



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA UTILIZACIÓN DE BIOFERTILIZANTES EN PARCELAS DE PRODUCTORES DE FRIJOL DE TEMPORAL EN EL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO

José de Jesús Espinoza Arellano¹, Arnulfo Pajarito Ravelero², Mariana Triana Gutiérrez³,
José Ruiz Torres⁴ y Arturo Gaytán Mascorro⁵

Economic evaluation of biofertilizers on bean farms under rainfed conditions in the state of Durango, Mexico

ABSTRACT

In Durango State, Mexico, the production of beans is usually performed under adverse conditions including: use of expensive and polluting chemical fertilizers, agriculture lands poor in organic material and erratic rainfall conditions. All this adversely affects the environment, the physical and economic returns and which expression is a low standard of living of farmers. To assist in improving these conditions and reduce environmental damage, this study was implemented with the aim of analyzing the economic feasibility of the use of mycorrhiza (*Glomus intraradices*) and chemical fertilizer on beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under rainfed conditions, in the spring-summer seasons of 2008 and 2009. The transfer of technology was done by researchers of the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research (INIFAP) - Valle del Guadiana and production was in direct seeding with producers under their own productions system.

The evaluation was carried out in the municipalities of Guadalupe Victoria, Cuencame, Peñon Blanco and Panuco de Coronado of the Durango state, Mexico. In the economic evaluation the methodology known as "Partial Budget" of CIMMYT was used. The results indicate that mycorrhizal fertilization practices are recommended for rainfed bean producers because the benefits outweigh the costs incurred by doubling the rates of return.

Key words: economic analysis, biofertilizers, mycorrhizae, beans, chemical fertilizers

RESUMEN

La producción de frijol en el estado de Durango, México, generalmente se realiza en condiciones desfavorables, debido a la problemática que enfrenta entre la cual destaca: temporal deficiente y errático, uso de fertilizantes químicos caros y con efectos contaminantes, suelos pobres en materia orgánica, etc. Todo lo anterior afecta negativamente al ambiente, a los rendimientos físicos y económicos, lo cual se refleja en un bajo nivel de vida de los productores.

¹ Investigador del Programa de Socioeconomía del Campo Experimental "La Laguna" del INIFAP en Matamoros, Coah. y Catedrático Provisional de la Facultad de Contaduría y Administración, Unidad Torreón, de la Universidad Autónoma de Coahuila. E-mail: jesusespinoza_612@yahoo.com.mx

² Investigador del Programa de frijol del Campo Experimental Valle del Guadiana del INIFAP, Durango, Dgo.

³ Ing. Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola. Ex alumna de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo.

⁴ Profesor-Investigador de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma de Chapingo. Bermejillo, Dgo.

⁵ Investigador de los Programas de Hortalizas y Leguminosas del Campo Experimental "La Laguna" del INIFAP en Matamoros, Coah.

Para coadyuvar a mejorar esas condiciones de vida y disminuir el daño ambiental, se realizó este trabajo con el objetivo de analizar la viabilidad económica del uso de la micorriza (*Glomus intraradices*) versus los tratamientos sin fertilización y fertilización química en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de temporal del estado de Durango durante los ciclos P-V 2008 y P-V 2009. La transferencia de tecnología la realizó el INIFAP-Valle del Guadiana y la producción fue en siembras directas con productores bajo su propio manejo.

El trabajo se realizó en los municipios de Guadalupe Victoria, Cuencamé, Peñón Blanco y Pánuco de Coronado del citado estado. En la evaluación económica se empleó la metodología conocida como “Presupuesto Parcial” del CIMMYT. Los resultados indican que la biofertilización con micorriza es una práctica económicamente recomendable para los productores de frijol de temporal ya que los beneficios fueron mayores que los costos realizados en comparación con los tratamientos alternativos.

Palabras clave: análisis económico, biofertilizantes, micorrizas, frijol, fertilizantes químicos

ANTECEDENTES

En México se siembran alrededor de 1.7 millones de hectáreas y se producen 1.15 millones de toneladas de frijol. El estado de Durango, con una producción de más de 126 mil toneladas aporta aproximadamente el 11% de la producción nacional. La superficie con frijol en Durango es de aproximadamente 237,740 ha de las cuales más del 98.42% es cultivada bajo condiciones de temporal (SIAP, 2011). En la superficie cosechada resalta la importancia de los municipios de Cuencamé, Guadalupe Victoria, Poanas, Pánuco de Coronado, Santa Clara, Canatlán, Peñón Blanco, Vicente Guerrero y Durango, quienes en conjunto contribuyen con el 84.66% de la superficie de frijol sembrada en el estado.

