso de vaina y rendimiento en grano. El tratamiento con 30% de humedad (90 000 L ha<sup>-1</sup> por riego) y 30 plantas m<sup>-2</sup> presentó el mejor desempeño, alcanzando 47 cm de altura, 15 vainas por planta y un rendimiento de 118 g m<sup>-2</sup> (1 180 kg ha<sup>-1</sup>). Los tratamientos con 70% (210 000 L ha<sup>-1</sup> por riego) y 100% (300 000 L ha<sup>-1</sup> por riego) de humedad, junto con mayor densidad, mostraron efectos negativos por competencia intraespecífica. No se observaron diferencias significativas en rendimiento entre niveles de humedad, aun duplicando o triplicando el volumen de riego. Se identificaron correlaciones significativas entre altura y número de vainas ( $r=0.716$ ), peso de vaina y rendimiento en grano ( $r=0.987$ ) y dimensiones foliares ( $r=0.887$ ). Los resultados sugieren que el estrés hídrico moderado y una densidad adecuada favorecen el desarrollo del frijol y permiten un uso eficiente del agua. Esta investigación aporta evidencia técnica para optimizar el manejo hídrico y las prácticas agronómicas en regiones semiáridas.

### Palabras clave:

optimización de recursos hídricos, población de plantas, riego por goteo.

---

## Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más importantes en México, especialmente en zonas semiáridas, por su resistencia a la sequía y su papel en la seguridad alimentaria. Desde 1990, sus rendimientos han aumentado gracias a nuevas variedades y mejoras en el manejo agronómico (INIFAP, 2022; Osuna *et al.*, 2021). La densidad de siembra ha demostrado ser una estrategia eficaz para mejorar el rendimiento, aunque su efecto varía según las características de la variedad y las condiciones ambientales (Padilla-Ramírez *et al.*, 2003).

Por otro lado, la disponibilidad de agua es crítica para el desarrollo del cultivo, y su manejo adecuado puede reducir el estrés hídrico y aumentar la productividad (SIAP, 2023; Londoño, 2020). Estudios recientes han analizado cómo la interacción entre densidad y humedad influye en la eficiencia del uso del agua, la biomasa y el rendimiento del frijol (Rosales-Serna *et al.*, 2021; Godoy-Avila, 2024). Sin embargo, aún existe una brecha de conocimiento sobre cómo estos factores se comportan bajo distintas condiciones.

Optimizar la densidad de siembra y el manejo de la humedad es clave para mejorar la productividad del frijol sin comprometer los recursos hídricos. La problemática del agua se ha intensificado en las últimas décadas debido al cambio climático y al incremento de la demanda agrícola, lo que ha generado un interés creciente en prácticas que permitan optimizar el uso de este recurso. En este sentido, el frijol representa un cultivo estratégico por su tolerancia relativa a la sequía y su importancia socioeconómica en comunidades rurales (Hernández *et al.*, 2026; Vélez, 2025).

A nivel internacional, investigaciones han confirmado la relevancia de estudiar al frijol bajo condiciones de estrés hídrico y sistemas innovadores. Geleta *et al.* (2024) reportaron respuestas fenotípicas diferenciadas de variedades de frijol a distintos niveles de humedad, mientras que Rai *et al.* (2020) demostraron que el manejo de riego en climas áridos y semiáridos influye directamente en el rendimiento. Asimismo, Ángeles *et al.* (2025) evidenciaron que el frijol mantiene productividad y adapta su morfología en sistemas agrivoltaicos con radiación modificada.

Estos antecedentes refuerzan la necesidad de generar conocimiento aplicado que permita diseñar estrategias de manejo hídrico adaptadas a diferentes contextos. El objetivo de esta investigación fue evaluar tres niveles de humedad edáfica 100%, 70% y 30% y dos densidades de siembra equivalentes a 30 y 40 plantas m<sup>-2</sup> para incrementar el rendimiento del cultivo de frijol. La hipótesis inicial fue que al hacer uso de un nivel de humedad del 70% y una densidad de 40 plantas m<sup>-2</sup> se mejoraría el rendimiento en el cultivo de frijol.

## Materiales y métodos

### Sitio de estudio

El experimento se llevó a cabo en el ciclo verano-otoño 2024 en las parcelas 4 y 5 del área experimental “La Huerta” del Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, ubicado en Salinas de Hidalgo, SLP, con coordenadas: 22° 37' 32" N y 101° 42' 49" O. La región presenta temperaturas anuales entre 3°C y 28°C, con lluvias concentradas de junio a septiembre, siendo julio el mes más lluvioso (71 mm) y una humedad relativa entre 44% y 74%.

### Manejo agronómico

Se realizó un muestreo de suelo en las parcelas experimentales, obteniendo textura franco-arenosa, pH fue alcalino (8.01 y 7.99), buena fertilidad de macronutrientes, y deficiencias en Fe, Mn y Cu, además de alta salinidad y sodio. Para el cálculo de láminas y tiempos de riego se utilizó un estudio previo de 2021. El material vegetal correspondió al frijol Pinto Saltillo (*Phaseolus vulgaris* L.), caracterizado por su tolerancia a sequía y enfermedades, con floración entre los 62 y 70 días, y madurez fisiológica entre los 115 y 123 días. (INIFAP, 2022; Osuna *et al.*, 2021).

