



FERTIRRIEGO: ALTERNATIVA DE PRODUCTIVIDAD Y RENTABILIDAD EN EL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

Fco. Javier Ugalde Acosta¹, Víctor López Galván¹, Ernesto López Salinas¹, Rafael Contreras Castañeda², Raúl Lagunes Serrano² y Antonio Acosta Balcazar²

RESUMEN. Durante tres años el Programa de Frijol del Campo Experimental Cotaxtla del INIFAP, con la participación de técnicos de fomento agropecuario municipal establecieron 14 módulos de producción de frijol, bajo diferentes sistemas de riego en terrenos de productores, con 4 variedades mejoradas en los municipios de Jamapa, Medellín de Bravo y Veracruz. Los rendimientos obtenidos fueron variables motivo por el cual se realizó un análisis de rentabilidad del frijol para cada uno de los siguientes sistemas de riego: 1) rodado, 2) aspersión, 3) goteo y 4) fertirriego. El análisis estadístico de los datos de rendimiento de grano indicó que no existe diferencia significativa entre las variedades utilizadas, pero si existe entre los sistemas de riego. Con el fertirriego se alcanzaron rendimientos promedio de 3,150 kg/ha con la variedad Negro-Tacaná, 3070 kg/ha con la variedad Negro-INIFAP y 2,923 kg/ha con la variedad DOR-500, lo cual representa un incremento en el rendimiento de más del 700% si se comparan con el rendimiento promedio del productor tradicional de tonalmil. Con estos rendimientos, al realizar el análisis marginal para derivar recomendaciones, se encontró que el sistema de fertirriego tiene una tasa de retorno marginal de 309.78, lo que significa una alternativa de productividad del cultivo de frijol con amplio margen de utilidad.

INTRODUCCION. Durante la ultima decada la superficie sembrada de frijol en México, ha sido en promedio de 2.1 millones de hectáreas, con una producción nacional de 1.2 millones de toneladas. Aproximadamente el 90% de la superficie sembrada con frijol se ubica en áreas de temporal donde se obtiene un rendimiento medio de 0.5 ton/ha; el 10% restante se ubica en las áreas de riego, donde se registran los mayores rendimientos unitarios que varían de 1.1 a 1.9 ton/ha (SAGAR,1997). Por lo que respecta al estado de Veracruz la siembra de frijol ha sido variable los últimos años sembrándose entre 30 a 40 mil hectáreas, de las cuales sólo el 2% se realiza bajo condiciones de riego (INIA, 1980).

El frijol es considerado como un cultivo muy delicado para soportar la aplicación de riegos pesados (de 15 cm o más); aplicaciones de riego de auxilio de menos de 10 cm y un buen trazo del terreno evita encharcamientos, es un requisito para obtener buenos rendimientos (Wither y Vipond, 1979, Thorne y Peterson, 1964). Esta determinado que la mayoría de los cultivos incluyendo el frijol, no requieren la misma cantidad de agua en todo el ciclo vegetativo y castigándose en ciertas etapas fenológicas expresan su más alto potencial productivo (Lagarda, 1977; Mojarro, 1977; López y Manjarez, 1979). Actualmente en el cultivo de frijol en México se utilizan dos métodos de riego que son: el método por gravedad y el método por aspersión. El primero es el más aplicado y se practica de diversas formas, dependiendo principalmente de las características de los suelos; por melgas y curvas de nivel, por surcos continuos cuando se riegan todos los surcos y surcos alternos cuando se riegan un surco sí y un surco no (Thorne y Peterson, 1964). Este sistema requiere de grandes cantidades de agua lo que ocasiona mayores gastos de operación y afecta al suelo al provocar erosión, compactación de la capa arable, crecimiento excesivo de malezas y lixiviación de nutrimentos.

El riego por aspersión consiste en aplicar agua en forma similar a la lluvia, la cual es impulsada a presión a través de aspersores de diferente área de cobertura (Mojarro, 1977). Algunas de las ventajas de este sistema es de que puede disminuir hasta un 50% el gasto de agua con relación al riego por gravedad. Este sistema es ideal para cultivos como el frijol con bajos requerimientos de agua, dado que se pueden aplicar láminas de agua tan pequeñas como se desee; sin embargo una limitante de este sistema es la velocidad del viento que no permite una distribución homogénea del agua (Lepiz y Navarro, 1983).

¹ Investigadores del Campo Experimental Cotaxtla. CIRGOC. INIFAP.

