

Producción de frijol ejotero – trigo en siembra sucesiva para mayor aprovechamiento del biofertilizante y nitrógeno

Produção de feijão-verde e trigo em semeaduras sucessas para maior aproveitamento de biofertilizantes e nitrogênio

Production of green bean – wheat in successive sowing for greater use of biofertilizer and nitrogen

DOI: 10.34188/bjaerv9n1-066

Submitted: Jan 5th, 2026

Approved: Feb 4 th, 2026

José Alberto Salvador Escalante Estrada

Doctor. Ingeniero Agrónomo. Ecofisiología de Cultivos
Postgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México
Texcoco. México

Yolanda Isabel Escalante Estrada

Maestra en Ciencias
Fitopatología-Ecofisiología de cultivos
²Instituto de Investigación Científica área de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de
Guerrero
Chilpancingo. Guerrero

Luis Enrique Escalante Estrada

Maestro en Ciencias
Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Iguala Gro.
Iguala de la Independencia. Mexico
E-mail: leescalante2003@yahoo.com.mx

RESUMEN

Uno de los problemas de la fertilización inorgánica es su residualidad en los suelos. Una estrategia para reducir ésta es la siembra del agrosistema de cultivos sucesivos que en clima templado puede consistir en la siembra de frijol en verano con fertilizante y biofertilizante y trigo en otoño para aprovechar los residuos de éstos fertilizantes.. El objetivo fue determinar la respuesta en el Rendimiento en siembras sucesivas de frijol ejotero en verano y trigo en otoño al biofertilizante y fertilizante nitrogenado en clima templado con una sola fertilización en verano.. El estudio se realizó en Montecillo, Texcoco, Estado de México (2250 m de altitud), con clima templado (Cw), en un suelo arcilloso y con pH de 7.8. Los tratamientos consistieron en aplicar: 1) 0, 100 y 200 kg ha⁻¹ de nitrógeno mineral (N, 50% aplicado al momento de la siembra y 50% en la primera escarda), 2) biofertilizante (BIO, mezcla de *Rhizobium etli* con *Glomus intraradices*) y 3) la combinación de N y BIO. La siembra de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar “Hav-14” de hábito de crecimiento indeterminado fue el 26 de mayo de 2017, a una densidad de 6.25 plantas m⁻², bajo un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. El trigo (*Triticum aestivum* L.), cv. Tlaxcala se sembró el 16 de Octubre del 2017, a la densidad de 25 plantas m⁻² (5cm*80cm), en el campo bajo el diseño experimental y de tratamientos utilizado para el frijol. Se aplicaron riegos con una frecuencia de 10 a 12 días. Los resultados indican que con la aplicación de biofertilizante y nitrógeno al cultivo de verano se incrementa el rendimiento del frijol ejotero y del trigo de siembra

otoño-invierno. La aplicación de 100 kg de N ha⁻¹ fue la que presentó mayor ingreso neto. Desde el punto de vista de salud ambiental y diversidad económica es factible el agrosistema de frijol ejotero-trigo en la región.

Palabras clave: peso de ejote, número de ejotes, peso del grano, número de espigas, número de tallos.