La producción de frijol en el estado de Durango se realiza en condiciones desfavorables, debido a la problemática que enfrenta entre la cual se puede mencionar: temporal deficiente y errático, uso de fertilizantes químicos caros y con efectos contaminantes, suelos pobres en materia orgánica, entre otros. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agrícolas (INIFAP) ha obtenido algunas variedades de frijol que se adaptan a esta región, así mismo ha desarrollado biofertilizantes como la micorriza INIFAP que ayuda en la resistencia a la sequía con lo cual se espera un mayor rendimiento del cultivo y un mayor beneficio económico para el productor que aplica esta tecnología. Los biofertilizantes son productos con base en microorganismos benéficos (bacterias y hongos) que viven asociados o en simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, además de ser regeneradores de suelo (Morales. s. f.).

Los hongos micorrízicos son un grupo de organismos habitantes del suelo, benéficos para las plantas, con capacidad de colonizar la raíz de gran número de especies y establecer una simbiosis. Esta relación simbiótica es una de las más antiguas e importantes en la agricultura moderna. Además, constituye un status biotrófico obligado en la mayoría de las plantas (Aguirre *et al.*, 2009).

El empleo de biofertilizantes en los cultivos agrícolas es una alternativa para reducir la aplicación de fertilizantes químicos y otros agroquímicos que dañan el ambiente, además que resultan más baratos e inoocuos porque no causan daño al hombre ni a los animales (Pecina *et al.*, 2011).

Sin embargo no hay evaluaciones económicas en el estado de Durango que nos indiquen si su uso en el cultivo del frijol en condiciones de temporal es o no conveniente para el agricultor desde el punto de vista económico. De esta manera, el objetivo general de este trabajo fue analizar la viabilidad económica del uso de la micorriza en el cultivo del frijol de temporal en el estado de Durango.

METODOLOGÍA

La metodología comprendió dos etapas. La primera, de transferencia de tecnología, correspondió al trabajo de campo realizada por investigadores del INIFAP-Campo Experimental Valle del Guadiana durante los años 2008 y 2009 en los municipios de Cuencamé, Guadalupe Victoria, Pánuco de Coronado y Peñón Blanco, del Estado de Durango, donde se hicieron siembras de frijol con y sin micorriza y con fertilizante químico manejadas de acuerdo al paquete tecnológico usado por los productores locales. El biofertilizante se distribuyó a 100 productores de 20 hectáreas cada uno sumando un total de 2,000 hectáreas por año, distribuidas en 10 localidades en el primer año y 15 localidades en el segundo (Pajarito, 2010).

En la segunda etapa se realizó el análisis económico utilizando la metodología propuesta por CIMMYT (1988). Esta metodología es conocida como “presupuesto parcial” la cual se usa para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos; es decir, se calcula el total de los costos que varían y los beneficios netos de cada tratamiento de un experimento en parcelas (CIMMYT, 1988). Adicionalmente, se realizó un análisis de rentabilidad y de sensibilidad para complementar el análisis económico.

RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la evaluación económica donde se incluyen los rendimientos, los costos adicionales derivados de la aplicación de la micorriza, el presupuesto parcial y el análisis marginal para finalmente concluir sobre la conveniencia del uso de la micorriza. El análisis incluye los casos del frijol en los ciclos primavera-verano 2008 y 2009. Cabe mencionar que en el caso del ciclo 2009 se incluye en el análisis el tratamiento de fertilización química comparándolo con los tratamientos con y sin el uso de micorriza. También se incluye un cálculo del aumento en el rendimiento que sería necesario para pagar los costos adicionales que genera el uso de la micorriza y finalmente se hace un análisis de sensibilidad y rentabilidad de los diversos tratamientos.

Presupuesto parcial del cultivo de frijol en el año 2008

En la Figura 1 se presentan los rendimientos de frijol con los tratamientos con y sin micorriza en el que el tratamiento con micorriza superó en 54 kg al tratamiento sin micorriza (566.5 kg ha⁻¹ vs 512.5 kg ha⁻¹). Sin embargo, se desconoce si económicamente es conveniente para el agricultor el uso de la micorriza, tomando en cuenta que su uso le implica un desembolso adicional de recursos. Para ello se necesita saber cuánto está gastando el productor con el uso de la micorriza y cuanto valor le está agregando a su cosecha.