La siembra se realizó con una sembradora modificada para establecer densidades de 30 y 40 plantas  $m^{-2}$  en camas de tres y cuatro hileras respectivamente. En la parcela 4 se establecieron camas de cuatro hileras con 40 cm de distancia entre hileras y 10 cm entre plantas, mientras que en la parcela 5 se utilizaron camas de tres hileras con 60 cm entre hileras. En ambas parcelas se dejaron pasillos de 1 m entre camas y en los bordes. El sistema de riego consistió en cintillas de 40 m con goteros cada 20 cm, instaladas por hilera. En total se colocaron 21 cintillas: 9 en la parcela 5 y 22 en la parcela 4. El tiempo de riego se estimó con base en pruebas de flujo y en el agua aprovechable por la planta (15%), calculando la lámina necesaria como se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1**

**Datos empleados para el cálculo de lámina de riego y tiempo de riego en cada tratamiento.**

Parámetro	3 hileras (30 plantas $m^{-2}$ )	4 hileras (40 plantas $m^{-2}$ )
Distancia entre hileras (m)	0.6	0.4
Gasto de goteros ( $L h^{-1}$ )	0.5	0.5
Largo de cintilla (m)	40	40
Profundidad efectiva de la raíz (mm)	200	200
Número de goteros (cintilla de 40 m)	200	200

Cálculos: Largo de cintilla (m) \* distancia entre líneas (m) = área de riego ( $m^2$ ). CC (%) – PMP (%) = agua aprovechable (%). Profundidad efectiva de la raíz (mm) \* agua aprovechable (0.15) = lámina de riego requerida (mm). Área de riego ( $m^2$ ) \* lámina de riego requerida (mm) = volumen de agua requerida ( $m^3$ ). Volumen de agua requerida ( $m^3$ ) \* 1 000 = litros de agua requerida (L). Número de goteros \* gasto de goteros por hora ( $L h^{-1}$ ) = litros por hora de riego ( $L h^{-1}$ ). Litros de agua requerida (L) / litros por hora de riego ( $L h^{-1}$ ) = tiempo de riego (h).

Con base en el tiempo de riego para el nivel del 100%, se determinaron los tiempos para los otros dos niveles (Cuadro 2).

**Cuadro 2**

**Láminas y tiempos de riego aplicados a cada tratamiento según densidad y nivel de humedad.**

Densidad (plantas $m^{-2}$ )	Niveles de humedad (%)	Lámina de riego (mm)	Tiempo de riego (h)	$L ha^{-1}$ por riego
30	100	30	7.2	300 000
30	70	21	5.04	210 000
30	30	9	2.16	90 000
40	100	30	4.8	300 000
40	70	21	3.36	210 000
40	30	9	1.44	90 000

Se aplicó una solución nutritiva preparada en un tinaco de 450#L, inyectada al sistema de riego cada cuatro días durante cinco minutos, cuya composición se detalla en el Cuadro 3 (Gómez González, 2023).

**Cuadro 3**

**Composición de la solución nutritiva para frijol, modificada por Gómez González (2023).**

Elemento	ppm
N	67
P	58
K	120
Ca	41
Mg	20
Na	58
Cl	28
S	2
Micronutrientes	2.36

La eliminación de malezas se realizó manualmente para evitar daños en las cintillas. Asimismo, se instalaron tensiómetros a 10, 20 y 30#cm de profundidad, trabajando principalmente con el de 20#cm, donde se concentraba la mayor densidad de raíces. Aunque los riegos fueron previamente calculados, las lluvias durante el trabajo de campo redujeron el tiempo de aplicación. Los tratamientos de 30% y 70% de humedad se ajustaron con base en las lecturas del tensiómetro del tratamiento al 100%, iniciando el riego cuando la lectura alcanzaba 40 kPa y deteniéndolo cuando descendía a 10 kPa. El total de agua aplicada, incluyendo 217#mm de precipitación, se presenta en el Cuadro 4.

**Cuadro 4****Agua aplicada a cada tratamiento (mm), incluyendo precipitación registrada durante el ciclo.**

Tratamiento	30 plantas m <sup>2</sup>	40 plantas m <sup>2</sup>
30%	261	255
70%	350	306
100%	373	346

Durante la cosecha, las plantas y vainas se separaron en bolsas de papel según el tratamiento aplicado y se colocaron en un secador solar para obtener el peso seco. Las vainas también fueron secadas para extraer el grano y calcular el rendimiento. Se pesaron las bolsas de planta seca y se registró por separado el peso de vaina y el rendimiento en grano.

## Tratamientos y diseño experimental

El estudio utilizó un diseño de parcelas divididas con arreglo factorial 3×2 y tres repeticiones, considerando tres niveles de humedad (30%, 70% y 100% de la humedad aprovechable) y dos densidades de siembra (30 y 40 plantas m<sup>-2</sup>), para un total de 18 unidades experimentales. Las unidades de muestreo fueron de 1#m × 1.2#m, con 30 o 40 plantas según el número de hileras. En total se trabajó con 2 100 plantas: 900 en áreas de tres hileras y 1 200 en áreas de cuatro hileras.

Se realizaron tres repeticiones de muestreo en el centro de las parcelas, iniciando con una medición de 1#m de ancho que generó seis áreas de referencia. Con las tres repeticiones adicionales, se obtuvo un total de 18 áreas de muestreo. Se registraron variables fisiológicas como altura de planta, grosor de tallo, dimensiones foliares (ancho y largo de la hoja) y número de vainas. Las mediciones se efectuaron con regla de 30#cm y un flexómetro, mientras que las vainas se contaron manualmente por planta.