² Técnicos de Fomento Agropecuario Municipal de Veracruz, Medellín de Bravo y Jamapa, del estado de Veracruz

Una ventaja adicional de los sistemas de riego por goteo es que ofrecen la posibilidad de que se puedan aplicar fertilizantes en solución en el agua de riego. El fertirriego consiste en la aplicación de los fertilizantes a los cultivos por medio del agua de riego, la cual es suministrada por medio de cintillas. Este método permite un ahorro de agua del 70 al 80% con respecto a los otros sistemas, dependiendo del tipo de suelo; además reduce costos en la operación y permite dosificar la fertilización en base a los requerimientos del cultivo de acuerdo a sus etapas de desarrollo (Peña, 1977).

El Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP ha generado a través de la investigación agrícola variedades que garantizan un rendimiento de 800 a 1000 kg/ha, para condiciones de humedad residual y con resistencia a enfermedades, lo que representa un avance en materia de producción importante; sin embargo si estas variedades se utilizan en áreas que cuenten con suministro de agua para el riego, al disminuir el estrés hídrico se logra un incremento adicional en el rendimiento alcanzando de 1,500 a 2,000 kilos / hectárea (mediante riegos de auxilio o conducido totalmente con riego) Si se logra eliminar el estrés hídrico mediante un manejo preciso del sistema de riego, entonces el factor limitante de la productividad será generalmente la cantidad y oportunidad del suministro de nutrientes a las plantas de frijol. Si se logra reducir tanto el estrés hídrico como el nutricional puede esperarse que se de un incremento adicional en los rendimientos potenciales de estas variedades mejoradas.

Desde 1999 el Programa de frijol del Campo Experimental Cotaxtla ha establecido en la zona central de Veracruz, módulos demostrativos, con variedades mejoradas, conducidas durante el ciclo Invierno-Primavera, siguiendo el manejo que normalmente utilizan los productores de acuerdo a su infraestructura de riego. Dado que el manejo y el sistema de riego utilizado permiten diferentes grados de control de los estreses hídrico y nutricional del cultivo de frijol se esperaban altas variaciones en los rendimientos, por lo que el presente trabajo se planteó los siguientes objetivos:

- 1) Evaluar durante tres ciclos la rentabilidad de cuatro sistemas de riego utilizados por productores de frijol, en la zona central del estado de Veracruz.
- 2) Determinar el sistema de riego más adecuado para producir frijol en base a su eficiencia, costo y rentabilidad.
- 3) Conocer el comportamiento del rendimiento de las variedades de frijol, bajo diferentes sistemas de riego.

MATERIALES Y METODOS. Este trabajo se realizó durante los ciclos Invierno Primavera I-P1999/1999, I-P 2000/2000 e I-P/2001/2001 con la siembra de 14 módulos demostrativos distribuidos en los municipios de Jamapa (4), Medellín de Bravo (5) y Veracruz (5) con la participación de 10 productores.

Los módulos demostrativos fueron conducidos por los productores, con infraestructura de riego propia disponible y aplicando la tecnología generada por el Programa de Frijol del Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP en variedades mejoradas, densidad de población, fertilización y control fitosanitario. La superficie de los módulos fue de una hectárea en promedio.

Los tratamientos de riego utilizados en este proyecto:

1. Riego rodado distribuido con manguera de poliducto 2" (fertilización NPK 40-40-00, manual 8dds)
2. Riego aspersión con cañones de 5/8" (fertilización NPK 40-40-00, manual 8dds)
3. Riego por goteo (fertilización NPK 40-40-00, manual 8dds)
4. Fertirriego (fertilización fraccionada NPK 70-20-50)

Dado que en cada ciclo se establecieron módulos en sistemas de riego con diferentes variedades o localidades, no se contó con repeticiones propiamente dichas, por lo tanto para poder determinar la existencia de diferencias estadísticas entre las variedades y los sistemas de riego, se utilizó el Método de Student para parcelas apareadas (Reyes Castañeda, 1982), donde para determinar la diferencia entre variedades se sacó el promedio considerando los rendimientos de cada variedad en todos los sistemas de riego, y posteriormente para probar diferencias entre los sistemas de riego se obtuvo las medias considerando los rendimientos de todas las variedades.

Para conocer la rentabilidad de la tecnología de los sistemas de riego, se analizaron mediante la Tasa de Retorno Marginal (CIMMYT 1988). Se determinaron los costos de cultivo para cada sistema de riego, considerando los siguientes aspectos:

1) Accesorios para el riego (Manguera de suministro, cintas de distribución y conectores)

2) Insumos para el riego (aceite, gasolina)

3) Costo de riego (hora de riego, jornales y # de riegos durante el ciclo)

4) Costo de cultivo (preparación del terreno, semilla, jornales, insumos, cosecha)

Los datos agronómicos a tomar fueron: rendimiento de grano por tratamiento y por módulo en gramos/parcela y en kg/ha; así como presencia e incidencia de enfermedades.