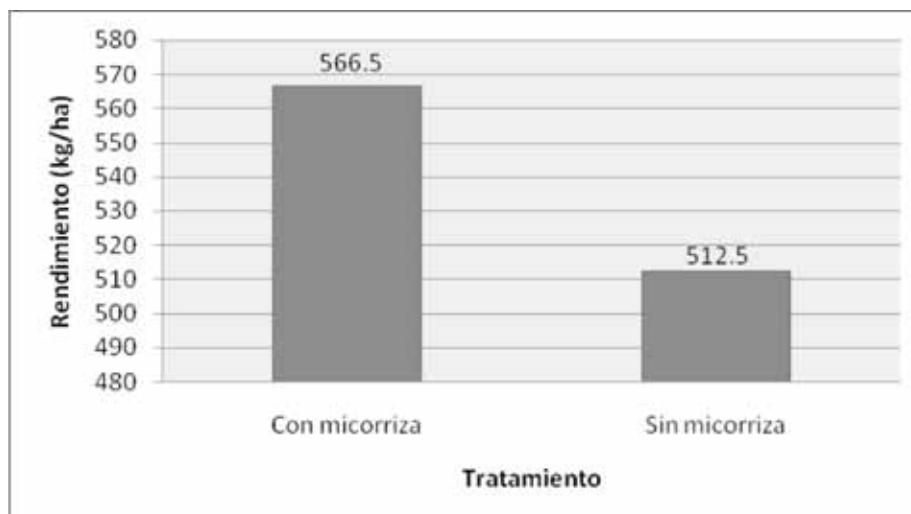


Figura 1. Rendimientos de frijol con y sin micorriza en condiciones de temporal en el estado de Durango. Ciclo P-V 2008.

En el Cuadro 1 se indican los costos adicionales en que incurre el productor con el uso de la micorriza. En primer lugar se tiene que el costo de un kilogramo de micorriza equivale a \$ 150 kg⁻¹, (un kilogramo de micorriza es suficiente para inocular la semilla necesaria para sembrar una hectárea de frijol). Este es el precio comercial aunque para la validación de la tecnología se estuvo distribuyendo de manera subsidiada al 50% del precio mencionado. Además del costo del producto se incluyó el costo del flete y el costo de la mano de obra utilizada para inocular la semilla con la micorriza. El costo del uso de la micorriza fue de \$ 167 ha⁻¹.

Cuadro 1. Costos adicionales con la aplicación de micorriza en el cultivo del frijol de temporal en el estado de Durango (\$ ha⁻¹) Ciclo P-V 2008.

| Concepto | Costos (\$ ha ⁻¹) |
|---|-------------------------------|
| Costo de la micorriza | 150 |
| Flete de la micorriza | 2 |
| Costo para inocular la semilla (mano de obra) | 15 |
| Total de costos del uso de micorriza | 167 |

Ahora se requiere comparar los costos adicionales del uso de la micorriza con los beneficios que genera para lo cual se elaboró el Presupuesto Parcial (Cuadro 2). En el segundo renglón se presentan los rendimientos medios con y sin micorriza. Estos rendimientos son un promedio de las diferentes localidades donde se establecieron las parcelas. Cuando las evaluaciones se realizan dentro de los Campos Experimentales se acostumbra a “ajustar” los rendimientos a la baja porque en los terrenos de los productores el manejo del cultivo no es tan controlado (CIMMYT, 1988). En el caso de esta evaluación los rendimientos y los rendimientos ajustados son iguales porque los tratamientos se evaluaron en las parcelas de los agricultores.

En el cuarto renglón se presenta el *beneficio bruto de campo* el cual resulta de multiplicar el rendimiento medio de cada tratamiento por el precio de campo del frijol que en este caso fue de \$9.29 kg⁻¹. A los beneficios brutos de campo se les restan los costos que varían (en este caso por el uso de la micorriza) para obtener los *beneficios netos* los 2 tratamientos. Los beneficios netos obtenidos *con* la aplicación de la micorriza fueron de \$,096 ha⁻¹ *contra* \$4,761 ha⁻¹ *sin* el uso de micorriza; es decir una diferencia de \$335 ha⁻¹ a favor de la micorriza