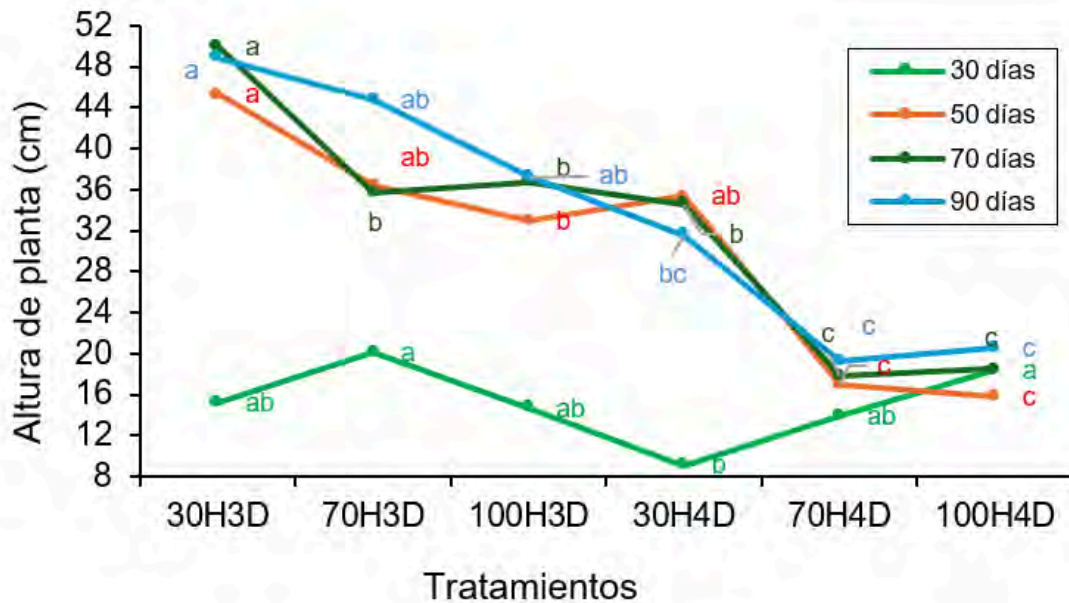
Las evaluaciones de altura de planta y grosor de tallo se realizaron a los 30, 50, 70 y 90 días después de la siembra, mientras que el largo y ancho de la hoja y número de vainas se evaluaron a los 50, 70 y 90 días después de la siembra y al final del ciclo se determinaron las variables de rendimiento, incluyendo peso seco de planta (sin vaina ni grano), peso seco de vaina (sin grano) y rendimiento en grano. El análisis estadístico se realizó en SAS mediante ANOVA con un nivel de significancia de 0.05. Se aplicó la prueba de Tukey (p# 0.05) para comparar medias y se efectuaron análisis de correlaciones entre variables para evaluar relaciones entre características fisiológicas y reproductivas.

## Resultados y discusión

Se evaluaron altura de planta, diámetro de tallo, número de vainas y dimensiones foliares. El tratamiento con 30% de humedad y 30 plantas m<sup>-2</sup> promovió mayor altura durante todas las fechas (Figura 1) lo que coincide con Rosales-Serna *et al.* (2021), quienes señalan que el frijol bajo estrés hídrico moderado prioriza el crecimiento vegetativo. Aunque los tratamientos con 70% y 100% de humedad y 40 plantas m<sup>-2</sup> mostraron una menor altura en comparación con el tratamiento de 30% de humedad y 30 plantas m<sup>-2</sup>, posiblemente por competencia entre plantas, como advierte INIFAP (2022). Esto confirma que ajustar riego y densidad mejora el desarrollo y la eficiencia hídrica.

Figura 1

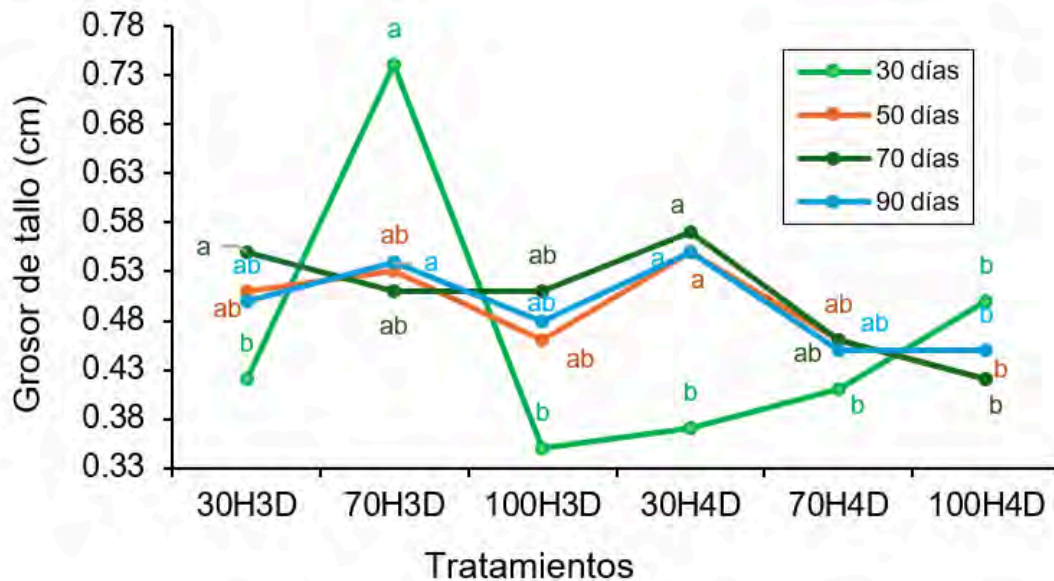
Altura de planta en cada tratamiento (30, 50, 70 y 90 días).



