

Rendimiento, estabilidad de variedades de frijol tipo pinto bajo riego en Zacatecas

Yield, stability of pinto bean varieties under irrigation in Zacatecas

José Ángel Cid Ríos^{1*}, Rodolfo Velásquez Valle², Manuel Reveles Hernández¹, Nadezhda Yakovleva Zitz Ramírez Cabral¹, Juan José Figueroa González¹

¹Campo Experimental Zacatecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Km. 20.5 Carretera Zacatecas Fresnillo, Calera, V. R., Zacatecas, México. CP 98500. Tel.018000882222 Ext: 82320

²Campo Experimental Pabellón, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, km 32.5 Carretera Aguascalientes-Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Ags. C. P. 20660.

*Autor para correspondencia: velazquez.rodolfo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la actualidad es necesario buscar alternativas de producción, así como las tecnologías y variedades disponibles para la producción de frijol bajo condiciones de riego por goteo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento y estabilidad de variedades de frijol tipo pinto con aplicación de riego por goteo para optimizar el uso de agua en etapas críticas para el cultivo de frijol. Se evaluó el comportamiento de las variedades de frijol Pinto: Saltillo, Coloso, Rarámuri y San Rafael bajo dos ambientes. En el primer ambiente se aplicó riego durante el todo el ciclo, en el segundo se aplicaron solo dos riegos, el primero en floración y el segundo en llenado de grano. En los ambientes de evaluación la presencia de lluvia favoreció el rendimiento de las variedades, ya que no se encontraron diferencias significativas para el rendimiento entre las variedades para el análisis combinado en los ambientes de evaluación. Además, en el modelo AMMI, no se encontraron diferencias significativas para la interacción genotipo ambiente (IGA), por lo que las variedades evaluadas en los ambientes se consideran como estables en rendimiento. Sin embargo, se puede considerar que las variedades Pinto San Rafael y Pinto Rarámuri como las variedades de mayor estabilidad, por lo que pueden ser una alternativa para los productores del estado de Zacatecas.

Palabras clave: Variedades mejoradas, frijol pinto, estabilidad, riego.

ABSTRACT

Currently it is necessary the search for production alternatives as well as the available technologies and varieties to bean production under drip irrigation conditions. The goal of this work was to evaluate the yield and stability of bean varieties pinto type with drip irrigation to optimize the water use in critical bean crop stages. The performance of varieties Pinto Saltillo, Coloso, Rarámuri, and San Rafael was evaluated under two environments. In the first environment irrigation was applied through the entire crop cycle while in the second environment irrigation was only applied twice; in the flowering and grain filling stages. In both environments rain favoured the varieties yield; no significant yield differences were found between varieties using a mixed analysis for environments. Besides, in the AMMI model the interaction environment was not significant, therefore, the bean varieties evaluated under both environments are considered as yield-stable. However the varieties San Rafael and Raramuri may be considered of greater stability and may be an alternative for growers in the state of Zacatecas.

Keywords: Improved varieties, pinto bean, stability, irrigation



INTRODUCCIÓN

México es considerado como uno de los centros de origen del frijol, además esta leguminosa es una de las principales fuentes de proteínas para los mexicanos. A nivel nacional el INIFAP, tiene registro de más 150 variedades de frijol, donde el frijol pinto es el segundo tipo de frijol con mayor superficie sembrada (FIRA, 2016). Sin embargo, para la producción de frijol de riego es recomendable la modernización y utilización racionada de agua de riego, que permita el incremento del rendimiento del cultivo bajo riego (Molden *et al.*, 2001).