Cuadro 2. Presupuesto parcial con y sin el uso de micorriza en el cultivo del frijol de temporal en el estado de Durango (\$ ha⁻¹). Ciclo P-V 2008.

| Concepto | Sin micorriza | Con micorriza |
|--|---------------|---------------|
| Rendimiento medio (\$ ha ⁻¹) | 512.5 | 566.5 |
| Rendimiento ajustado (\$ ha ⁻¹) | 512.5 | 566.5 |
| Beneficios brutos de campo (\$ ha ⁻¹) | 4761.0 | 5262.6 |
| <i>Costos que varían</i> | | |
| Costo de la micorriza (\$ ha ⁻¹) | 0 | 150 |
| Flete de la micorriza (\$ ha ⁻¹) | 0 | 2 |
| Costo de la mano de obra para aplicar micorriza (\$ ha ⁻¹) | 0 | 15 |
| Total de costos que varían (\$ ha ⁻¹) | 0 | 167 |
| Beneficios netos (\$ ha ⁻¹) | 4,761 | 5,096 |
| Diferencia a favor de la micorriza (\$ ha ⁻¹) | | 335 |

Hasta aquí se podría concluir que al agricultor le conviene la aplicación de la micorriza; sin embargo, para saber específicamente el beneficio del uso de la micorriza se requiere hacer el *Análisis Marginal* en el cual se comparan los costos que varían y los beneficios netos obtenidos. En el Cuadro 3 se presenta este análisis y el cálculo de la *tasa de retorno marginal* que es un cociente de la diferencia de los beneficios netos (\$5,095-\$4,761) y la diferencia de los costos que varían (\$167-0) multiplicado por cien.

Esta tasa nos da un valor de 200 % (Cuadro 3) lo cual quiere decir que por cada peso adicional invertido por el agricultor en la compra de la micorriza el productor recupera el peso y obtiene \$2 adicionales de ganancia. Aún así, se considera que el agricultor no hace cambios si no obtiene al menos un 100 % de la inversión adicional (esta es la *tasa de retorno mínima aceptable: TREMA*). En este caso la tasa fue de 200 % por lo que concluimos que la fertilización con micorriza es una práctica recomendable para el productor de frijol de temporal del estado de Durango.

Cuadro 3. Análisis Marginal de los tratamientos con y sin micorriza en el cultivo del frijol de temporal en el estado de Durango. Ciclo P-V 2008.

| Tratamiento | Total de costos que varían | Beneficios netos | Tasa de retorno marginal (%) |
|------------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| 1. Sin micorriza | 0 | 4,761 | 200 |
| 2. Con Micorriza | 167 | 5,095 | |

Presupuesto parcial del cultivo de frijol en el año 2009

Para el año 2009 además de los tratamientos con y sin micorriza también se incluyó el tratamiento con fertilización química. Los productores que cultivaron su frijol bajo este tratamiento utilizaron la fórmula de fertilización 25-35-00 la cual se aplicó al momento de la siembra.

En la validación del 2009 los rendimientos de los diferentes tratamientos tuvieron una variación importante con respecto al 2008 ya que el tratamiento sin micorriza dio rendimientos de 616 kg ha⁻¹, el tratamiento con micorriza logró rendimientos de 915 kg ha⁻¹ y el tratamiento con fertilizante químico alcanzó 1,190 kg ha⁻¹. Estas diferencias se debieron al efecto de año por los cambios en la precipitación pluvial. Los productores que utilizaron la micorriza obtuvieron 299 kg adicionales al que no aplicó y a su vez 275 kg menos que los rendimientos de aquellos agricultores que aplicaron fertilización química (Figura 2).

Si la recomendación al productor se basara solamente en los rendimientos físicos se deduciría que el mejor tratamiento a utilizar en el cultivo de frijol de temporal en el estado de Durango sería el fertilizante químico, sin embargo se deberá realizar el análisis de presupuesto parcial y el análisis marginal, para ver si los resultados coinciden con esta primera inferencia.