Se midió el gasto de agua en cada sistema de riego.

RESULTADOS Y DISCUSION. Los resultados obtenidos en cada módulo fueron agrupados por sistema de riego obedeciendo a la variedad utilizada, se presentan en el cuadro 1. Se puede observar que el sistema de fertirriego aumentó el rendimiento en general un 254% con respecto al riego por aspersión, en 295% con respecto al riego por goteo y al rodado. Debe resaltarse el hecho de que el rendimiento promedio de los sistemas de riego rodado y por goteo son muy similares en cambio con el fertirriego se obtuvo el máximo rendimiento lo cual puede deberse a que el aspecto nutrimental, es el principal factor limitante de la producción en las localidades ensayadas cuando se emplea un sistema producción de frijol bajo riego. En cuanto al comportamiento de las variedades en los diferentes sistema de riego, las variedades DOR-500, N-INIFAP y N-TACANA tuvieron un rendimiento muy similar en cambio la variedad II-307 consistentemente dio los valores más bajos, lo cual puede ser indicio de que no con todas las variedades se pueden obtener incrementos de rendimiento tan espectaculares con el fertirriego.

Cuadro 1. Rendimiento promedio de variedades de frijol en diferentes sistemas de riego. Kg/Ha.

SISTEMA/ VARIEDAD	DOR-500	N.INIFAP	N.TACANÁ	II-307	PROMEDIO
FERTIRRIEGO	2,923	3,070	3,150	1,350	2,623
ASPERSIÓN 5/8	1,028	989	1,409	700	1,031
GOTEO	971	1,084	907	595	889
RODADO 2"	911	786	1,129	735	890
PROMEDIO	1458	1482	1649	821	

Aunque el sistema de fertirriego requiere una inversión inicial alta, los espectaculares incrementos en el rendimiento obtenidos con esta tecnología representa un nuevo enfoque de productividad y rentabilidad alternativo tanto para productores que siembran frijol bajo riego como para los productores que han dejado de hacerlo, por ser incosteable el cultivo bajo los sistemas tradicionales. Además se abren caminos para la investigación, para buscar adecuaciones que abaraten esta tecnología para incorporar otros tipos de suelos, hasta hoy no aptos para el cultivo, de la zona central del estado de Veracruz.

Las localidades donde se establecieron estos trabajos se ubican en zonas consideradas de mediano a bajo potencial para la producción de frijol (Durán, 1995), considerado como el factor limitante la textura arenosa y la baja fertilidad de los suelos. Sin embargo con el sistema de fertirriego se alcanzaron rendimientos similares a los reportados por los investigadores del INIFAP en el estado de Sinaloa, donde se obtuvieron rendimientos de 2.8 ton/ ha en suelos arcillosos y 2.6 ton/ha en suelos franco con dosis altas de fertilización NPK 114-91-62. (Crop Protection Manager, 1999). Con riego por gravedad en los estados de Chihuahua, Zacatecas, Sinaloa, Coahuila, Durango y Guanajuato, los rendimientos varían de 1 a 2 ton/ha (FIRA, 2001). Como punto de referencia comparativa en los Estados Unidos los rendimientos se ubican en promedio en 2 ton/ha (FIRA, 2001).

En el cuadro 2 se presentan los gastos de agua y de operación que se efectuaron para conducir el cultivo de frijol bajo los diferentes sistemas de riego utilizados por los productores. Nuevamente el sistema de fertirriego y goteo superaron a los sistemas de gravedad y aspersión, al reducir el consumo de agua en un 66% y 20% respectivamente. Asimismo se observan ahorros en horas de riego por ciclo y duración del riego.



Cuadro 2. Gasto de agua y de horas de riego por sistema de riego utilizado por los productores en los módulos de frijol .

CONCEPTOS	RODADO	ASPERSIÓN	GOTEO	FERTIRRIEGO
GASTO DE AGUA LITROS/HA/CICLO	5'184,000	2'160,000	1'728,000	1'728,000
HORAS DE RIEGO/HA/CICLO	240	270	120	120
DURACIÓN DEL RIEGO EN HORAS/HA	40	45	6	6

Los resultados obtenidos por el método estadístico de parcelas apareadas, indican que existe significancia estadística entre las medias del rendimiento obtenido con el sistema fertirriego contra los otros sistemas evaluados: rodado, aspersión y goteo. Los resultados de este análisis se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Prueba de Student para muestras apareadas para 4 métodos de riego con diferentes variedades de frijol.