En la actualidad es necesaria la utilización de tecnologías de producción para el cultivo que permitan incrementar la rentabilidad del cultivo bajo condiciones de riego, dentro de los cuales se considera la densidad de siembra un factor determinante en el rendimiento (Jiménez y Acosta, 2013). La siembra en camas permite el incremento de la densidad de siembra bajo riego, logrando un incremento considerable en el rendimiento del cultivo de frijol (Luna, 2005). También se ha encontrado que la siembra genotipos como Pinto Saltillo en altas densidades favorece el incremento del rendimiento hasta un cincuenta por ciento, además este material ha mostrado adaptación en diferentes densidades (Báez-González *et al.*, 2020). Se debe utilizar una densidad de siembra adecuada ya que se puede afectar considerablemente el número de vainas por planta y granos por vaina, además de pérdida en el peso específico de grano ocasionando pérdida comercial del grano (Musana *et al.*, 2020). La aplicación de riego suplementario provoca diferencias fisiológicas considerables respecto al cultivo con riego completo durante todo el ciclo, cabe señalar que la reducción del rendimiento con déficit de humedad se agrava según la capacidad de tolerancia a sequía que posea el genotipo utilizado independientemente del hábito de crecimiento, lo cual tiene como consecuencia la reducción de tiempo en el ciclo del cultivo y en el rendimiento (Acosta-Díaz *et al.*, 2004). El objetivo del trabajo es evaluar el rendimiento por hectárea y estabilidad de las variedades de frijol tipo pinto con aplicación de riego durante todo el ciclo y riego suplementario en floración y llenado de grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas, situado a 2199 msnm y cuyas coordenadas son 22° 54' 15.39" latitud norte y 102° 39' 36.30" Oeste.

Se evaluó el rendimiento de cuatro variedades de frijol tipo pinto (Saltillo, Coloso, Rarámuri y San Rafael) bajo dos ambientes; riego completo y riego suplementario

Ambiente1: Calera Zacatecas Ambiente (A₁), el día 1 de mayo del 2019 se realizó la siembra de las variedades tipo pinto en camas de 1.52 m de ancho, donde se establecieron cuatro hileras de siembra con distanciamiento entre plantas de 10 cm y 30 cm entre hileras, utilizando parcelas subdivididas. Se aplicó un riego para establecimiento del cultivo, durante el ciclo del cultivo se aplicaron trece riegos con duración de cuatro horas cada uno, esto para mantener el cultivo en óptimas condiciones de humedad. La dosis de fertilización aplicada al suelo en la siembra fue 50-60-30 de N-P-K, nitrógeno, fosforo y potasio respectivamente, la cual fue aplicada a los 15 días después de la siembra (dds), con la primera escarda, cabe señalar que la segunda escarda fue realizada a los 35 (dds). Para el control de maleza se realizó solo un deshierbe manual.

Ambiente 2: Calera Zacatecas Ambiente (A₂), el segundo estudio fue establecido bajo condiciones de temporal dentro del Campo Experimental Zacatecas, cuyas coordenadas son 22° 54' 18.95" latitud norte y 102° 39' 35.55" Oeste y 2199 msnm.

En la última decena del mes de junio del 2020 se presentaron 59 mm de precipitación, por lo que se aprovechó la humedad presente para realizar la siembra en camas de 1.52 m de ancho, donde se establecieron cuatro hileras de siembra con distanciamiento entre plantas de 10 cm donde se establecieron parcelas subdivididas de las variedades tipo pinto ya mencionadas. Se aplicaron dos riegos el primero en floración y el segundo en llenado de grano ambos con duración de cuatro horas. Se realizaron dos escardas, donde la primera fue realizada a los 17 (dds) y la segunda hasta los 25 (dds), para mantener el cultivo libre de malezas. La fertilización inorgánica aplicada fue 50-60-30 N-P-K, la cual fue aplicada en la primera escarda, además se realizaron dos deshierbes manuales para el control de maleza.

Al llegar a madurez fisiológica las variedades en ambos ambientes de evaluación, se realizaron cinco

muestreos dentro de cada variedad completamente al azar, donde la unidad experimental fue de tres metros lineales donde se recolectaron las plantas de las cuatro hileras de plantas, a las que se les determinó el peso por parcela (kg) y su conversión a kilos por hectárea. Los datos obtenidos se alimentaron el siguiente modelo.

El análisis estadístico que se utilizó bajo condiciones de riego y riego suplementario para la variable rendimiento por hectárea medida individualmente, para el análisis estadístico se usó el diseño completo al azar en dos ambientes y en forma combinada mediante ($Y_{ijk} = \mu + A_i + T_j + LT_{ij} + E_{ijk}$), donde; Y_{ij} = el valor fenotípico del i -ésimo genotipo obtenido en el j -ésimo repetición, μ = efecto de la media general, para determinar las diferencias entre los ambientes (A), genotipos (T), y la interacción ambiente por genotipo (AT_{ij}) y ϵ_{ij} = error del i -ésimo tratamiento y la j -ésima repetición. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan con $\alpha = 0.05$.