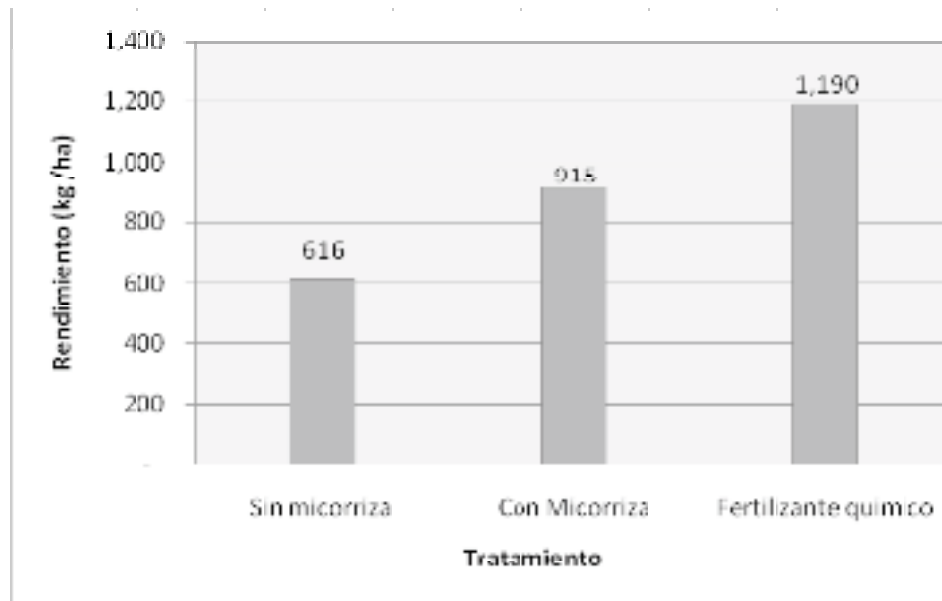


Figura 2. Rendimientos de frijol con fertilizante químico, con y sin micorriza en condiciones de temporal en el estado de Durango. Ciclo P-V 2009.

En el Cuadro 4 se observan los costos adicionales en que incurre el productor al usar micorriza o fertilizante químico. Para el caso de la micorriza se utilizaron los mismos precios del 2008, el cálculo de los costos de fertilizantes se realizó en base a la fórmula de fertilización para la región, al tipo de fertilizantes usados y a los costos que menciona Pajarito (2010). El flete y la aplicación del producto se determinaron en base a los precios de la zona. El costo del uso del fertilizante químico dio un total de \$1,746.4 ha⁻¹.

Cuadro 4. Costos adicionales ha⁻¹ con la aplicación de micorriza y fertilizante químico en el cultivo del frijol de temporal en el estado de Durango. Ciclo P-V 2009.

| Concepto | Costos (\$ ha ⁻¹) |
|--|-------------------------------|
| Costo de la micorriza | 150 |
| Flete de la micorriza | 2 |
| Costo para inocular la micorriza | 15 |
| Costo del fertilizante | 1,441 |
| Costo del flete del fertilizante | 105 |
| Costo de la aplicación de fertilizante | 200 |

Para conocer los beneficios netos de cada tratamiento se obtuvo el Presupuesto Parcial de los mismos (Cuadro 5) en el cual se observa que el tratamiento de aplicación de fertilizante químico es superior respecto a los otros tratamientos, ya que la aplicación de la micorriza da un beneficio neto de \$8,950 ha⁻¹ mientras que el tratamiento donde no se aplicó la micorriza fue solamente de \$,140 ha⁻¹.

Nuevamente el tratamiento del fertilizante químico obtuvo el mayor beneficio neto, pero con esta referencia aún no se debe hacer la propuesta de utilizar productos químicos; para conocer la correcta recomendación es necesario realizar un análisis marginal.

Cuadro 5. Presupuesto parcial para los tratamientos con fertilización química, con y sin micorriza en el cultivo del frijol de temporal en el estado de Durango. (\$ ha⁻¹). Ciclo P-V 2009.

| Concepto/tratamiento | Sin fertilización | Con micorriza | Con Fertilización química |
|--|-------------------|---------------|---------------------------|
| Rendimiento medio (kg ha ⁻¹) | 616 | 915 | 1190 |
| Rendimiento ajustado (kg ha ⁻¹) | 616 | 915 | 1190 |
| Beneficios brutos de campo (kg ha ⁻¹) | 6,140 | 9,117 | 11,852 |
| <i>Costos que varían (\$ ha⁻¹)</i> | | | |
| Costo de la micorriza | 0 | 150 | 0 |
| Flete de la micorriza | 0 | 2 | 0 |
| Costo para inocular la semilla | 0 | 15 | 0 |
| Costo del fertilizante | 0 | 0 | 1,441 |
| Costo del flete del fertilizante | 0 | 0 | 105 |
| Costo de la aplicación | 0 | 0 | 200 |
| Total de costos que varían (\$ ha ⁻¹) | 0 | 167 | 1,746 |
| Beneficios netos (\$ ha ⁻¹) | 6,140 | 8,950 | 10,106 |
| Diferencia a favor de la micorriza con respecto al tratamiento sin fertilización (\$ ha ⁻¹) | | 2,810 | |
| Diferencia a favor del fertilizante químico con respecto al tratamiento sin fertilización (\$ ha ⁻¹) | | | 3,966 |