El grosor de tallo varió según la humedad y densidad (Figura 2). A los 30 días, el tratamiento con 70% de humedad y 30 plantas  $m^{-2}$  mostró el mayor grosor (0.73 cm), lo que sugiere que un nivel hídrico intermedio favorece el crecimiento estructural, como señalan Rosales-Serna *et al.* (2021).

Figura 2

Grosor de tallo en cada tratamiento (30, 50, 70 y 90 días).



En cuanto a las dimensiones foliares (ancho de hoja y largo de la hoja), no se observaron diferencias significativas entre tratamientos ni tiempos evaluados (Figuras 3 y 4), lo que indica una respuesta morfológica más estable en esta variable.

Figura 3

Largo de la hoja para cada tratamiento (50, 70 y 90 días).

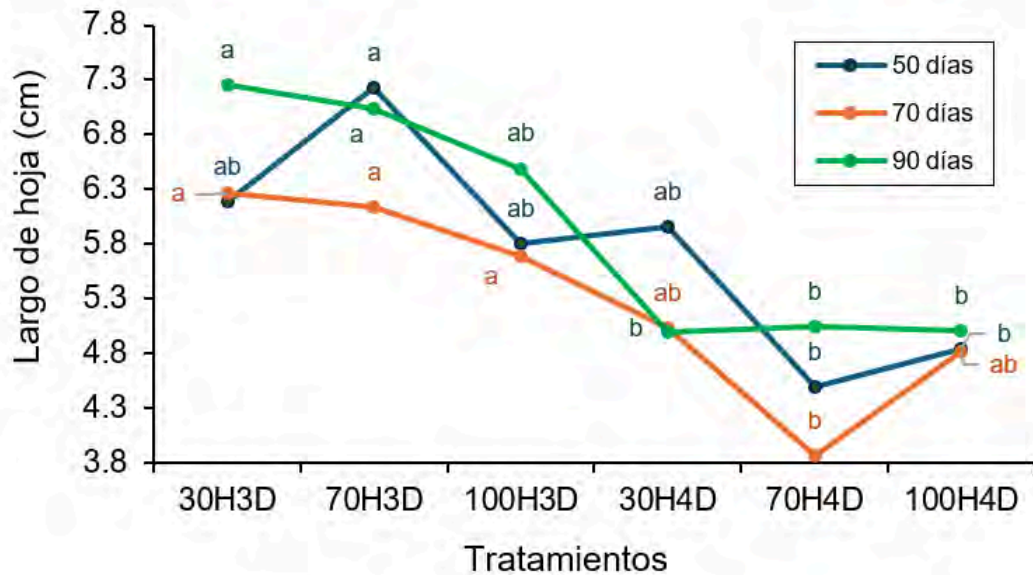
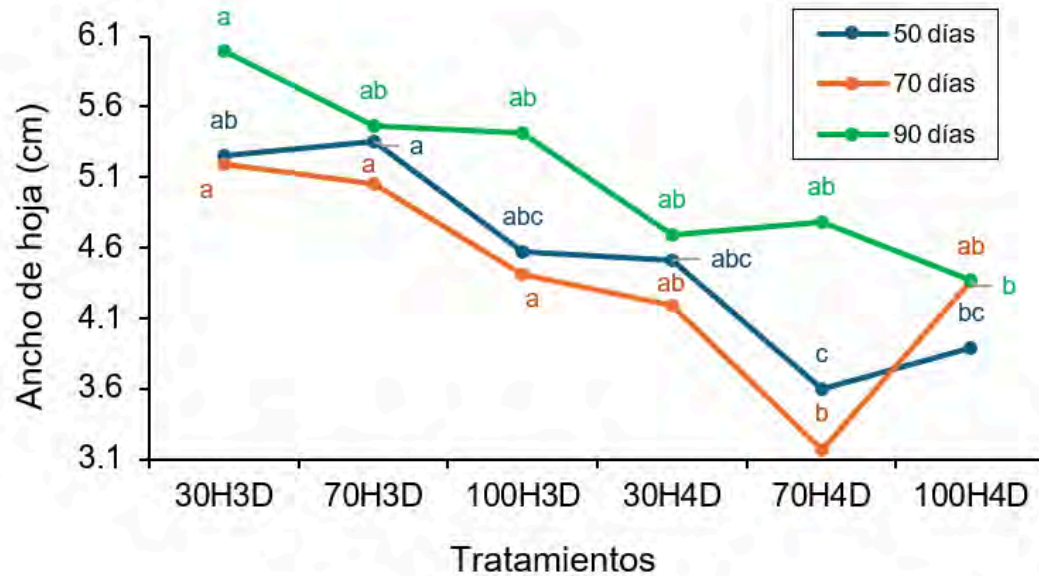