RESUMO

Um dos problemas da fertilização inorgânica é o seu efeito residual no solo. Uma estratégia para reduzir esse efeito é o plantio de culturas sucessivas, que em climas temperados pode consistir no plantio de feijão no verão com fertilizante e biofertilizante, e trigo no outono para aproveitar os resíduos desses fertilizantes. O objetivo deste estudo foi determinar a resposta da produtividade de plantios sucessivos de feijão-verde no verão e trigo no outono à aplicação de biofertilizante e fertilizante nitrogenado em clima temperado com uma única fertilização no verão. O estudo foi realizado em Montecillo, Texcoco, Estado do México (2250 m de altitude), com clima temperado (Cw), em solo argiloso com pH 7,8. Os tratamentos consistiram na aplicação de: 1) 0, 100 e 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio mineral (N, 50% aplicado no plantio e 50% na primeira capina), 2) biofertilizante (BIO, mistura de *Rhizobium etli* com *Glomus intraradices*) e 3) a combinação de N e BIO. O plantio da cultivar de feijão-verde (*Phaseolus vulgaris* L.) “Hav-14”, de hábito de crescimento indeterminado, foi realizado em 26 de maio de 2017, na densidade de 6,25 plantas m⁻², em delineamento de blocos casualizados com parcelas subdivididas. O trigo (*Triticum aestivum* L.), cv. Tlaxcala, foi semeado em 16 de outubro de 2017, na densidade de 25 plantas m⁻² (5 cm x 80 cm) no campo, seguindo o mesmo delineamento experimental e esquema de tratamento utilizado para o feijão. A irrigação foi realizada a cada 10 a 12 dias. Os resultados indicam que a aplicação de biofertilizante e nitrogênio na cultura de verão aumenta a produtividade do feijão-verde e do trigo de inverno. A aplicação de 100 kg N ha⁻¹ resultou na maior produtividade líquida. Do ponto de vista da saúde ambiental e da diversificação econômica, o agroecossistema feijão-verde-trigo é viável na região.

Palavras-chave: peso do feijão-verde, número de feijões-verdes, peso do grão, número de espigas, número de talos.

ABSTRACT

One of the problems with inorganic fertilization is its residual effect in the soil. One strategy to reduce this is the planting of successive crops, which in temperate climates can consist of planting beans in summer with fertilizer and biofertilizer, and wheat in autumn to take advantage of the residues from these fertilizers. The objective was to determine the yield response of successive plantings of green beans in summer and wheat in autumn to biofertilizer and nitrogen fertilizer in a temperate climate with a single fertilization in summer. The study was carried out in Montecillo, Texcoco, State of Mexico (2250 m altitude), with a temperate climate (Cw), in a clay soil with a pH of 7.8. The treatments consisted of applying: 1) 0, 100 and 200 kg ha⁻¹ of mineral nitrogen (N, 50% applied at planting and 50% at the first weeding), 2) biofertilizer (BIO, mixture of *Rhizobium etli* with *Glomus intraradices*) and 3) the combination of N and BIO. The planting of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar “Hav-14” with an indeterminate growth habit was on May 26, 2017, at a density of 6.25 plants m⁻², under a randomized block design with split-plot arrangement. Wheat (*Triticum aestivum* L.), cv. Tlaxcala, was sown on October 16, 2017, at a density of 25 plants m⁻² (5 cm x 80 cm) in the field, following the same experimental design and treatment scheme used for beans. Irrigation was applied every 10 to 12 days. The results indicate that the application of biofertilizer and nitrogen to the summer crop increases the yield of green beans and fall-winter wheat. The application of 100 kg N ha⁻¹ resulted in the highest net yield. From the perspective of

environmental health and economic diversity, the green bean-wheat agroecosystem is feasible in the region.