El análisis marginal se presenta en el Cuadro 6 en el cual se observa que la tasa de retorno marginal al utilizar la micorriza con respecto al tratamiento sin fertilización es de 1,683% mientras que con la utilización del fertilizante químico la tasa con respecto al uso de micorriza es de solamente %; la primera tasa está ubicada por encima de la tasa de retorno mínima aceptable (100%) mientras que la segunda es inferior a la misma.

Con estos resultados surgen algunas dudas, ya que, mientras el rendimiento físico y los beneficios netos favorecen al tratamiento con fertilizante químico, los datos del análisis marginal indican que el tratamiento con micorriza es el mejor ya que por cada \$1 que se invierta en micorriza se obtendrán \$16.8 adicionales, o sea que la tasa de retorno marginal de cambiar el tratamiento de la micorriza por la fertilización con productos químicos es solamente de 73.17% (inferior a la tasa de retorno mínima aceptable que es de 100 %).

Cuadro 6. Análisis Marginal de los tratamientos con fertilizante químico, con y sin micorriza en el cultivo del frijol de temporal en el estado de Durango. Ciclo P-V 2009.

| Tratamiento | Total de costos que varían | Beneficios netos | Tasa de retorno marginal (%) |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| 1. Sin fertilización | 0 | 6,140 | 1,682.81 |
| 2. Con Micorriza | 167 | 8,950 | |
| 3. Con fertilizante químico | 1,746 | 10,106 | 73.17 |

Para verificar los resultados del análisis marginal y salir de la duda fue necesario realizar un análisis de residuos que se indica en (CIMMYT, 1988), para lo cual se utilizó una tasa de retorno mínima aceptable de 100% y el resultado indica que el tratamiento con micorriza es el más apropiado (8,783.26 Vs 8,359.60 unidades) respecto al tratamiento con fertilización química (Cuadro 7).

Por lo tanto el tratamiento que se recomienda para los productores de frijol del estado de Durango es el uso de la micorriza. La anterior afirmación se realizó con el uso de la metodología del CIMMYT (1988) que indica: “El agricultor cambiara un tratamiento por otro si la tasa de retorno marginal de dicho cambio es mayor que la tasa de retorno mínima” (pág. 38). “productor le interesará el tratamiento con el mayor residuo” (pág. 47). “recomendación no es necesariamente el tratamiento con la mayor tasa de retorno marginal, ni el tratamiento con el mayor beneficio neto, mucho menos el tratamiento con el mayor rendimiento” (pág. 42).

Cuadro 7. Análisis de retornos mínimos de los tratamientos con fertilizante químico, con y sin micorriza en el cultivo del frijol de temporal en el estado de Durango. Ciclo P-V 2009.

| Tratamiento | Total de costos que varían | Beneficios netos | Retorno requerido | Residuo |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|-------------------|-----------|
| 1. Sin fertilización | 0 | 6,140 | 0 | 6,139.97 |
| 2. Con Micorriza | 167 | 8,950 | 167 | 8,783.26* |
| 3. Con fertilizante químico | 1,746 | 10,106 | 1,746 | 8,359.60 |

*Residuo máximo

Como se puede observar, los resultados en el rendimiento de frijol con y sin aplicación de la micorriza varían según el año en que fueron evaluados; variabilidad en los rendimientos debe principalmente a la cantidad y distribución de la lluvia. Pajarito (2010) indica que “La precipitación registrada durante el ciclo de cultivo en el año 2008 fue de 478 mm en promedio en todas las localidades y que en el año 2009 la lluvia fue menor pero mejor distribuida que en el año 2008” (pág. 72).

Cálculo del aumento en el rendimiento que sería necesario para pagar los costos adicionales de la nueva práctica

Una inquietud que tendrá el agricultor sobre el uso de la micorriza es que no sabe si al aplicar el biofertilizante se cubrirán los costos que ello genera. En el Cuadro 8 se indica el aumento necesario en el rendimiento de grano para cubrir los costos de la micorriza.