Figura 4

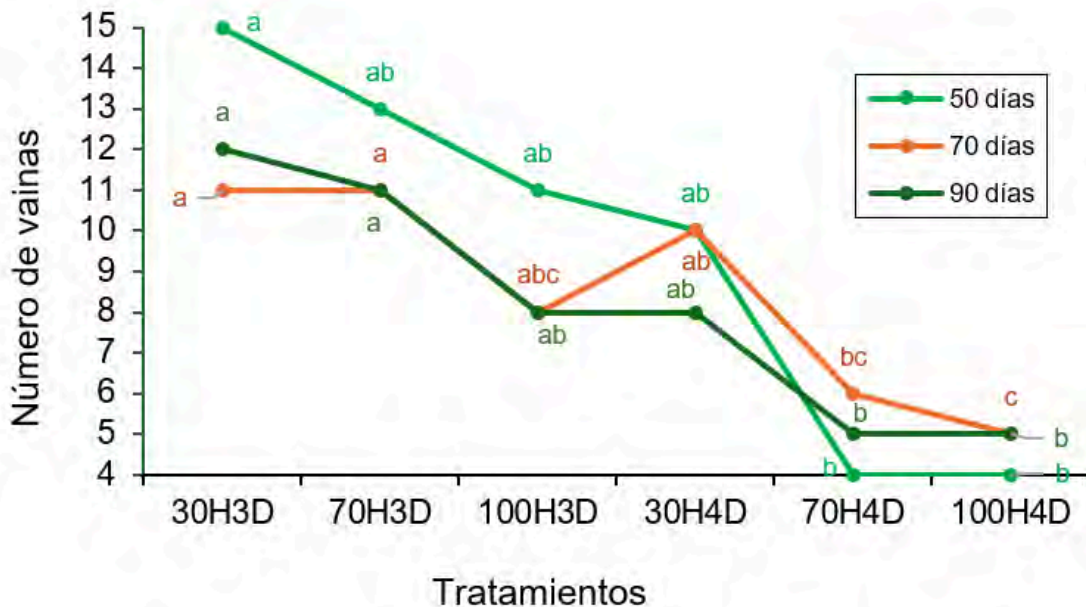
Ancho de la hoja para cada tratamiento (50, 70 y 90 días).



El tratamiento con 30% de humedad registró el mayor número de vainas durante el ciclo, mientras que el 70% también presentó buen desempeño a los 70 y 90 días con 30 plantas m<sup>2</sup> (Figura 5),

lo que sugiere que un nivel moderado de estrés hídrico y un espaciamiento adecuado favorecen la eficiencia reproductiva. Osuna-Ceja *et al.* (2012) indican que las siembras en tres hileras bajo condiciones de temporal reducen la competencia y mejoran la ventilación, lo que estimula la formación de estructuras reproductivas.

**Figura 5**  
Número de vainas para cada tratamiento (50, 70 y 90 días).



En contraste, el exceso de agua no incrementó el rendimiento y podría provocar estrés radicular. Bajo densidades elevadas (40 plantas  $m^{-2}$ ), el número de vainas se redujo al aplicar 70% y 100% de humedad a los 50 y 90 días, observándose los valores más bajos. INIFAP (2022) señala que la competencia entre plantas puede limitar componentes esenciales del rendimiento.

Se realizó un análisis de correlación, el cual mostró asociaciones significativas entre variables estructurales y reproductivas del frijol Pinto Saltillo (Cuadro 5). La altura de planta y el grosor de tallo presentaron una correlación positiva moderada ( $r= 0.602$ ), lo que sugiere que el crecimiento vegetativo está vinculado al fortalecimiento estructural, como también lo observó Osuna-Ceja *et al.* (2012) en condiciones de temporal.

**Cuadro 5**

Coefficientes de correlación Pearson entre variables fisiológicas y reproductivas del frijol Pinto Saltillo. Prob > |r| suponiendo  $H_0: \rho=0$ .

Variable	Altura	Grosor de tallo	Largo de hoja	Ancho de hoja	Número de vainas
Altura	1				
Grosor de tallo	0.60216	1			
Largo de hoja	0.38309	0.31703	1		
Ancho de hoja	0.30654	0.22575	0.88745	1	
Número de vainas	0.71634	0.67991	0.28852	0.21418	1

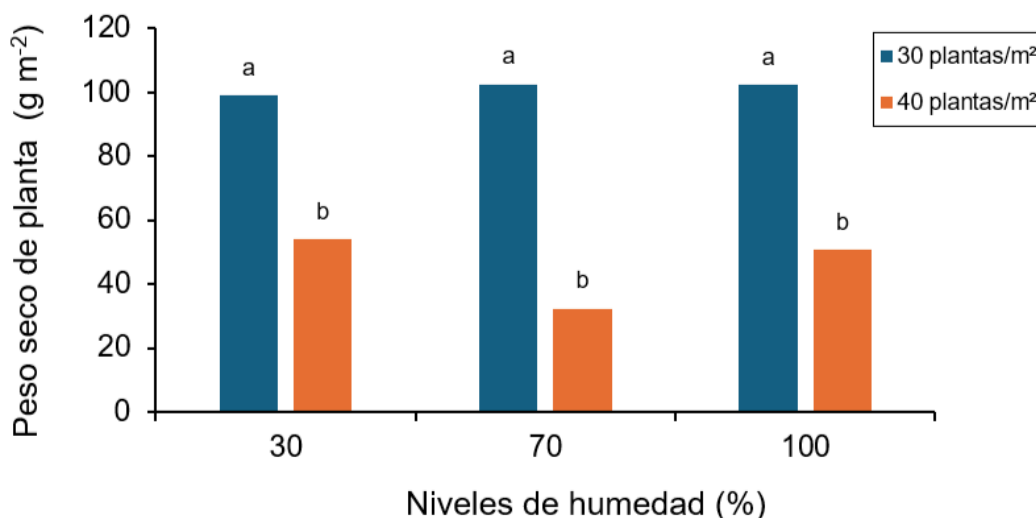
El largo y ancho de hoja mostraron una correlación fuerte ( $r= 0.887$ ), reflejando un patrón coordinado de expansión foliar; Aguirre Santos (2024) atribuyen esta estabilidad morfológica a la capacidad adaptativa de la variedad. La relación entre altura de planta y número de vainas fue