Keywords: green bean weight, number of green beans, grain weight, number of ears, number of stems.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas de la fertilización inorgánica es su residualidad en los suelos. Una estrategia para reducir ésta, es la siembra del agrosistema de cultivos sucesivos que en clima templado puede consistir en la siembra de frijol en verano con fertilizante y biofertilizante y trigo en otoño para aprovechar los residuos de éstos fertilizantes. Esto es un caso de agricultura regenerativa pues con este agrosistema se trata de conservar el suelo (Flores et al., 2025). Para incrementar la producción agrícola, es necesario el conocimiento de los componentes del proceso de producción, siendo éstos: la intensidad representada por el rendimiento de los cultivos y la capacidad, por la superficie de producción o de siembra de las áreas agrícolas, el índice de no siniestro (fracción de la superficie cosechada que no sufrió siniestro) y el índice de cultivo (ICVO) que se define como el número de veces que una superficie agrícola es sembrada en el año con cultivos de ciclo corto. El valor del ICVO sería de 0, 1 y 2 si la tierra no se sembrara, se sembrara una vez (Primavera-Verano, PV) o dos veces (P-V y Otoño-Invierno, OI), respectivamente. (Turrent et al., 1999). Un ICVO incluye el agrosistema de cultivos intensivos o sucesivos, cuyas ventajas serían la reducción de la compactación y erosión del suelo (Kaspar et al., 2001), la conservación del agua (Peterson y Westfall, 2004, Benjamin et al., 2008), el incremento en el carbono orgánico (Milkha et al., 2006) y así elevar la producción (Peterson y Westfall, 2004), un uso más eficiente de los nutrimentos aplicados (Owen et al., 2000), el control de maleza (Williams et al., 1998) mediante producción de compuestos alelopáticos (Barnes y Putman, 1987), el control de plagas y la diversidad económica. Sin embargo, en regiones de clima templado o semiárido además de que se debe contar con riego para la cosecha OI, la limitante es la baja temperatura. Así, la especie seleccionada para este fin debe tolerar esta condición. En este estudio, se utilizó el agrosistema, frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) - trigo (*Triticum aestivum* L.) considerados dentro de los 17 cultivos clave para la alimentación de México (Turrent et al., 1999) con el objetivo fue determinar la respuesta en el Rendimiento en siembras sucesivas de frijol ejotero en verano y trigo en otoño al biofertilizante y fertilizante nitrogenado en clima templado con una sola fertilización en verano..

2 MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se realizó en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' N, 98° 53' O, a 2250 m de altitud), con clima Cw, que indica un clima templado con lluvias en verano, temperatura media anual de 14.6 °C y 558.5 mm de precipitación (García 2005), en un suelo arcilloso y con pH de 7.8. Los tratamientos consistieron en aplicar: 1) 0, 100 y 200 kg ha⁻¹ de nitrógeno mineral (N, 50% aplicado al momento de la siembra y 50% en la primera escarda), 2) biofertilizante (BIO, mezcla de *Rhizobium etli* con *Glomus intraradices*) y 3) la combinación de N y BIO. La inoculación con BIO se realizó mezclando 2 kg de semilla del frijol ejotero cultivar “Hav-14” de hábito de crecimiento indeterminado, con adherente (0.013 kg de carboximetilcelulosa disuelto en 0.150 L de agua) y se dejó reposar por dos horas, posteriormente se aplicaron 0.038 kg de Rhizo Fer (*Rhizobium etli*, 500 millones g⁻¹) y 0.100 kg de Micorriza Fer (*Glomus intraradices*, 3000 esporas kg⁻¹), se dejó reposar por 12 horas a la sombra. La siembra se realizó el 26 de mayo de 2009, a una densidad de 6.25 plantas m⁻², bajo un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. El trigo (*Triticum aestivum* L.), cv. Tlaxcala se sembró el 16 de Octubre del 2009, a la densidad de 25 plantas m⁻² (5cm*80cm), distribuyéndose en el campo bajo el diseño experimental y de tratamientos utilizado para el frijol. Se aplicaron riegos con una frecuencia de 10 a 12 días. A las variables en estudio se les realizó un análisis de varianza y a los tratamientos con diferencias significativas se les aplicó una prueba de comparación de medias (Tukey al 0.05). También se aplicó un análisis de rentabilidad en relación a la aplicación de N

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fenología del frijol ejotero “Hav-14” fue similar entre tratamientos. La duración del ciclo del cultivo de siembra a último corte fue de 107 días, distribuidos de la siguiente manera: de siembra a emergencia ocho días; de emergencia a tercera hoja trifoliolada (V1 a V4) 36 días; de prefloración a formación de vaina (R5 a R7) 41 días y del primero al décimo corte 30 días. En el trigo, la antésis ocurrió el 15 de enero del 2010 (86 dds) y la madurez fisiológica (MF) el 26 de abril del 2010 (187 dds). A la MF, las variables en estudio fueron: Rendimiento en grano (peso de la materia seca del grano, al 10% de humedad, RE), el número de granos m⁻² (NG), peso de 100 granos (PCG), Número de espigas m⁻² (NES), número de tallos m⁻² (NT), altura de la planta (cm, AP) y longitud de la espiga (cm, LE). En el frijol, el RE y NE más alto se encontró con BIO (1668 gm⁻² y 401 m⁻², respectivamente) y con 200 Kg de N ha⁻¹ (1876 gm⁻² y 467 m⁻², respectivamente). El RE y NE más bajo correspondió al tratamiento BIO y sin BIO sin N (cuadro 1). La LE no fue afectada por los tratamientos, siendo en promedio de 10.5 cm. Estos resultados indican un mayor aprovechamiento del N generada por una mayor superficie de absorción radical en las plantas inoculadas con BIO