METODO DE RIEGO	REND. PROM.	T CALC.	SIGNIFICANCIA
RODADO	890		
VS ASPERSIÓN	1031	1.48	N.S
VS GOTEO	889	0.01	N.S
VS FERTIRRIEGO	2623	3.24	*
ASPERSIÓN	1031		
VS GOTEO	889	0.79	N.S.
VS FERTIRRIEGO	2623	3.5	*
GOTEO	889		
VS FERTIRRIEGO	2623	3.68	*

Valor de t en tablas = 3.182 , para un nivel de probabilidad del 5% .

N.S. = No Significativo

* = Significativo al 5%.

Para el caso de las medias de rendimiento de variedades obtenidos con los diferentes sistema de riego, se observó que no existe diferencia significativa entre las variedades, es decir que el potencial del rendimiento no está supeditado a la variedad, sino a la eficiencia del sistema de riego. Los resultados se aprecian en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Prueba de Student para muestras apareadas para 4 variedades de frijol con diferentes métodos de riego.

VARIEDAD	REND. PROM.	T CALC.	SGNIFICANCIA
DOR-500	1458		
VS N-INIFAP	1482	0.26	N.S
VS N-TACANA	1649	1.45	N.S
VS II-307	821	1.41	N.S.
N-INIFAP	1482		
VS N-TACANA	1649	0.87	N.S.
VS II-307	845	1.21	N.S
N-TACANA	1649		
VS II-307	845	1.66	N.S.

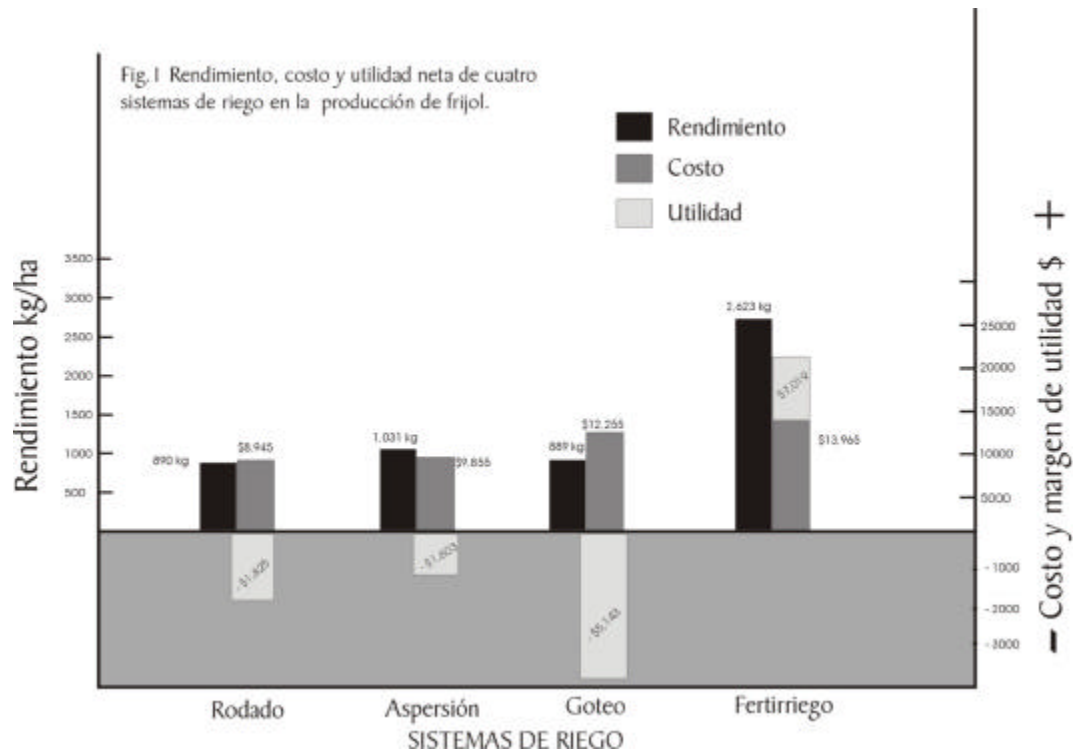
Valor de t en tablas = 3.182 , para un nivel de probabilidad del 5%

N.S. = No Significativo.

RENTABILIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO

Para determinar la rentabilidad del sistema de riego, se obtuvo la siguiente información: costo del cultivo, (accesorios de riego) y el precio de la cosecha durante el ciclo I-P 2001.