fuerte ( $r= 0.716$ ), indicando que el desarrollo vegetativo favorece la formación reproductiva, como destaca Hernández-Álvarez *et al.* (2023) en contextos de adopción tecnológica.

Todas las correlaciones fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.0001$ ), lo que subraya la relevancia de integrar variables estructurales y reproductivas en el manejo agronómico del cultivo. Los mejores rendimientos en peso seco de planta (sin vaina ni grano) se obtuvieron con 30 plantas  $m^{-2}$  en todos los niveles de humedad, alcanzando hasta  $102 \text{ g } m^{-2}$ , significativamente superiores a los tratamientos con 40 plantas  $m^{-2}$  ( $32 - 52 \text{ g } m^{-2}$ ; Figura 6). Esto respalda lo señalado por Osuna-Ceja *et al.* (2012), quienes afirman que arreglos más espaciados mejoran la distribución foliar y la acumulación de materia seca.

Figura 6

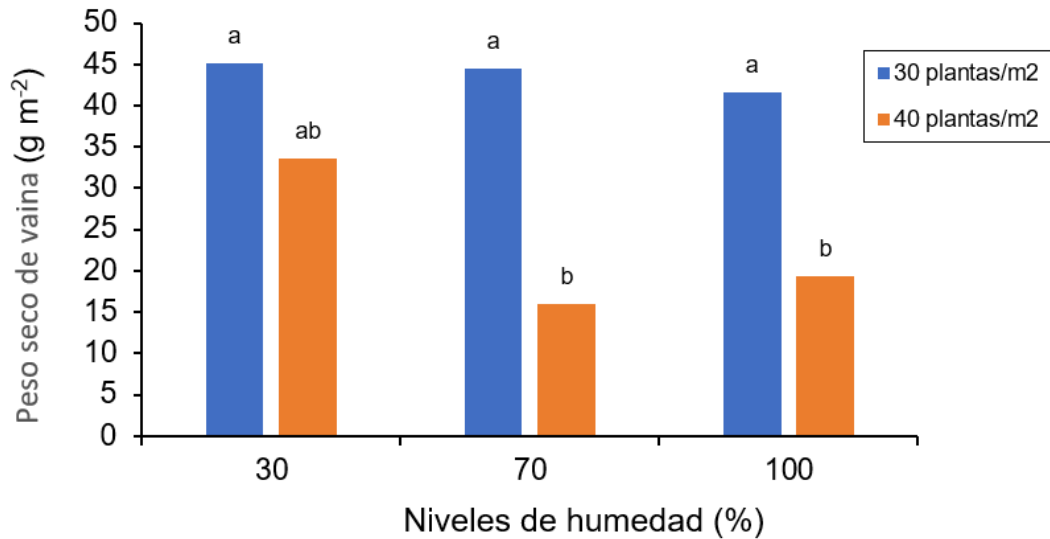
Peso seco de planta (sin vaina ni grano) para cada tratamiento.



Los tratamientos con 30 plantas  $m^{-2}$  mostraron los mayores valores de peso seco de vaina sin grano (Figura 7) en todos los niveles de humedad ( $41-45 \text{ g } m^{-2}$ ), en comparación con los tratamientos de alta densidad (40 plantas  $m^{-2}$ ), donde se observaron reducciones drásticas ( $16-34 \text{ g } m^{-2}$ ) lo que sugiere que el estrés hídrico moderado favorece la formación reproductiva. Morales-Elías *et al.* (2021) señalan que la restricción hídrica durante el llenado de vaina modifica la asignación de carbono, beneficiando la biomasa reproductiva.

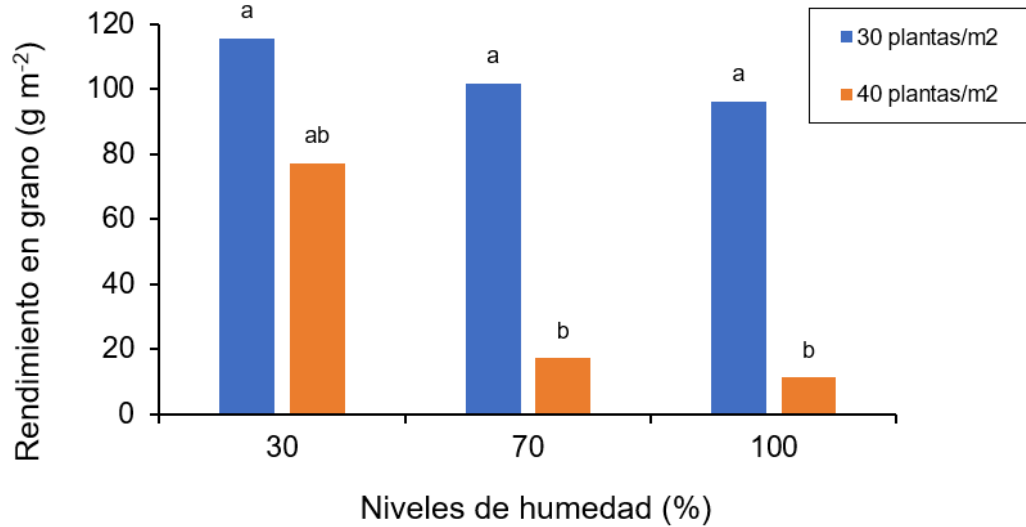
Figura 7

Peso seco de vaina (sin grano) en cada tratamiento.