que dio en consecuencia un RE más alto. Tendencias similares fueron reportados por Singer *et al.* (2000).

Cuadro 1. Rendimiento del frijol ejotero (RE,kg m⁻²) y número de ejotes por m² del ejote. Montecillo, Méx. Verano 2017.Datos promedio de cuatro repeticiones.

TRATAMIENTOS	RE (gm ⁻²)	NE (m ⁻²)
CB	1668 a	401 a
SB	1336 b	367 b
Tukey 5%	10.3	3.69
Kg N ha ⁻¹		
0	1026 c	299 c
100	1603 b	387 b
200	1876 a	467 a
Tukey 5%	12.6	5.49
Media general	1502	384
PROB.F. BIO	**	**
NIT	**	**
BIO*NIT	NS	NS

†Letras diferentes en la misma columna indica diferencias significativas (Tukey 5%). NS = no significativo (P<0.05). rendimiento de ejotes (peso fresco); NE=número de ejotes. BIO=biofertilizante; NIT=nitrógeno. CB y SB=con y sin biofertilizante, respectivamente. Fuente: Elaboración propia (2026)

En la siembra OI de trigo, el análisis de varianza mostró diferencias significativas por efecto del BIO y N residual , pero no para la interacción BIO*N para las variables en estudio (Cuadro2).Con BIO , el RE, NG y NES fue superior al testigo. Por otra parte, dichas variables mostraron una respuesta cuadrática en relación al N, encontrándose los valores más altos con 100kg N ha⁻¹. La LE y AP no fueron afectados por los tratamientos y fueron en promedio de 8 cm y 71 cm, respectivamente. El peso de cien granos varió de 3.72 a 3.82 g. El RE promedio de ejote en el verano fue de 1502 gm⁻² y de grano de trigo fue de 100 gm⁻². Estos resultados indican que con el agrosistema de cultivos continuos frijol-trigo y la inoculación con BIO puede lograrse un mayor aprovechamiento del N aplicado al suelo y de ésta manera reducir la contaminación ambiental por fertilizante inorgánico (Owen *et al.*,2000) y pueden lograrse dos cosechas al año alimenticios ejote y trigo..

Cuadro 2. Rendimiento en grano (RG,gm⁻²) y sus componentes en trigo (*Triticum aestivum* L.)cv. Tlaxcala . Otoño-Invierno. Montecillo Méx.2017-2018.Datos promedio de cuatro repeticiones.

Tratamiento	RG (gm ⁻²)	NG (m ⁻²)	NE (m ⁻²)	NT (m ⁻²)
CB	121 a	3215 a	98 a	93 a
SB	79 b	2106 b	67 b	74 b
Tukey 5%	23	610	19	35
Kg N ha ⁻¹				
0	91 b	2393 b	77 b	74 b
100	114 a	3055 a	91 a	91 a
200	95 b	2540 b	79 b	86 ab
Tukey 5%	12	296	7	12
Media General	100	2661	82	84
CV%	8	8	7	12
PROB.F BIO	***	***	***	**
NIT	***	***	***	*
BIO*NIT	NS	NS	NS	NS

***P<0.001; NS=diferencias no significativas (P<0.05). BIO= biofertilizante, NIT=nitrógeno. RG=peso del grano; NG=número de granos; NE=número de espigas; NT=número de tallos. .Fuente: Elaboración propia (2026)

Análisis de rentabilidad del agrosistema

El análisis de rentabilidad se hizo en función del nitrógeno aplicado. La aplicación de 100 kg de N ha⁻¹ fue la que presentó mayor ganancia en relación a cuando no se aplicó N y 200 kg de N por ha⁻¹.(Cuadro 3).