En la segunda línea del Cuadro 8 se puede observar que en el año 2008 se requerían producir 36 kg de frijol adicionales para pagar los costos del uso de la micorriza, pero se obtuvieron un total de 54 kg; por tanto el rendimiento adicional excedente obtenido una vez que se ha pagado el uso de la tecnología fue de 18 kg de frijol (54 kg – 36 kg).

En la tercera línea se indica que en el año 2009 en el cultivo de frijol, se deberían haber producido 33.5 kg de frijol adicionales para pagar el biofertilizante, sin embargo se obtuvieron 298.9 kg de rendimiento. Una vez que se pagó el uso de la tecnología quedaron de excedente 265.4 kg de frijol.

En la cuarta línea del Cuadro 8 se muestra también la cantidad extra que debió haber producido un agricultor para pagar los costos que generó el uso del fertilizante químico la cual fue de 350.6 kg de frijol. Sin embargo se obtuvieron 573.5 kg de manera que el adicional obtenido una vez que se ha pagado el uso de la tecnología fue de 222.9 kg.

Cuadro 8. Rendimientos adicionales, requeridos y obtenidos necesarios para pagar los costos adicionales que genere el uso de micorriza y fertilizante químico.

| Evaluación | Rendimiento adicional requerido | Rendimiento adicional obtenido | Rendimiento excedente obtenido una vez que se ha pagado el uso de la tecnología |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|
| Frijol-2008 | 36 kg de frijol | 54 kg de frijol | 18 kg de frijol |
| Frijol-2009 (micorriza) | 33.5 kg de frijol | 298.9 kg de frijol | 265.4 kg de frijol |
| Frijol-2009 (fertilizante químico) | 350.6 kg de frijol | 573.5* kg de frijol | 222.9 kg de frijol |

* Diferencia en el rendimiento de la evaluación sin micorriza Vs fertilizante químico.

Análisis de sensibilidad de las diversas evaluaciones

Para conocer si la recomendación soportará los cambios en los precios y diversos rendimientos (afectados en gran medida por los vaivenes del mercado y por la cantidad y distribución de la lluvia durante el ciclo de cultivo), se efectuó nuevamente el cálculo del “Presupuesto Parcial” con precios y rendimientos alternativos. Los resultados se muestran en el Cuadro 9.

El Cuadro 9 presenta diversas alternativas en las que puede variar: el precio de la micorriza, el precio del grano ó el rendimiento. Para obtener los datos que se presentan en este cuadro se modificó una variable a la vez en cada presupuesto parcial de las tres evaluaciones; por ejemplo: el precio de la micorriza se aumentó hasta que la tasa de retorno marginal fuera de 100% o sea que por cada peso que el agricultor invirtió recuperara su \$1 más \$1 adicional. Previendo los cambios en el mercado de los granos básicos el precio del producto agrícola se redujo hasta que la tasa de retorno marginal igualara la tasa de retorno mínima aceptable (100%). El rendimiento por hectárea se disminuyó (ya que es difícil asegurar un buen temporal) hasta que la tasa de retorno marginal fuera 100% (igual a la tasa de retorno mínima aceptable) o sea que por cada peso que el agricultor invirtió recuperara su \$1 más \$1 adicional.

Cuadro 9. Rangos de variación en el rendimiento, precio de la micorriza y precio del grano, que aseguran como mínimo una tasa de retorno marginal del 100% en las diversas evaluaciones.

| Evaluación/ Variable | Rango del precio de la micorriza | Rango del precio del grano | Rendimiento |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Frijol-2008 | (\$150 - \$230) | (\$9.29 - \$6.20) | (566.5kg - 549kg) |
| Frijol-2009 | (\$150 - \$1,470) | (\$9.96 - \$1.2) | (915.4kg - 650kg) |

Los rangos que se presentan en cada celda del Cuadro 9 están formados por dos cifras la cifra del lado izquierdo representa los precios y rendimientos al momento de la evaluación; la cifra del lado derecho presenta el precio o rendimiento mínimo aceptable en la recomendación del uso de micorriza. Cabe mencionar que las tasas de retorno indicadas en el análisis marginal de cada evaluación son válidas únicamente cuando se tenga las mismas características que se tuvieron en el momento de las diversas evaluaciones. Por lo tanto estos rangos solamente indican que tanto puede subir o bajar el precio o los rendimientos sin tener pérdidas.