Ángeles *et al.* (2025) destacan que arreglos espaciales intermedios mejoran la captación de luz y ventilación, favoreciendo el número y peso de vainas. En conjunto, los tratamientos con baja densidad y humedad controlada se perfilan como los más eficientes para maximizar biomasa reproductiva sin comprometer el balance hídrico. Los niveles de humedad del 70% y 100%, los tratamientos con 30 plantas m<sup>-2</sup> presentaron rendimientos significativamente superiores respecto a los de 40 plantas m<sup>-2</sup> (Figura 8), esto refleja que la alta densidad bajo condiciones hídricas más favorables puede generar competencia y reducir el rendimiento, como advierten Osuna-Ceja *et al.* (2012).

**Figura 8**  
Rendimiento en grano en cada tratamiento.



Por el contrario, Geleta *et al.* (2024) señalan que el exceso de agua afecta negativamente el índice de cosecha, mientras que Morales-Elías *et al.* (2021) destacan que la humedad controlada favorece la asignación de carbono a estructuras reproductivas. En conjunto, los tratamientos con baja densidad y humedad moderada o alta se perfilan como los más eficientes para maximizar el rendimiento en grano sin comprometer el balance hídrico. Se observó una correlación positiva moderada entre el peso de planta y el rendimiento en grano ( $r= 0.748$ ), aunque el peso de vaina mostró una relación aún más fuerte con el rendimiento, lo que lo posiciona como mejor predictor directo (Ghobary y Abd Allah, 2010).

## Conclusiones

El tratamiento con densidad de 30 plantas m<sup>-2</sup>, bajo una lámina de riego equivalente a 90 000 L ha<sup>-1</sup> por riego (30% de humedad), presentó el mayor rendimiento de grano con 118 g m<sup>-2</sup> (1 180 kg ha<sup>-1</sup>). No obstante, las diferencias con los tratamientos al 70% (210 000 L ha<sup>-1</sup> por riego) y 100% de humedad (300 000 L ha<sup>-1</sup> por riego) no fueron estadísticamente significativas.

Cabe destacar que los volúmenes aplicados al 70% y 100% representaron el doble y el triple, respectivamente, en comparación con el tratamiento al 30%, sin que ello se tradujera en un incremento proporcional del rendimiento. Las correlaciones entre variables morfológicas y reproductivas confirman su valor como indicadores predictivos. Estos resultados destacan la importancia de ajustar riego y densidad para lograr un manejo agronómico eficiente y sostenible.

## Bibliografía

- 1 Aguirre-Santos, J. 2024. Evaluación de frijol pinto saltillo en el norte de Sinaloa. Fundación Produce Sinaloa. <https://fps.org.mx/portal/index.php/notas/2097-evaluacion-de-frijol-pinto-saltillo-en-el-norte-de-sinaloa>.
- 2 Ángeles, W. G.; Banda-Martínez, D.; Barrera-Gurbillón, M. Á.; Espinoza-Canaza, F. I.; Santillán-Gómez, H.; Mori-Serván, D. C.; Yalta-Chappa, M.; Huanes-Mariños, M. A.; Gamarra-Torres, O. A. and Oliva-Cruz, M. 2025. Productivity and morphological adaptation