Nuevamente el tratamiento de fertirriego fue el único que presentó utilidad (\$7,019.00) con respecto a los otros, los cuales debido al costo de los riegos (horas, jornales e insumos) hace incoesteable el cultivo. Figura 1.





En el cuadro 5 se presenta el Análisis de Retorno Marginal para determinar la rentabilidad de la tecnología aplicada, nos indica que el fertirriego registra una tasa de retorno marginal del 309.78 con respecto al beneficio próximo superior (riego/aspersión) lo que significa que con esta tecnología, el productor tiene garantizada la recuperación de su inversión más un margen importante de utilidad. La situación bajo riego por gravedad en las zonas productoras del centro y norte de México es muy variable, pero la rentabilidad más alta se obtuvo en Chihuahua en el ciclo PV 1996, para Zacatecas en el PV 1997 y para Sinaloa en el OI 1995-1996; sin embargo, a partir de esos años estos tres estados junto con Guanajuato y la Comarca Lagunera presentan una tendencia a la baja, a tal grado que la rentabilidad de esas regiones para el año 1999 fue próxima a cero, con excepción de Chihuahua cuya rentabilidad fue de 0.41. (FIRA, 2001).

Cuadro 5. Análisis marginal de tratamientos de riego/ha

CAMBIO CON RESPECTO AL BENEFICIO PRÓXIMO SUPERIOR					
B.N.	TRAT.	C.V.	\$ INCREMENTO MARGINAL B.N.	\$ INC. COSTO VAR.	T. R.M.
20,984	fertirriego	13,965	12,732	4110	309.78
-8,252	Aspersión	9,855	-	-	-
-7,120	Rodado	8,945	-	-	-
-7,112	goteo	12,255	-	-	-

B.N.= Beneficio neto

V.C.= Costo variable

TRM= Tasa de retorno marginal

CONCLUSIONES

1. El sistema de fertirriego se perfila como un instrumento de productividad que integrado a las variedades mejoradas: N-Tacaná, N-INIFAP y DOR-500, representa para los productores de frijol de riego, una opción real de rentabilidad.
2. Es necesario continuar investigando y validando el sistema en diferentes tipos de suelo para conocer la respuesta de rendimiento de las variedades de frijol.

LITERATURA CONSULTADA

- CIMMYT. 1988. Manual Metodológico de Evaluación Económica. Uso de Análisis Marginal para derivar recomendaciones. Pág. 38-46
- Crop Protection Manager CPM México Edición 1999 Ferigación en soya y frijol: más kg/ha en suelos. Pág. 26-29.
- Durán, P.A. 1995. Areas potenciales para la producción de frijol en el estado de Veracruz. Publicación Especial Núm. 9. INIFAP. México.D.F. 19 pags.
- INIA. 1980. Programa Nacional de Frijol (Plan de Investigación) SARH.INIA.88p. México.
- FIRA. 2001. El frijol en México: Competitividad y Oportunidades de Desarrollo. No. 316. Vol. XXXIII. México. D.F.
- México.SAGAR.1997. FRIJOL. Estimación de cosecha de Primavera-Verano 1997. (Documento para Discusión Interno)Subsecretaría de Agricultura y Ganadería. Dir. Gen. Agr. 15 p. México.
- Mojarro, D.F., 1977. Efecto de la sequía en el rendimiento del frijol. Tesis C.P. Chapingo, México.
- Lagarda,M.R. 1977. Estudio de la Respuesta de seis especies cultivadas a la marchitez permanente, cuando ésta se aplica en el invernadero selectiva y repetitivamente en tres etapas de desarrollo. Tesis. C.P. Chapingo. México.
- Lepiz, I.R. y Navarro, S.F. 1983. Frijol en el noroeste de México (Tecnología de Producción). SARH-INIA-CIAPAN-CAEVACU. Libros Técnicos. Código 9-35-INIA-México.



- López L. J. y Monjarrez. S.J. 1979. Información anual de Labores. Programas de Investigación Agrícola en el Distrito de Riego No. 63. Guasave, Sinaloa. México.
- Peña, P.E. 1997. Manual práctico de Fertirriego. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. SEMARNAP.
- Reyes Castañeda Pedro, 1982. "Diseño de experimentos aplicados". Editorial rillas, México. Pags.: 89-93.
- Thorne, D.W. y Peterson, H.B., 1964. Técnica del Riego. Edit. Compañía Editorial Constintental, S.A. México.
- Withers B y Vipond S., 1979. El Riego:Diseño y Práctica. Edit. Diana.México.