Siguiendo con el Cuadro 9 en la segunda línea se indica que: en condiciones del 2008 el precio de la micorriza puede aumentar de \$150 a \$230, el precio del frijol puede bajar de \$9.26 a \$6.20 ó el rendimiento puede bajar de 566.5 kg a 549 kg, en cualquiera de estos panoramas se obtendrá como mínimo una tasa de retorno marginal del 100%. Recordando que: para obtener los datos de este análisis solamente se cambió una variable a la vez no las 3 juntas, por lo tanto el resultado del Cuadro 9 será válido únicamente cuando cambie solo una variable.

Análisis de rentabilidad de las diversas evaluaciones

En el Cuadro 10 se presenta el costo total, ingreso total, utilidad total y la tasa de rentabilidad de los diversos tratamientos. En las columnas 2 y 3 se puede observar la rentabilidad de la evaluación del frijol con y sin el uso de micorriza correspondiente al año 2008: la tasa de rentabilidad del cultivo del frijol sin aplicar micorriza es de 8.20%, mientras que con el uso de micorriza la tasa aumenta llegando a ser 15.23%. Por otro lado en las columnas 4, 5 y 6 se muestra la rentabilidad de la evaluación de frijol del año 2009 encontrando que las tasas de rentabilidad resultantes fueron: sin micorriza 39.54%, con micorriza 99.63% y con fertilizante químico 92.83%.

Cuadro 10. Análisis de rentabilidad de los diversos tratamientos

| Evaluación | Frijol-2008 | | Frijol-2009 | | |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| | Sin micorriza | Con micorriza | Sin micorriza | Con micorriza | Fertilizante químico |
| Costo total (\$) | 4,400.00 | 4,567.00 | 4,400.00 | 4,567.00 | 6,146.40 |
| Ingreso total (\$) | 4,760.97 | 5,262.62 | 6,139.97 | 9,117.26 | 11,852.40 |
| Utilidad total (\$) | 360.97 | 695.62 | 1,739.97 | 4,550.26 | 5,706.00 |
| Tasa de rentabilidad (%) | 8.20 | 15.23 | 39.54 | 99.63 | 92.83 |

CONCLUSIONES

Los resultados de la evaluación económica indican que la fertilización con micorriza es una práctica recomendable para los productores de frijol de temporal del estado de Durango. Se estimaron las tasas económicas de retorno marginal para los diferentes tratamientos en el cultivo del frijol de temporal encontrándose que son mayores con el uso de micorriza versus los tratamientos del uso de fertilización química y sin fertilización (ni micorriza ni fertilización química). Por lo tanto se prueba la hipótesis de investigación que plantea que la tasa de retorno marginal para el productor es mayor cuando se utilizan micorrizas en el cultivo de frijol, lo que incentiva a los productores a usarlas dado que los beneficios son mayores que los costos realizados.

En relación a la rentabilidad se encontró que las micorrizas contribuyen a mejorar las ganancias de los productores de frijol duplicando las tasas de rentabilidad. Lo anterior permite concluir que con información técnica y económica de campo, la evaluación permite recomendar el uso de micorrizas en el cultivo de frijol de temporal en el estado de Durango.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y LITERARIAS

1. Aguirre, M. J. F., Irizar, G. M. B., Durán, P. A., Grajeda, C. O. A., Peña, M. A., Loredó, O. C. y Gutiérrez, B. A. 2009. Los biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 86 p.
2. Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada.
3. Morales C., N. (s. f.). Esquema de comercialización del frijol zacatecano. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Norte. CONACYT. Secretaria de Fomento Agropecuario de Zacatecas. Fundación Produce. Zacatecas, México.

4. Pajarito, R. A. 2010. Los biofertilizantes en la producción de frijol de temporal en Durango, México. In: Estrategia de investigación para la innovación tecnológica: principales logros en el norte centro de México pág. 69-79. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro.
5. Pecina Q. V., A. Díaz, M.A. del Rio, O. A. Grajeda.2011. *Manejo de la micorriza INIFAP en el cultivo del sorgo*. Desplegable para productores No. 30. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto.
6. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Superficie cultivada y producción de maíz y frijol a nivel nacional. Recuperado el 13 de junio de 2011, de http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

***(Artículo recibido el día 12 de enero de 2013 y aceptado para su publicación el 15 de enero de 2014)**