- of *Phaseolus vulgaris* L. in agrivoltaic systems with different photovoltaic technologies: A case study in Chachapoyas, Amazonas, Peru. *Agronomy*. 15(3):529-544. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030529>.
- 3 Baez-Gonzalez, A. D.; Padilla-Ramírez, J. S.; Fajardo-Díaz, R.; Osuna-Ceja, E. S.; Kiniry, J. R.; Meki, M. N. and Acosta-Díaz, E. 2020. Yield performance and response to high plant densities of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars under Semi-Arid Conditions. *Agronomy*. 10(11):1-14. <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1684>.
  - 4 Chacón-Ordóñez, T.; Campos-Boza, S.; Gamboa-Moreno, P.; Chaves-Barrantes, N. F. y Acosta-Montoya, Ó. 2024. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) endurecido y alternativas tecnológicas para su aprovechamiento en la industria alimentaria. *Agronomía Mesoamericana*, 35(1)1-20. <https://doi.org/10.15517/am.2024.59614>.
  - 5 Geleta, R. J.; Roro, A. G. and Terfa, M. T. 2024. Phenotypic and yield responses of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to different soil moisture levels. *BMC Plant Biology*. 24(1):1-14. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04856-5>.
  - 6 Ghobary, H. M. M. and Abd-Allah, S. A. M. 2010. Correlation and path-coefficient studies in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Plant Production*. 1(9):1233-1239. <https://doi.org/10.21608/jpp.2010.86576>.
  - 7 Godoy-Avila, C. 1990. Respuesta del frijol a diferentes niveles de humedad en el suelo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 13(2):129-129. <https://doi.org/10.35196/rfm.1990.2.129>.
  - 8 Gómez-González, A. 2023. Modificación de solución nutritiva para frijol. Comunicación personal. Colegio de Postgraduados. Salinas de Hidalgo, SLP, Estado de México.
  - 9 Hernández-Álvarez, J. C.; Sánchez-Toledano, B. I.; López-Santiago, M. A.; Valdivia-Alcalá, R. y Palmeros-Rojas, O. 2023. Factores determinantes en innovaciones tecnológicas: variedad de frijol Pinto Saltillo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 46(4):429-438. <https://doi.org/10.35196/rfm.2023.4.429>.
  - 10 Hernández-Cortés, S.; Hernández-Alcántara, N.; Díaz-Yayguaje, M.; Agustín-Guzmán, J.; Tenorio, D.; Oliva, A. M.; Rodríguez, M. C.; Dussán, J.; Rada, F. and Lasso, E. 2026. Enhancing drought resilience in common bean (*Phaseolus vulgaris*) through *Lysinibacillus sphaericus* inoculation. *Discover Plants*. 3(1):1-13. <https://doi.org/10.1007/s44372-025-00459-y>.
  - 11 INIFAP. 2023. Densidades altas de siembra para incrementar la rentabilidad. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <http://www.inifap-nortecentro.gob.mx/nodos/tecnologiasadoptadas/2023/densidades-altas-de-siembra-para-incrementar-a-renT.pdf>. 1-2 pp.
  - 12 Londoño, S. S. 2020. Variaciones morfológicas en raíces de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) sometidas a diferentes condiciones de humedad. Trabajo de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 80 p. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/34235>.
  - 13 Maciel-Pérez, L. H.; Macías-Valdez, L. M.; Cruz-Vázquez, A. y Galindo-Reyes, M. A. 2023. Producción de frijol Pinto Saltillo mediante riego por goteo sub-superficial Folleto técnico núm. 91. INIFAP. 1-32 pp. <https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/-Content?%2F=14616>.
  - 14 Morales-Elias, N. C.; Martínez-Barajas, E.; Bernal-Gracida, L. A.; García-Esteva, A.; Peña-Valdivia, C. B. and Padilla-Chacón, D. 2022. 14 C-Partitioning and biomass allocation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under different moisture levels during pod filling. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 208(6):898-909. <https://doi.org/10.1111/jac.12550>.
  - 15 Osuna-Ceja, E. S.; Reyes-Muro, L.; Padilla-Ramírez, J. S. y Martínez-Gamiño, M. Á. 2012. Rendimiento de frijol Pinto Saltillo en altas densidades de población bajo temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(7):1389-1400.
  - 16 Padilla-Ramirez, J. S.; Ochoa-Marquez, R.; Acosta-Diaz, E.; Acosta-Gallegos, J. A.; Mayek-Perez, N. and Kelly, J. D. 2003. Grain yield of early and late dry bean genotypes under

- rained conditions in Aguascalientes, Mexico. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. 46:89-90. <https://europepmc.org/article/agr/ind43757200>.
- 17 Rai, A.; Sharma, V. and Heitholt, J. 2020. Dry bean [*Phaseolus vulgaris* L.] growth and yield response to variable irrigation in the arid to semi-arid climate. Sustainability. 12(9):1-18. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3851>.
  - 18 Ramandeep, T. S.; Dhillon, B. S. and Dhall, R. K. 2017. Correlation and path analysis studies in French bean (*Phaseolus vulgaris*) for yield attributing traits. Journal of Plant Breeding and Genetics. 5(2):77-83. <https://isvsvegsci.in/index.php/vegetable/article/view/177>.
  - 19 Rosales-Serna, R.; Flores-Gallardo, H.; López-González, J. C.; Rubiños-Panta, J. E.; Ortiz-Sánchez, A. I.; Flores-Magdaleno, H.; Santana-Espinoza, S. y Domínguez-Martínez, P. A. 2021. Fenología y productividad del agua en variedades mejoradas de frijol ET cultivadas en Durango, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 44(4):511-519. <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.511>.
  - 20 Sánchez-Hernández, M. Á.; Morales-Terán, G.; García-Pérez, F.; Villanueva-Sánchez, E. y Sánchez-Hernández, C. 2024. Rendimiento de grano de *Vigna radiata* L. en diferentes densidades de población en trópico húmedo. Revista Fitotecnia Mexicana. 47(3):243-243. <https://doi.org/10.35196/rfm.2024.3.243>.
  - 21 SIAP. 2023a. 22 de marzo: día mundial del agua. <http://www.gob.mx/agricultura|dgsiap/es/articulos/22-de-marzo-dia-mundial-delagua-329542?idiom=es>.
  - 22 Vélez, I. 2025. Is Mexico's agricultural sector experiencing a water crisis? Mexico News Daily. <https://mexiconewsdaily.com/business/is-mexicos-agricultural-sector-experiencing-a-water-crisis/>.

## Niveles de humedad y densidades sobre el rendimiento de frijol

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 February 2026
Date accepted: 01 April 2026
Publication date: 01 May 2026
Publication date: May-Jun 2026
Volume: 17
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e4081
DOI: 10.29312/remexca.v17i3.4081

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

optimización de recursos hídricos  
población de plantas  
riego por goteo

### Counts

Figures: 8

Tables: 5

Equations: 0

References: 22