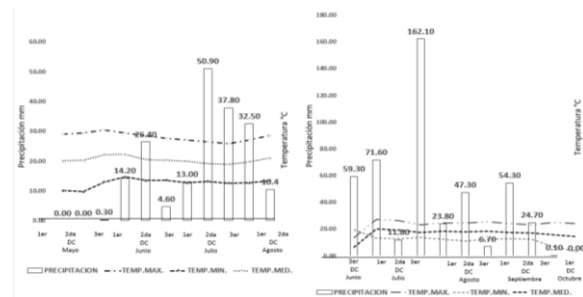
El análisis de varianza es un modelo de efectos meramente aditivos, capaz de identificar el efecto de la IGA (interacción genotipo por ambiente). Sin embargo, el modelo interacción genotipo ambiente y la estabilidad (AMMI), de componentes principales (CP), toma en cuenta el modelo aditivo más el multiplicativo, así, este método es útil para identificar genotipos estables y adaptados en diversos ambientes. El modelo AMMI es el más apropiado para distinguir análisis de la IGA, ya que muestra mayor precisión comparado con el modelo aditivo (Zobel *et al.*, 1988). Un enfoque común para la selección de los genotipos es el alto rendimiento y que muestren estabilidad en los ambientes de evaluación (Gauch, 2013).

En ambos años la siembra se realizó en suelo húmedo durante el ciclo del cultivo y se midieron las temperaturas máximas y mínimas diarias, así como la precipitación en estación meteorológica del Campo Experimental Zacatecas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante los ambientes evaluados con diferentes niveles de humedad se pudo observar el comportamiento de las variedades de frijol. Por lo que la estabilidad del rendimiento de cuatro variedades de frijol Pinto se evaluó en dos ambientes, riego y temporal, en Calera, Zac., durante el ciclo de cultivo 2019-2020.

En la (Figura 1), para el (A1), se puede apreciar que se presentaron dos eventos de lluvia importantes para el desarrollo del cultivo, donde el primero se presentaron 26.40 mm cuando las variedades se encontraban en floración, y en el segundo se presentaron 121.3 mm, los cuales favoreció el llenado del grano. Durante el ciclo del cultivo se registraron 189.8 mm, por esta razón los trece riegos aplicados con duración de cuatro horas sirvieron para mantener el cultivo en óptimas condiciones de humedad.



Cuadro 1. Comparación de medias para rendimiento por hectárea de las variedades tipo pinto en cuatro hileras, mediante el análisis combinado en el 2019-2020.

Variedad	Rendimiento ha ⁻¹
Pinto Saltillo	2.578a
Pinto Coloso	3.157a
Pinto San Rafael	3.170a
Pinto Rarámuri	3.176a

C.V. 23.26 ¹Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Sin embargo, se utilizó el modelo AMMI que se considera apropiado para análisis de la IGA, ya que muestra mayor precisión comparado con el modelo aditivo. Además, cuanto menor sea el valor de la media de los componentes, menor será la contribución a la interacción y, en consecuencia, más estable es el genotipo; así, los genotipos estables y de alto rendimiento pueden ser identificados en el gráfico CP (Zobel *et al.*, 1988). Un enfoque común para la selección de genotipos de cualquier especie, es el alto rendimiento y que muestren estabilidad en los ambientes de evaluación (Gauch, 2013; Pereira *et al.*, 2009). Así mismo López-Salinas *et al.*, (2015) mencionan que la selección genotipo por ambiente permite seleccionar genotipos estables. Por lo que este criterio servirá para la recomendación de variedades de frijol para el estado de Zacatecas en las modalidades evaluadas.

En la Figura 2, se observa que las variedades de frijol presentan un comportamiento similar, sin embargo, las que encuentran alineadas en proyecciones verticales tienen similar rendimiento, en tanto aquellos ubicados en el mismo nivel horizontal presentan una interacción similar. Yan (2002), señala que la variedad ideal se identifica por contar con la mayor longitud del vector, para el rendimiento y cercano al cero, la variedad ideal es la de mayor rendimiento y estable en los dos ambientes valuados. Por lo que la variedad ideal en el presente trabajo fue Pinto San Rafael la cual se identifica por contar con la mayor longitud del vector, para el rendimiento y el valor cercano al cero, y estable en los ambientes evaluados, en segundo lugar, lo muestra la variedad Pinto Rarámuri. Así mismo la variedad Pinto Saltillo fue la que mostró el menor rendimiento por hectárea, así como la de menor estabilidad en los ambientes evaluados.