Cuadro 3 - Análisis de rentabilidad del agrosistema en función del nitrógeno. Montecillo Méx.2017-2018.Datos promedio de cuatro repeticiones.

Kg N ha ⁻¹	RE t ha ⁻¹	RG T ha ⁻¹	INGRESO MILES DE PESOS ha ⁻¹ EJOTE	INGRESO MILES DE PESOS ha ⁻¹ TRIGO	SUMA \$	INVERSIÓN FERTILIZANTE \$	GANANCIA \$
00	10	0.91	11278	5894	17172	0	17170
100	17	1.4	18615	9052	27667	8700	18977
200	19	0.95	20805	6143	26948	17400	9548
media	15.3	1.09	16899	7039	2393	8700	15231

Según SIAP (2024) el precio medio rural de la tonelada de ejote y trigo es de 10695 y \$6466, respectivamente. El precio por Kg de N es de \$87.00; RE= rendimiento en ejote del frijol ; RG = rendimiento en grano de trigo. .Fuente: Elaboración propia (2026)

4 CONCLUSIONES

Con la aplicación de biofertilizante y nitrógeno al cultivo de verano se incrementa el rendimiento del frijol ejotero y del trigo de siembra otoño-invierno. La aplicación de 100 kg de N ha⁻¹ mostró mayor ganancia económica Desde el punto de vista de salud ambiental y diversidad económica es factible el agrosistema de frijol ejotero-trigo en la región.

REFERENCIAS

Barnes J.P. and A.R. Putman. 1987. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). *J. Chem. Ecol.* 13:889-906.

Benjamin, J.G., M.M. Mikhla, and M.F. Vigil. 2008. Organic carbon effects on soil physical and hydraulic properties in a semiarid climate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72:1357-1362.

Flores I.H.E, E.G Aguilar y L.J. Gómez Godínez. 2025. Rendimiento de forraje con intervenciones de agricultura regenerativa en sistemas de producción de forraje en México. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, 8, (3), 1-11, Kaspan, T.C., J.K. Radke, and J.M. Laflen. 2001. Small grain cover crops and wheel traffic effects on infiltration, runoff and erosion. *J. Soil Water Conserv.* 56:160-164.

Mikhla, M.M., M.A. Vigil, Liebigh, R.A. Bowman, B. McConkey, E.J. Deibert, and J.J. Pikul. 2006. Cropping systems influences on soil chemical properties and soil quality in the Great Plains. *Renew Agric. Food Syst.* 21:26-35.

Owens, L.B., R.W. Malone, M.J. Shipitalo, W.M. Edwards, and J.V. Bonta. 2000. Lysimeter study of nitrate leaching from a corn-soybean rotation. *J. Environ. Qual.* 29:467-474.

Peterson, G.A., and D.G. Westfall. 2004. Managing precipitation use in sustainable dryland agroecosystems. *Ann. Appl. Bio.* 144:127-138.

SIAP. (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. Ciudad de México. Consultado 6 enero 2026

Singer, S.M., A. H. Ali, M. M. El-Desuki, 2000. Synergistic effect of bio-and chemical fertilizers to improve quality and yield of snap bean grown in sandy soil. *Acta Hort.* 19(2): 213-220.

Turrent F. A., R. Camacho C., N. Francisco N., S. Uribe G., J. I. Cortés y R. Mendoza R. 1999. Posibilidades técnicas de lograr la soberanía alimentaria de origen vegetal en México. *Revista Terra* 17(1):59-76.

Williams, M.M., H.D.A. Mortensen and J.W. Doran. 1998. Assessment of weed and crop fitness in cover crop residues for integrated weed management. *Weed Sci.* 46:595-603.