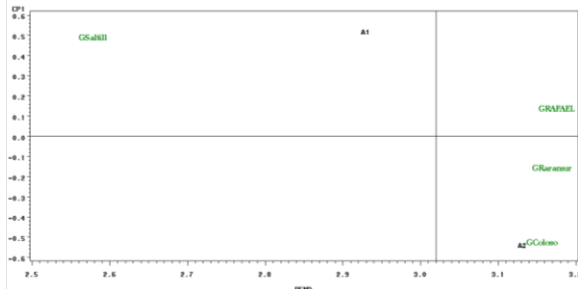


Figura 2. Componente principal y el rendimiento por hectárea en el modelo AMMI para variedades de frijol tipo pinto en el ciclo 2019-2020.

El comportamiento mostrado por la variedad Pinto Saltillo puede atribuirse a lo señalado por Sánchez *et al.*, (2006) quienes señalan que esta variedad es sensible al fotoperiodo y cuando es sembrada en fechas tempranas se ve afectada la fisiología de la planta, lo cual es reflejado en la reducción del rendimiento.

CONCLUSIONES

Las variedades San Rafael y Rarámuri presentaron la mayor estabilidad en ambos ambientes para el rendimiento por hectárea en comparación con el resto de las variedades evaluadas, por lo que pueden ser una alternativa para los productores de frijol en el estado de Zacatecas.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Díaz E.; Trejo-López C.; Ruiz-Posadas L. del M.; Padilla-Ramírez J. S. y Acosta- Gallegos J. A. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa Reproductiva. Terra Latinoamericana. 22: 49-58
- Báez-González A. D.; Fajardo-Díaz R.; Padilla-Ramírez J. S.; Osuna-Ceja E. S.; Kiniry R. J.; Meki N. M. 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: 1-18
- Gauch Jr., H. G. 2013. A simple protocol for AMMI analysis of yield trials. Crop Science 53: 1860-1869.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2016. Panorama



- agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. 36 p
- Jiménez G., J. C. y Acosta G., J. A. 2013. Efecto de la densidad de cosecha en rendimiento de frijol pinto saltillo de riego en Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4: 243-257
- Luna V. J. 2005 El cultivo de frijol de riego doble hilera en el altiplano potosino. Folleto para productores núm. 40. Campo Experimental San Luis. INIFAP-CIRNE, 13 p.
- López-Salinas E., Tosquy-Valle O. H. Villar-Sánchez B., Acosta-Gallegos J. A. Rodríguez-Rodríguez J. R. y Andrés-Meza P. 2015. Rendimiento y estabilidad de líneas mejoradas de frijol negro en Veracruz y Chiapas, en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38 (2): 173 - 181
- Molden, D., Upali, A. and Intizar, H. 2001. Water for rural development: Background paper on water for rural development prepared for the World Bank. Working paper 32. Colombo: International Water Management Institute.
- Musana R. F.; Rucamumihigo F. X. Nirere D. and Mbaeaka S. R. 2020. Growth and yield performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as influenced by plant density at Nyagatare, east Rwanda. *Afr. J. Food Agric. Nutr.* 20: 16249-16261
- Pereira Helton Santos, Melo Leonardo Cunha.; de Faria Luis Claudio, Cabrera Díaz José Luis, del Peloso Maria José, Cápio da Costa Joaquin Geraldo and Wendlan Adriane. 2009. Stability and adaptability of carioca common bean genotypes in states of the central South Region of Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 9:181-188.
- Sánchez V., I.; Acosta G., J. A.; Ibarra P., F. J.; Rosales S., R. y Cuéllar R., E. I. 2006. Pinto Saltillo, nueva variedad de frijol para el Altiplano de México. CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 22. Coahuila, México. 22 p
- Yan, W. 2002. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data. *Agronomy Journal*. 94: 990-996
- Zobel R. W., Wright M. J., and Hugh G. G. J. 1988. Statistical Analysis of a Yield Trial. *Crop Science* 80: 387- 393.

